การควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01

Controlling of Mustard Aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) in Hydroponic System with Entomopathogenic Fungi, *Metarhizium guizhouense* PSUM04 and *Beauveria bassiana* PSUB01

กนกกาญจน์ ตลึงผล

Kanokkarn Taluengphol

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Entomology
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipapahis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01

ผู้เขียน นางสาวกนกกาญจน์ ตลึงผล

สาขาวิชา กีฏวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

…….....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศ ท้าวจันทร์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ดร.จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สิทธิฉายา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศ ท้าวจันทร์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา

……..……
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือ

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศ ท้าวจันทร์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นางสาวกนกกาญจน์ ตลึงผล)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวกนกกาญจ์ ตลึงผล)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01

ผู้เขียน นางสาวกนกกาญจน์ ตลึงผล
สาขาวิชา กีฏวิทยา
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

เพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของพืชผักตระกูลกะหล่ำ มีการควบคุมหลายวิธีด้วยกัน โดยวิธีการใช้เชื้อราโรคแมลงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เลือกนำมาใช้เนื่องจากปลอดภัยกับสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ทดสอบการก่อให้เกิดโรคแมลงและความรุนแรงของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 กับเพลี้ยอ่อนผัก ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ 1×10^{9} สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยระยะเวลาที่ 96 ชั่วโมง เชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 สามารถเข้าทำลายเพลี้ยอ่อนผักได้รุนแรงและมีเปอร์เซ็นต์การตาย 100 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากเชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* PSUB01 (89.0 เปอร์เซ็นต์) และชุดควบคุม (4.0 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเมื่อนำเชื้อราโรคแมลงทั้ง 2 ชนิดมาทดสอบที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ 1×10^{6}, 1×10^{7}, 1×10^{8} และ 1×10^{9} สปอร์ต่อมิลลิลิตร ต่อการเกิดโรคของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* พบว่า เพลี้ยอ่อนผักมีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นในทุกความหนาแน่น โดยระดับความหนาแน่นของสปอร์ 1×10^{8} และ 1×10^{9} สปอร์ต่อมิลลิลิตร ส่งผลให้เพลี้ยอ่อนผักมีการรอดชีวิตน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสปอร์แขวนลอยที่ระดับความหนาแน่นที่ 1×10^{6}, 1×10^{7} สปอร์ต่อมิลลิลิตร และชุดควบคุม เพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อราสามารถแพร่กระจายเชื้อราไปสู่เพลี้ยอ่อนผักปกติได้ พบว่า เมื่อพ่นเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ที่อัตราส่วน 5:5 ส่งผลให้เพลี้ยอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การตายสูงสุด 73.0 ± 18.0 และ 50.0 ± 4.7 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ย 8.43 ± 0.5 และ 9.29 ± 0.6 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้เชื้อราทั้งสองชนิดสามารถครอบครองต้นคะน้าในส่วนราก ต้น และใบหลังจากใส่เชื้อราไปแล้ว 7, 14, 21 และ 28 วัน และยังพบว่าเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04

มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นคะน้าได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อรา *B. bassiana* PSUB01 และชุดควบคุม เมื่อทำการทดสอบเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 ในสภาพโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์ร่วมกับการปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* บนต้นคะน้า พบว่าต้นคะน้าที่ใช้เชื้อราด้วยกรรมวิธีพ่นทางใบ การเทในระบบราก และการพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบรากมีความสูงของต้นคะน้ามากกว่าชุดควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนความยาวรากในวันที่ 28 พบว่ามีแนวโน้มความยาวรากของต้นคะน้ามากกว่าชุดควบคุม สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักคะน้าในกรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อราพ่นทางใบร่วมกับเทในระบบราก และการเทในระบบราก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้เชื้อรา (P<0.01) และเมื่อทำการประเมินการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ในวันที่ 28, 35 และ 42 บนต้นคะน้า พบว่าในกรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อราพ่นทางใบร่วมกับเทในระบบราก และการเทในระบบราก มีจำนวนประชากรเพลี้ยอ่อนผักน้อยกว่าชุดควบคุมและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้เชื้อรา (P<0.01) ดังนั้นเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 มีศักยภาพในการควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ในผักคะน้าที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

Thesis Title	Controlling of Mustard Aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) in Hydroponic System with Entomopathogenic Fungi, *Metarhizium guizhouense* PSUM04 and *Beauveria bassiana* PSUB01
Author	Miss Kanokkarn Taluengphol
Major Program	Entomology
Academic Year	2016

Abstract

The Mustard aphid, *Lipaphis erysimi,* has significant economic affects on cruciferous crops. The control of this insect pest has been accomplished via several methods. Use of entomopathogenic fungi is an alternative method of control that is environmentally safe and highly efficient. Pathogenicity and virulence of *Metarhizium guizhouense* PSUM04 and *Beauveria bassiana* PSUB01 were tested on *L. erysimi*. At the spore concentration at 1×10^{9} spore/ml, *M. guizhouense* PSUM04 showed the most virulence on *L. erysimi* with 100 percent mortality, and a highly significant difference on *B. bassiana* PSUB01 and control ($P<0.01$), with 89.0 and 4.0 percent mortality, respectively. The percentage of mortality of *L. erysimi* infected with both entomopathogenic fungi at 1×10^{6}, 1×10^{7}, 1×10^{8} and 1×10^{9} spore/ml increased concurrently with incubation time. The spore concentrations at 1×10^{8} and 1×10^{9} spore/ml had a lower average survival time than the spore concentrations at 1×10^{6}, 1×10^{7} spore/ml and control, respectively. The infected *L. erysimi* with *M. guizhouense* PSUM04 and *B. bassiana* PSUB01 transmitted the fungal spore to the normal *L. erysimi* population. The transmitted ratio of both entomopathogenic fungi at 5 : 5 showed the highest percentage of mortality with 73.0 ± 18.0 and 50.0 ± 4.7 percent, and had an average survival time of 8.43 ± 0.5 and 9.29 ± 0.6 days, respectively. The colonization of

M. guizhouense PSUM04 and *B. bassiana* PSUB01 in Chinese kale were investigated. Both entomopathogenic fungi were colonized and detected in root, stem and leaf at 7, 14, 21 and 28 days after application of the fungi. *M. guizhouense* PSUM04 showed a more positive effect on plant growth than *B. bassiana* PSUB01 and the control. The Chinese kale treated with *M. guizhouense* PSUM04 and *L. erysimi* in a hydroponic crop system test showed a highly significant difference ($P<0.01$) of shoot length than the control, which had fungal applications of spray, pour and spray, and pour. The Chinese kale treated with *M. guizhouense* PSUM04 showed longer root length than the control at 28 days after application of the fungus. Chinese kale treated with a spray and pour application, and a pour application of *M. guizhouense* PSUM04, showed highly significant differences of fresh and dry weights from the control (without fungus) ($P<0.01$). In addition, the Chinese kale treated with *M. guizhouense* PSUM04 with a spray and pour application, and a pour application, had low *L. erysimi* infestation on Chinese kale at 28, 35 and 42 days after fungal application, and significantly different from the control (without fungus) ($P<0.01$). Conclusion, *M. guizhouense* PSUM04 was efficient at controlling *L. erysimi* in a hydroponic crop system.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นริศ ท้าวจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ แก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ ดร. จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส และ ผศ.ดร. วิสุทธิ์ สิทธิฉายา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกสถานที่ในการทำวิจัยทั้งในห้องปฏิบัติการและในแปลงทดลอง

ขอขอบพระคุณสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ และบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้มอบทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ ที่อำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ และเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUM01 รวมถึงบุคลากรในศูนย์ทุกท่าน

ขอขอบคุณ คุณปัทมาพร อินสุวรรณโณ และคุณสิริพร ศรีเจริญ ที่ช่วยเหลืองานด้านธุรการ และคุณมงคล รัตนโสภา ที่ให้ความช่วยเหลือในแปลงทดลอง

ขอบคุณคุณพ่อ แม่ และคนในครอบครัว ผู้ที่เป็นกำลังใจ เป็นแรงผลักดัน ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆที่เรียนปริญญาโท ปริญญาเอกทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจ รับฟังชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาและให้คำปรึกษา

สุดท้ายผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่องที่เป็นประโยชน์แก่การทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กนกกาญจน์ ตลึงผล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพ	(13)
บทที่	
1. บทนำ	1
-บทนำต้นเรื่อง	1
- ตรวจเอกสาร	3
- วัตถุประสงค์	14
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	15
3. ผล และวิจารณ์	33
4. สรุป และข้อเสนอแนะ	64
เอกสารอ้างอิง	66
ประวัติผู้เขียน	76

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01	15
2	ความรุนแรงของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)	34
3	การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ในห้องปฏิบัติการ	36
4	ค่า Lethal time (LT_{50} and LT_{90}) (mean ± SEM) ของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ที่ระดับความหนานแน่นต่างๆ ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ในห้องปฏิบัติการ	37
5	การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 ในห้องปฏิบัติการ	39
6	ค่า Lethal time (LT_{50} and LT_{90}) (mean ± SEM) ของเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 ที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ในห้องปฏิบัติการ	40
7	ค่า Lethal concentration (LC_{50} and LC_{90}) (mean ± SEM) ของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา ที่ระยะเวลา 15 วัน	40
8	การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และไม่ติดเชื้อราในห้องปฏิบัติการ	43
9	การวิเคราะห์ Kaplan-Meier เฉลี่ยการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 และไม่ติดเชื้อราในห้องปฏิบัติการ	45

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	การครอบครองของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ในใบ ลำต้น และรากของต้นคะน้าที่พ่นและเทสปอร์แขวนลอยเชื้อราทั้งสองชนิด ตรวจสอบเชื้อราในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ชุดควบคุมไม่ใช้เชื้อราโรคแมลง	58

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะสัณฐานวิทยาของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi (*Kaltenbach)	3
2	ลักษณะการแพร่ขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)	4
3	ลักษณะตัวเต็มวัยของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)	5
4	กลุ่มของประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) เข้าทำลาย	5
5	ลักษณะ conidia ของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense*	8
6	ขั้นตอนการเข้าทำลายของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (1) การยึดเกาะของสปอร์บนผนังลำตัวแมลง (2) การงอกของสปอร์ (3) ความแตกต่างของ germ tube ในการใช้ apressoria เจาะเข้าไปในเซลล์ (4) การเจาะผนังลำตัว (5) ความแตกต่างลักษณะของสปอร์ (6) การเจริญของเส้นใยบนแมลง (7) เส้นใยที่แทงผ่านผนังลำตัวของแมลงที่ตายแล้ว (8) ก้านชูสอปร์และสปอร์บนซากของแมลง	9
7	ลักษณะ conidia ของเชื้อรา *Beauveria bassiana*	10
8	การเข้าทำลายมอดเจาะเมล็ดกาแฟของเชื้อรา *Beauveria bassiana* (1) แมลงตาย (2) mycelium เริ่มเจริญบนลำตัวแมลง (3) mycelium ปกคลุมลำตัวแมลง (4) สร้างสปอร์ (5) สปอร์มีการแพร่กระจาย	11
9	เชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 (ก) และ *Beauveria bassiana* PSUB01 (ข)	16
10	การเตรียมเชื้อราและสปอร์แขวนลอยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ในข้าว	17
11	ฟองน้ำสำหรับปลูกเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์	19
12	ต้นกล้าผักคะน้าอายุ 5-7 วันพร้อมย้ายปลูกลงรงเรือนไฮโดรโปนิกส์	19
13	แม่ปุ๋ย A และ B สำหรับปลูกผักไทย	20
14	ปุ๋ยน้ำสูตร A และ สูตร B สำหรับปลูกผักในระบบไฮโดรโปนิกส์	20
15	สปอร์แขวนลอยเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 (ก) และ *Beauveria bassiana* PSUB01 (ข)	22

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	แผนผังทดสอบความเข้มข้นของสปอร์แขวนลอยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)	23
17	แผนผังทดสอบการแพร่กระจายของเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อรา *Metarhizium.guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria. bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ปกติ	25
18	แผนผังทดสอบผลของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อการส่งเสริมการเจริญของต้นพืช	27
19	ขั้นตอนการแยกเชื้อด้วยวิธีการ tissue transplanting โดยวิธีการกำจัดเชื้อที่ผิวชิ้นส่วนของพืช	30
20	โรงเรือนทดสอบการใช้เชื้อราโรคแมลงควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ในสภาพโรงเรือนปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์	32
21	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยสะสม (mean ± SEM) ของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ในสภาพห้องปฏิบัติการ	35
22	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยสะสม (mean ± SEM) ของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา*Beauveria bassiana* PSUB01 ในห้องปฏิบัติการ	38
23	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยสะสม (mean ± SEM) ของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่มีอัตราการแพร่กระจายเชื้อราของเพลี้ยอ่อนที่ติดเชื้อราต่อเพลี้ยอ่อนปกติที่แตกต่างกันของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ในห้องปฏิบัติการ	42
24	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยสะสม (mean ± SEM) ของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่มีอัตราการแพร่กระจายเชื้อราของเพลี้ยอ่อนที่ติดเชื้อราต่อเพลี้ยอ่อนปกติที่แตกต่างกันของเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 ในห้องปฏิบัติการ	44

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ลักษณะของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ถูกเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 (ก) และ *Beauveria bassiana* PSUB01 เข้าทำลาย (ข)	45
26	ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	47
27	ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Beauveria bassiana* PSUB01 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	48
28	น้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยวิธีการที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ทุกทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	49
29	ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	51
30	น้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยวิธีการที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	52

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
31	ลักษณะของต้นคะน้าอายุ 42 วัน หลังจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) และทดสอบด้วยเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* PSUM04 ที่ระดับความหนาแน่นสปอร์ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ด้วยกรรมวิธี การพ่น การเท และพ่นร่วมกับเท ทุก 7 วัน โดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม	53
32	ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Beauveria bassiana* PSUB01 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	54
33	น้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Beauveria bassiana* PSUB01 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	55
34	ลักษณะของต้นคะน้าอายุ 42 วัน หลังจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) และทดสอบด้วยเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUM01 ระดับความหนาแน่นสปอร์ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ด้วยกรรมวิธี การพ่น การเท และพ่นร่วมกับเท ทุก 7 วัน โดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม	56
35	โคโลนีที่พบบนใบ ลำต้น และรากของต้นคะน้าเมื่อทำการทดสอบด้วยกรรมวิธีการพ่น การเท และพ่นร่วมกับเท ด้วยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 (ก) และ *Beauveria bassiana* PSUB01 (ข) โดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม	59
36	ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	61

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
37	น้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) (mean ± SEM) of ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test	62
38	ระดับการแพร่ระบาดของประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) เมื่อทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test ของวันที่ 28, 35 และ 42	63
39	ลักษณะต้นคะน้าที่เพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) เข้าทำลาย	64
40	ลักษณะของต้นคะน้าอายุ 42 วัน หลังจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* และทดสอบด้วยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ด้วยกรรมวิธี การพ่น การเท และพ่นร่วมกับเท ระดับความหนาแน่นสปอร์ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ทุก 7 วัน โดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม ในระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์	64

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปัจจุบันการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้รับความนิยมมากขึ้นทำให้มีการปลูกกันแพร่หลายทั้งในเชิงการค้าขนาดใหญ่ ผู้ประกอบการรายย่อย หรือแม้แต่การปลูกไว้รับประทานในครัวเรือน มีพืชหลายชนิดที่สามารถปลูกได้ในระบบไฮโดรโปนิกส์ เช่น กลุ่มผักสลัดซึ่งมีหลายชนิด ได้แก่ กรีนโอ๊ค (green oak) เรดโอ๊ค (red oak) กรีนคอส (green cos) บัตเตอร์เฮด (butter head) เรดคอรอล (red coral) บัตตาเวีย (battavia) และผักตระกูลกะหล่ำชนิดต่างๆ ได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาวไดโตเกียว ผักกาดฮ่องเต้หรือกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า รวมทั้งผักบุ้งและผักโขม (นิรนาม, มปป) ถึงแม้ว่าการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์สามารถหลีกเลี่ยงการระบาดของแมลงศัตรูพืชบางชนิดได้ แต่ยังมีการรายงานการระบาดของเพลี้ยอ่อนซึ่งสร้างความเสียหายให้กับพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิดในหลายประเทศทั่วโลก (Shahzad *et al*., 2013) ชนิดของเพลี้ยอ่อนที่เป็นศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach), *Pemphigus populitransversus* Riley, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) และ *Aphis gossypii* Glover (Liu and Sparks, 2012.) เพลี้ยอ่อนดูดน้ำเลี้ยงจากพืชและผลิตน้ำหวาน (honey dew) นอกจากนี้เพลี้ยอ่อนยังเป็นตัวพาหะที่ทำให้พืชเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสได้อีกด้วย (Irshad, 2001; Emden and Harrington, 2008) ชนิดของเพลี้ยอ่อนที่มีการรายงานเป็นแมลงศัตรูสำคัญของพืชวงศ์กะหล่ำ คือ *L. erysimi* (Farooq, 2007) สามารถเข้าทำลายและมีการระบาดบ่อยครั้งในพืชตระกูลกะหล่ำที่ปลูกในระบบดังกล่าว จึงกล่าวได้ว่าเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งที่สร้างความเสียหายแก่ผู้ผลิตพืชผักตระกูลกะหล่ำในระบบไฮโดรไปนิกส์ในปัจจุบัน

การควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* มีหลายแนวทาง แต่การใช้สารฆ่าแมลงในการควบคุมเป็นที่นิยมของเกษตรกรเนื่องจากให้ผลอย่างรวดเร็ว หาซื้อได้ง่าย สารฆ่าแมลงที่กรมวิชาการเกษตร (2553) แนะนำให้ใช้ควบคุมเพลี้ยอ่อนชนิดนี้คือ สารโปรฟีโนฟอส (profenofos) และสารโปรไธโอฟอส (prothiofos) แต่อย่างไรก็ตาม สารทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว อาจส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตและผู้บริโภคหากใช้ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารฆ่าแมลงทั้ง 2 ชนิดนี้ ห้ามใช้สำหรับพืชผักส่งออกไปยังสหภาพยุโรป (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ดังนั้นการหาแนวทางการควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* โดยไม่ใช้สารเคมี

จึงมีความจำเป็นสำหรับการผลิตพืชผักตระกูลกะหล่ำในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งการควบคุมโดยชีววิธีถือเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ควรนำมาใช้ในการควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* เช่น การใช้แมลงศัตรูธรรมชาติและการใช้เชื้อราสาเหตุโรคของแมลง เป็นต้น

โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เชื้อราสาเหตุโรคของแมลง เช่น *Metarhizium anisopliae* และ *Beauveria bassiana* เป็นวิธีการหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิด ซึ่งเชื้อราดังกล่าวจะเข้าไปเบียดเบียนและทำลายเนื้อเยื่อต่างๆ ของแมลงศัตรู เชื้อราโรคแมลงบางสกุลสามารถสร้างสารพิษและเอนไซม์บางชนิดได้ (ทิพย์วดี, มปป; ทิพย์วดี, 2533) Butt (2002) พบว่าเชื้อราโรคแมลงมากกว่า 700 ชนิดสามารถสร้างเอนไซม์แทรกซึมเข้าไปในส่วนของผนังลำตัวแมลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Veg และ คณะ (2002) และ Gotz และคณะ (1997) พบว่าเชื้อราโรคแมลงมีการผลิตสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) มายับยั้งระบบภูมิคุ้มกันของแมลงอีกด้วย การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีมีบทบาทสำคัญในการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน เนื่องจากเป็นการลดการใช้สารเคมีและรักษาสิ่งแวดล้อม โดยมีเชื้อรามากกว่า 750 สายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคในแมลงได้ อีกทั้งโอกาสที่แมลงสร้างความต้านทานต่อเชื้อจุลินทรีย์มีน้อยมากหรือเกิดขึ้นช้ามากเมื่อเทียบกับการสารฆ่าแมลง (Ondrácková, 2015) โดยเฉพาะเพลี้ยอ่อนผักที่เป็นปัญหาสำคัญของการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงศึกษาการใช้เชื้อรา *M. guizhouense* และ *B. bassiana* เพื่อควบคุมเพลี้ยอ่อนผักในระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ เพื่อพัฒนาแนวทางในการป้องกันกำจัดที่ยั่งยืนและถาวร ที่สำคัญคือลดการใช้สารเคมีที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม และเพื่อเป็นข้อมูลการใช้ควบคุมแมลงชนิดนี้สำหรับการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ต่อไป

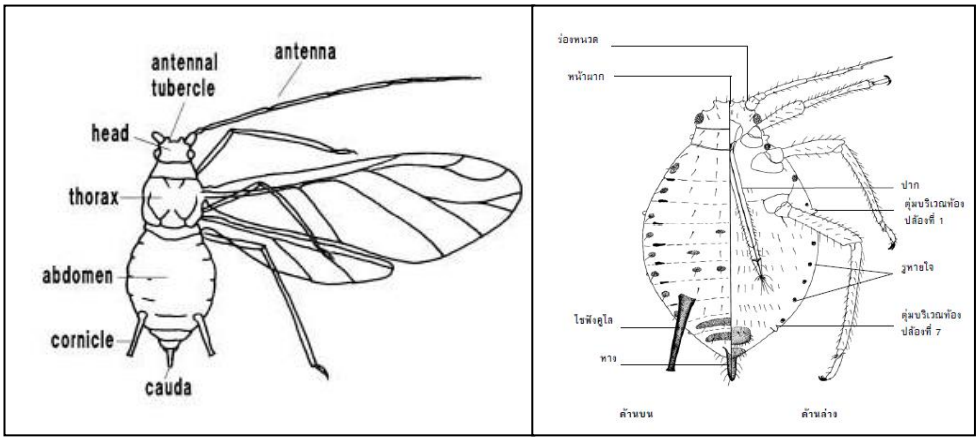
ตรวจเอกสาร

1. เพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)

เพลี้ยอ่อน (aphid) เป็นแมลงปากดูดขนาดเล็ก ในอันดับ Hemiptera วงศ์ Aphididae แมลงวงศ์นี้มีลักษณะพิเศษคือสามารถขยายพันธุ์ได้ทั้งแบบใช้เพศ และแบบไม่ใช้เพศ ในเขตร้อนที่มีช่วงแสงยาวเพลี้ยอ่อนขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ ตัวเต็มวัยสามารถออกลูกได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ ไข่เจริญอยู่ในท้องของตัวเต็มวัยและออกลูกเป็นเพศเมียทั้งหมด (thelytokous) แต่ในเขตหนาวที่มีช่วงแสงสั้น เพลี้ยอ่อนขยายพันธุ์ได้ทั้งแบบใช้เพศและไม่ใช้เพศ ลูกที่ได้มีทั้งเพศผู้และเพศเมีย (Capinera, 2004)

1.1 ลักษณะสัณฐานวิทยา

เพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* เป็นเพลี้ยอ่อนขนาดกลาง ความยาวจากส่วนหัวถึงปลายท้องไม่รวมส่วนของ cauda ยาว 1.5-3.5 มิลลิเมตร รูปร่างเป็นรูปไข่ คล้ายผลลูกแพร์หรือผลฝรั่ง ส่วนหัว อก และท้องไม่สามารถแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ส่วนท้องกว้างกว่าส่วนหัว มากสีเขียวอมเหลือง สีเขียวเทาหรือสีเขียวมะกอก มีไขสีขาวปกคลุมลำตัว ส่วนของ siphunculi สั้น หัวมีขนาดเล็ก vertex โค้ง antennal tubercle ไม่เจริญ หนวดสีดำยกเว้นบริเวณส่วนโคนลำตัว รูปไข่เรียวยาวไปทางด้านหัว บริเวณท้องปล้องที่ 1-4 มีแถบสีดำเรียงกันปล้องละ 2 แถบ ปล้องที่ 5-7 มีแถบยาวพาดตามขวางของลำตัว siphunculi ยาวกว่า cauda (ภาพที่ 1) (Blackman and Eastop, 2006)



ภาพที่ 1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)

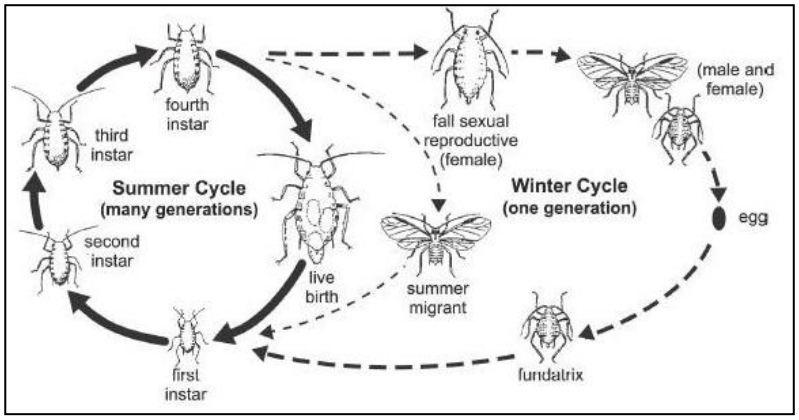
ที่มา: Blackman and Eastop (2006)

1.2 วงจรชีวิตและชีววิทยาของเพลี้ยอ่อนผัก

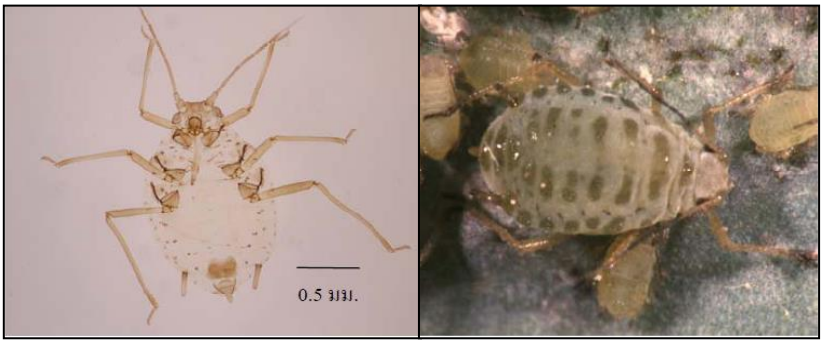
Rutikanga และคณะ (2012) รายงานว่าเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* สามารถขยายพันธุ์ได้แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ (ภาพที่ 2) มีวงจรชีวิต 3 ระยะ ได้แก่ ระยะไข่, ระยะตัวอ่อน และระยะตัวเต็มวัย ในประเทศไทยพบว่าเพลี้ยอ่อนผักสามารถแพร่ขยายพันธุ์โดยไม่ต้องอาศัยเพศ (parthenogenesis) จะออกลูกเป็นตัวโดยที่ตัวเมียไม่ต้องได้รับการผสมพันธุ์จากเพศผู้ (ณรรฐพล และเพ็ญสุข, 2518)

ระยะตัวอ่อน (nymp): มีการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต สีของลำตัวจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ ตัวเต็มวัย 1 ตัวสามารถออกลูกได้ถึง 6-11 ตัว/วัน ในระยะเป็นตัวอ่อนนั้นจะมีการลอกคราบ 4 ครั้ง ตัวอ่อนมีอายุประมาณ 5-6 วัน หลังจากนั้นจะพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย (พัชรินทร์ ครุฑเมือง, 2555) โดยวัยที่ 1 ใช้ระยะเวลาเจริญเติบโตสั้นมาก ส่วนวัยที่ 2, 3 และ 4 ใช้เวลาเจริญเติบโตระหว่าง 17-23, 20-24 และ 29-31 ชั่วโมง ตามลำดับ (Amjad *et al*., 1999)

ระยะตัวเต็มวัย (adult): ลำตัวขนาดเล็ก ประมาณ 1-4 มิลลิเมตร ลำตัวนุ่ม หนวดยาวคล้ายเขาสัตว์ (ภาพที่ 3) เพลี้ยอ่อนส่วนใหญ่มี cornicle ที่สั้น ส่วนของปากมีลักษณะเป็นหลอดคล้ายเข็มขนาดเล็กโดยตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนชนิดเดียวกันมีทั้งแบบมีปีกและไม่มีปีก ตัวเต็มวัยส่วนใหญ่ที่มีปีก สีลำตัวจะเป็นสีดำ ระยะตัวเต็มวัยสามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน 6-41 วัน และสามารถออกลูกได้ตลอดชีวิตได้ประมาณ 75-450 ตัว โดยสาเหตุที่พบมากที่สุดจากการที่เพลี้ยอ่อนมีการเปลี่ยนจากแบบไม่มีปีกเป็นไม่มีปีก คือ เพลี้ยอ่อนต้องการโยกย้ายสถานที่ เช่น เมื่อแหล่งพืชอาหารมีจำกัด หรือ สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม (Rutikanga *et al*.,2012; วิโรจน์ และคณะ, 2548)



ภาพที่ 2 ลักษณะการแพร่ขยายพันธุ์ของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)
ที่มา: https://www.rhs.org.uk/advice/profile?PID=697



ภาพที่ 3 ลักษณะตัวเต็มวัยของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi (* Kaltenbach)
ที่มา: ลักขณา และคณะ (2553)

1.4 ลักษณะการเข้าทำลาย

เพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* สามารถเข้าทำลายพืชได้ทุกระยะตั้งแต่ระยะต้นกล้า ระยะเจริญของใบ ระยะออกดอก และระยะให้ผลผลิต ส่วนของต้นพืชที่โดนเพลี้ยอ่อนเข้าทำลายส่วนมากเป็นจุดเจริญของพืช ลำต้น ใบ ช่อดอก ผล และส่วนที่พัฒนาเป็นต้นพืชทั้งต้น โดยประชากรของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* จะอาศัยเป็นกลุ่มใหญ่อยู่ใต้ใบพืช (ภาพที่ 4) พืชผักตระกูลกะหล่ำที่โดนเพลี้ยอ่อนเข้าทำลายจะเกิดความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยตัวเต็มวัยและตัวอ่อนจะสร้างความเสียหายต่อพืชโดยตรง ในขณะที่ความเสียหายทางอ้อมเกิดจากการหลั่งน้ำหวาน (honey dew) ซึ่งก่อให้เกิดโรคสร้างความเสียหายให้กับพืชผัก (Ruktikanga *et al*., 2012)

ภาพที่ 4 กลุ่มของประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) เข้าทำลายต้นคะน้า
ที่มา: Alton and Sparks (n.d.)

2. ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อประชากรของเพลี้ยอ่อนผัก

Bakhetia และ Sidhu (1983) รายงานว่าจำนวนประชากรของเพลี้ยอ่อนผักจะลดลงเมื่อฝนตกและอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-30 องศาเซลเซียส Mathur และ Singh (1986) พบว่าปัจจัยร่วมของสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผัก โดยอุณหภูมิสูงสุดที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมมากกว่า 3 กิโลเมตร/ชั่วโมง และอัตราการระเหยของน้ำ 5 มิลลิเมตร/วัน ส่งผลให้จำนวนเพลี้ยอ่อนผักลดลงอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตาม Jaglan และคณะ (1988) พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีผลต่อประชากรแมลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม แต่ฝนตกส่งผลให้เพลี้ยอ่อนผักลดลงอย่างรวดเร็ว ในทำนองเดียวกันกับการศึกษาประชากรของ Sinha และคณะ (1989) ระหว่างเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พบจำนวนประชากรสูงสุดกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งในช่วงดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 21.7 – 23.5 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 7.2 – 9.4 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำช่วง 55.7 – 69.4 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า หากความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50.9 เปอร์เซ็นต์ เพลี้ยอ่อนหยุดกิจกรรมต่างๆ ในทำนองเดียวกันกับรายงานของ Sinha และคณะ (1990) พบว่าเริ่มพบเพลี้ยอ่อนผักในสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนธันวาคม และเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆในเดือนมกราคมและถึงจุดสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ Rohilla และคณะ (1996) พบว่า ประชากรเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์สุดท้ายของเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 13.7 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 65 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนลดลงเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 10 มิลลิเมตร/วัน Samdur และคณะ (1997) พบว่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 23 องศาเซลเซียส ต่ำสุดเฉลี่ย 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย 85-88 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย 30-35 เปอร์เซ็นต์ มีแสงอาทิตย์ 4-7 ชั่วโมง/วัน มีการระเหยของน้ำ 2-3 มิลลิเมตร/วันและมีความเร็วลม 3.0-4.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง/วัน เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนเพลี้ยอ่อนผักในสภาพไร่ ส่วน Singh และ Malik (1998) รายงานความเสียหายจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนผักในพืช Indian mustard (*Brassica juncea* cv. Varuna) สูงถึง 59.3 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพไร่ นอกจากนี้ Kumar และคณะ (1999) เริ่มพบประชากรเพลี้ยอ่อนผักในสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนมกราคมซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ และประชากรเพิ่มสูงขึ้นถึงจุดสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 22-23.25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 84 เปอร์เซ็นต์

3. เชื้อราก่อโรคแมลง

โรคราของแมลงเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมประชากรของแมลงทางธรรมชาติ โดยปกติเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงเกิดขึ้นเองในธรรมชาติเป็นประจำแต่ไม่รุนแรงมากนัก การระบาดของเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงอาจเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว เมื่อมีการระบาดขึ้นเชื้อราช่วยลดจำนวนแมลงศัตรูพืชมีผลให้ประชากรมีขนาดเล็กลง และเป็นผลลดระดับความเสียหายของพืชจากการเข้าทำลายของแมลงลงด้วย จากการระบาดในธรรมชาติจึงได้นำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลง สำหรับเชื้อราสาเหตุโรคแมลงนั้นมีไม่น้อยกว่า 700 ชนิด แต่มีอยู่เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีได้ (มลิวัลย์, 2534; Lacey *et al*., 2001)

การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยการใช้เชื้อราสาเหตุโรคของแมลงสามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด และยังเป็นวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น นอกจากนี้ยังเป็นทางเลือกของการควบคุมแมลงโดยไม่ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย อย่างไรก็ตามการใช้เชื้อราโรคแมลงมียังข้อจำกัด คือระยะเวลาในการเข้าทำลายแมลง (Leger *et al*., 1996) เชื้อราสาเหตุโรคของแมลงบางชนิดใช้ระยะเวลา 2-5 วัน จึงทำให้แมลงตาย นอกจากนี้แมลงที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายอาจมีชีวิตรอดอยู่ได้ ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อราที่ได้รับ รวมถึงสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในตัวแมลงด้วย

ในส่วนของความสัมพันธ์ของเชื้อรากับแมลงนั้นมีหลายรูปแบบ คือลักษณะเป็นเชื้อสาเหตุโรคที่แท้จริง เชื้อราเจริญเติบโตเฉพาะในตัวแมลง เรียกว่า obligate parasite และยังมีเชื้อราอีกเป็นจำนวนมากมีความสัมพันธ์กับแมลงแบบ semiparasite คือเจริญเติบโตได้ทั้งในตัวแมลงและบนอาหารสังเคราะห์ นอกจากนี้เชื้อราบางชนิดเป็นพวก saprophyte ที่สามารถเจริญได้ทั้งซากพืชและซากแมลง วงจรชีวิตของเชื้อราโรคแมลงส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับระยะการเจริญของแมลงอาศัย และสภาพแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะสภาพแวดล้อมรอบตัวเชื้อ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเชื้อเป็นอย่างมาก เช่น อุณหภูมิ ความชื้นและแสงสว่าง (Shan and Pell, 2003)

3.1 เชื้อรา *Metarhizium guizhouense*

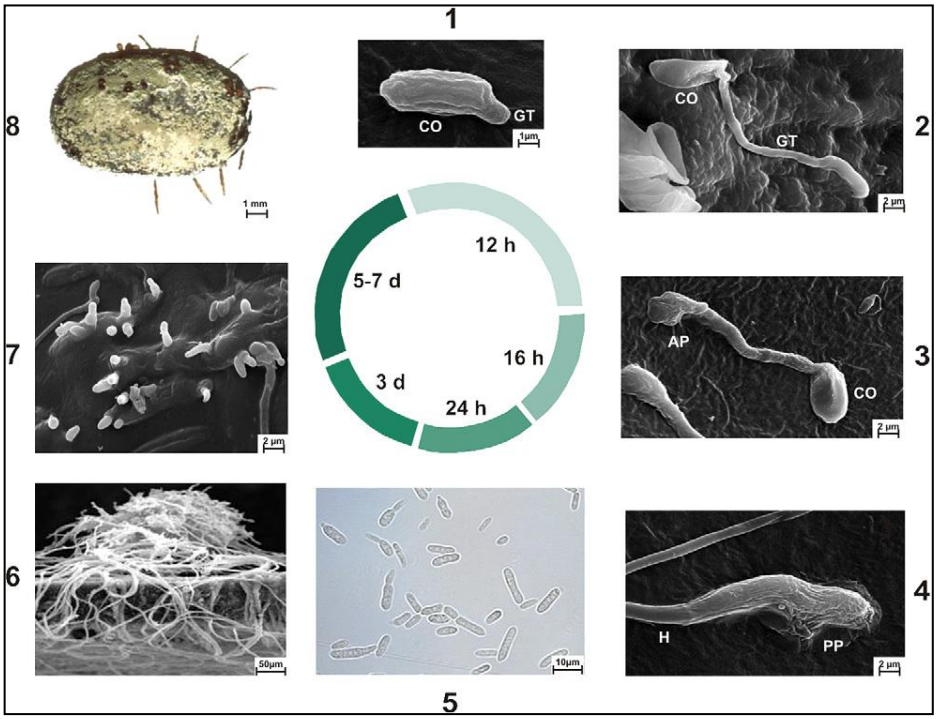
เชื้อรา *M. guizhouense* เป็นเชื้อราโรคแมลงที่อยู่ใน *M. anisopliae* complex และใกล้ชิดกับสายพันธุ์ *M. anisopliae* รวมไปถึง *M. pingshaense* และ *M. taii* อีกด้วย (Bischoff *et al*., 2009) สามารถพบเชื้อรานี้ในดิน หรือแมลงที่โดนเชื้อราเข้าทำลาย (Zimmermann, 1993)

ลักษณะโดยทั่วไปของเชื้อราชนิดนี้ รูปร่างเป็นรูปทรงกระบอก เส้นใยมีผนังกั้นเป็นปล้องๆ ไม่มีสี เส้นใยจะแผ่ขยายเจริญเติบโตสร้างสปอร์ (conidia) เป็นรูปยาวรีคล้ายเมล็ดข้าว เป็นลูกโซ่ต่อกันตรงรอยคอด เรียกว่า conidium แต่ละ conidium (ภาพที่ 5) ที่เกิดใหม่จะมีสีขาว ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีขียวคล้ำ ขนาด 2–4 ไมครอน และมีการสร้าง conidia ได้ดี โดยที่อุณหภูมิ 10–30 องศาเซลเซียส เชื้อราเขียวสามารถเจริญเติบโตดีเป็นปกติและพบว่า สภาพความเป็นกรดเป็นด่างที่ 4.7–10 เป็นช่วงที่ราเขียวเจริญเติบโตได้เป็นปกติแต่ที่เหมาะสม คือ 6.9–7.4 (นิรนาม, 2551)

ภาพที่ 5 ลักษณะ conidia ของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense*
ที่มา: Bischoff และคณะ (2009)

3.1.1 **การเข้าทำลายแมลงของเชื้อรา** *Metarhizium* sp.

เชื้อราจะสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศ การติดเชื้อของแมลงเริ่มจากการที่สปอร์ของเชื้อรา *Metarhizium* sp. เริ่มจากสปอร์ยึดเกาะบนผนังลำตัวของแมลง เมื่อมีความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมสปอร์ของเชื้อราที่อยู่บนผนังลำตัวแมลงจะสร้างเส้นใยเพื่อเจาะเข้าไปในลำตัวของแมลง (Jarrold *et al*., 2007) เมื่อเส้นใยเจาะเข้าไปในลำตัวแมลง เชื้อราจะพัฒนาภายในลำตัวแมลงทำให้แมลงค่อยๆ ลดกิจกรรมลงและตายในที่สุด หลังจากนั้นเชื้อราจะแทงเส้นใยออกนอกร่างกายของแมลงและสร้างสปอร์คลุมร่างของแมลง (Schrank and Vainstein, 2010) ดังภาพที่ 6



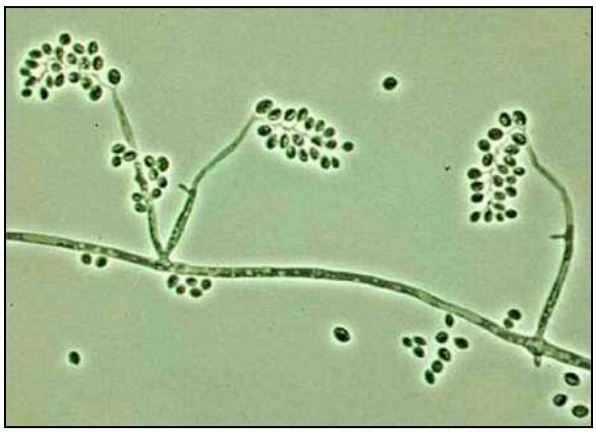
ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเข้าทำลายของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน) (1) การยึดเกาะของสปอร์บนผนังลำตัวแมลง (2) การงอกของสปอร์ (3) ความแตกต่างของ germ tube ในการใช้ apressoria เจาะเข้าไปในเซลล์ (4) การเจาะผนังลำตัว (5) ความแตกต่างลักษณะของสปอร์ (6) การเจริญของเส้นใยบนแมลง (7) เส้นใยที่แทงผ่านผนังลำตัวของแมลงที่ตายแล้ว (8) ก้านชูสอปร์และสปอร์บนซากของแมลง

ที่มา : Schrank and Vainstein (2010)

3.2 เชื้อรา *Beauveria bassiana*

เชื้อรา *B. bassiana* เป็นจุลินทรีย์ที่พบในดิน อาศัยกินซากที่เน่าเปื่อยผุพังในดิน และจัดเป็นพวก “เชื้อราสาเหตุโรคแมลง” สามารถทำลายแมลงได้หลายชนิด เช่น แมลงหวี่ขาว เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไก่แจ้ และหนอนศัตรูพืชหลายชนิด (Alves, 1998) สปอร์มีรูปทรงกลม ขนาด 2.3-3.2 ไมโครเมตร โคโลนีเรียบเป็นฝุ่นคล้ายแป้ง ผิวหน้าแตก (Rehner and Buckley, 2005) (ภาพที่ 7) ในระยะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (anamorph) conodia มีลักษณะทรงกลม เจริญอยู่บนโคนิดิโอจีนัสเซลล์ (conidiogenous cell) ที่มีลักษณะคล้ายแจกัน (flask-shaped) หรือทรงกระบอก (subcylindrical) ในระยะสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (teleomorph) จะมีสโตรมาสีเหลืองหรือเหลืองอมส้ม เจริญขึ้นมาจากตัวแมลงอาศัย หรือโผล่ขึ้นมาพ้นผิวดิน (Li *et al.*, 2001)

เชื้อราในสกุล *Beauveria* สามารถผลิตสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ต่างๆได้หลายชนิด เช่น beauvericin, bassianin, bassianolide, beauverolide, oosporein และ tenellin เป็นต้น โดย beauvericin มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์และสารฆ่าแมลง ที่อยู่ในกลุ่มของ enniatin และเป็นสารพิษจากเชื้อราที่ได้จากเชื้อรา *B. bassiana* (Hamill *et al*.,1969)

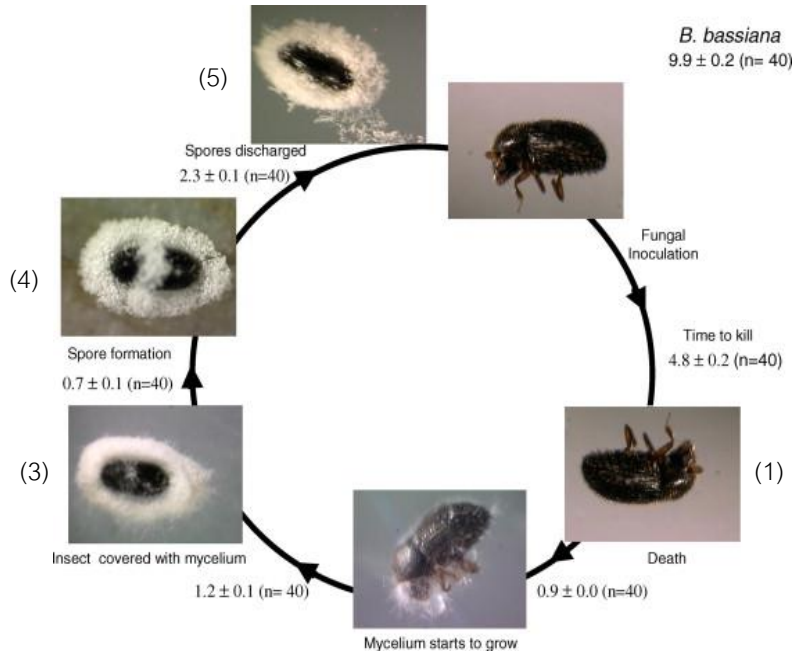


ภาพที่ 7 ลักษณะ conidia ของเชื้อรา *Beauveria bassiana*

ที่มา: Barron (2013)

3.2.1 การเข้าทำลายแมลงของเชื้อรา *Beauveria bassiana*

เชื้อรา *B. bassiana* เป็นเชื้อราชนิดเบียนภายใน (endoparasite) จะทำลายแมลงให้ตายอย่างรวดเร็ว โดยการเข้าทำลาย หรือย่อยสลายเนื้อเยื่อในตัวแมลง การงอกของสปอร์และการติดเชื้อบนตัวแมลง ต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ เช่น แมลงที่อ่อนแอ ระยะของแมลง และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้น โดยทั่วไปการงอกของสปอร์เชื้อรา *B. bassiana* จะเริ่มต้นงอกก้านชูสปอร์ 10 ชั่วโมงหลังจากสปอร์ตกบนตัวของแมลง และจะเสร็จสมบูรณ์ใน 20 ชั่วโมง โดยเมื่อสปอร์ของเชื้อรา *B. bassiana* ตกลงที่ผนังลำตัวแมลง สปอร์จะงอกก้านชูสปอร์ (germ tube) แทงทะลุผ่านลำตัวแมลงเข้าไปในช่องว่างภายในลำตัวแมลง โดยเฉพาะบริเวณข้อต่อของแมลงที่มีผนังบาง เส้นใยของเชื้อราจะเข้าสู่เนื้อเยื่อของแมลงโดยอาศัยน้ำย่อยต่างๆ ได้แก่ ไลเปส (lipase) โปรติเนส (proteinase) และไคติเนส (chitinase) หลังจากนั้นเชื้อราจะเจริญเพิ่มปริมาณเป็นเส้นใยท่อนสั้นๆ เซลล์เม็ดเลือดในตัวแมลงถูกทำลาย ทำให้เลือดที่อยู่ในตัวแมลงมีน้อยลง ในทางกลับกัน เชื้อรามีการเพิ่มจำนวนที่มากขึ้นเรื่อยๆ จนเต็มช่องว่างของตัวแมลง ทำให้แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด หลังจากแมลงตาย เชื้อราจะแทงก้านชูสปอร์ทะลุผ่านผนังลำตัวออกมาภายนอก (ภาพที่ 8) (Alves *et al*.,1998; Keswani *et al*., 2013)



ภาพที่ 8 การเข้าทำลายมอดเจาะเมล็ดกาแฟของเชื้อรา *Beauveria bassiana* (1) แมลงตาย (2) mycelium เริ่มเจริญบนลำตัวแมลง (3) mycelium ปกคลุมลำตัวแมลง (4) สร้างสปอร์ (5) สปอร์มีการแพร่กระจาย
ที่มา: Vega และคณะ (2008)

4. การใช้เชื้อราโรคแมลงควบคุมแมลงศัตรูพืชและเพลี้ยอ่อน

สำหรับสกุลของเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงที่มีการนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชนั้นมีหลายสกุล เช่น *Metarhizium, Beauveria, Paecilomyces, Verticillium, Isaria* และ *Hirsutella* (Ondrácková, 2015) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อรา *M. anisopliae* และ *B. bassiana* เป็นเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงที่มีการนำมาใช้ในการควบคุมแมลงมากที่สุด เพราะเชื้อราทั้งสองชนิดนี้สามารถเข้าทำลายแมลงได้หลายชนิด (Feng *et al*., 1994; Faria and Wraight, 2007; Robert and Leger, 2004) เชื้อราทั้งสองชนิดนี้สามารถควบคุมแมลงศัตรูผักได้หลายชนิด เช่น เพลี้ยอ่อน (Vandenberg, 1996; Vandenberg *et al*., 2001; Ye *et al*., 2005) แมลงหวี่ขาว (Wraight *et al*., 1998; Malsam *et al*., 2002; Feng *et al*., 2004) เพลี้ยจักจั่น (Feng *et al*., 2004; Pu *et al*., 2005) และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Jin *et al*., 2008)

Shan และ Feng (2010) ได้ทดสอบเชื้อรา *M. anisopliae* หลายไอโซเลทที่แยกได้จากแหล่งต่างๆ มาทดสอบกับเพลี้ยอ่อนพีช (*Myzus persicae*) พบว่าเชื้อราดังกล่าวสามารถเข้าทำลายเพลี้ยอ่อนได้ และมีช่วงความรุนแรงตั้งแต่ 10.1-95.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับไอโซเลทของเชื้อรา สำหรับความหนาแน่นที่สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากพ่นเชื้อราอยู่ระหว่าง 1×10^{6}-1×10^{8} สปอร์ต่อมิลลิลิตร และยังขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อราอีกด้วย (Loureiro and Moino, 2006)

มีการนำเชื้อรา *B. bassiana* ไปทดสอบประสิทธิภาพการเข้าทำลายเพลี้ยอ่อนหลายๆ ชนิด เช่น *Schizaphis graminum*, *Rhopalosiphum padi*, *Brevicoryne brassicae* และ *Lipaphis erysimi* ในห้องปฏิบัติการ พบว่าความหนาแน่นของสปอร์เชื้อราที่ 1×10^{6}-1×10^{8} สปอร์ต่อมิลลิลิตร สามารถฆ่าเพลี้ยอ่อนได้ และความหนาแน่นของสปอร์เชื้อราสูงสุดใช้ระยะเวลาในการฆ่าแมลงน้อยที่สุด โดยใช้ระยะเวลาในการฆ่าเพลี้ยอ่อนอยู่ในช่วง 2-3 วัน (Akmal *et al*., 2013) นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาเชื้อราดังกล่าวไปเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าในรูปแบบของชีวภัณฑ์ต่างๆ มากมาย (Faria and Wraight, 2007)

5. การส่งเสริมการเจริญต้นพืชของเชื้อราโรคแมลง

เชื้อราสาเหตุโรคของแมลงบางชนิด พบว่าสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโต (Elena *et al*., 2011; Sasan and Bidochka, 2012) หรือส่งเสริมการต้านทานของต้นพืชต่อการเข้าทำลายของแมลง (Bing and Lewis, 1991, 1992) และโรคพืชบางชนิดได้ (Parsa *et al*., 2013) สำหรับการกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นพืช Kabaluk และ Ericsson (2007) พบว่าเมล็ดข้าวโพดที่ได้รับเชื้อรา *M. anisopliae* มีอัตราการรอดตายได้เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งยังช่วยส่งเสริมในส่วนของน้ำหนักสดของต้นข้าวโพด นอกจากนี้เชื้อราดังกล่าวสามารถกระตุ้นการเพิ่มจำนวนรากฝอยของต้นพืช (ที่ได้รับเชื้อรา) ได้อีกด้วย (Sasan and Bidochka, 2012)

ส่วนการส่งเสริมการต้านทานของต้นพืชต่อการเข้าทำลายของแมลง Bing และ Lewis (1991, 1992) ได้นำเชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* ใช้กับต้นข้าวโพด ซึ่งเชื้อราดังกล่าวสามารถเจริญอยู่ภายในต้นข้าวโพดแบบ endophyte ได้หลังจากการพ่นทางใบ และสามารถลดความเสียหายที่เกิดจากหนอนเจาะฝักข้าวโพด (*Ostinia nubilalis*) ได้ นอกจากนี้ Bruck (2005) รายงานว่าเชื้อรา *M. anisopliae* ที่เจริญครอบครองในส่วนของรากพืช (rhizosphere) สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงงวงงุ่น (*Otiorhynchus sulcatus*) ในต้นสน (*Picea abies*) ได้

6. หลักการใช้เชื้อราโรคแมลง

สิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงในการใช้เชื้อราสาเหตุโรคแมลง คือต้องทำให้สปอร์ของเชื้อราไปติดตามส่วนใดส่วนหนึ่งของแมลงให้ได้ การพ่นจึงต้องพยายามพ่นให้ถูกตัวแมลง หรือต้องให้เชื้อรา มีความคงทนอยู่ได้นานที่สุด เพื่อให้แมลงมารับเอาสปอร์ติดไปกับตัวแมลง ซึ่งหลักการนำเชื้อราสาเหตุโรคแมลงไปใช้ มี 3 แบบดังนี้ (มาลี, 2551)

6.1 การใช้แบบระยะยาว

เป็นการควบคุมแมลงในระยะยาว โดยการนำเชื้อราเข้าไปแพร่ระบาดในหมู่ประชากรของแมลง แล้วให้เชื้อราปรับตัวให้คงอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ได้ ทั้งนี้เพื่อการตัดวงจรชีวิตของแมลง ซึ่งสามารถใช้กับแมลงที่มีระยะใดระยะหนึ่งอยู่ในดิน โดยหว่านเชื้อราลงในดินหรือบริเวณพื้นคอก ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และรอบๆ โรงเรือนที่ใช้เลี้ยงสัตว์ เพื่อให้แมลงที่มีระยะการเจริญเติบโตอยู่ในดินได้รับเชื้อราทำให้แมลงตายหรือไม่สามารถลอกคราบเป็นระยะการเจริญเติบโตต่อไปได้

6.2 การใช้แบบเดียวกับสารฆ่าแมลง

การใช้เหมือนกับการใช้สารฆ่าแมลง คือ พ่นเชื้อราบ่อยครั้งเพื่อให้ได้ผลในการควบคุมแมลงอย่างรวดเร็วและเด็ดขาด

6.3 การใช้แบบผสมผสาน

จัดเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากความเป็นจริงไม่มีวิธีการใดที่กำจัดแมลงได้ทั้งหมด และเชื้อราไม่สามารถกำจัดแมลงได้ทุกชนิด ซึ่งการใช้วิธีควบคุมหลายๆ วิธีร่วมกันช่วยทำให้สามารถกำจัดแมลงวันได้ผลดียิ่งขึ้น เช่น การใช้เชื้อราร่วมกับสารเคมี หรือการใช้สารสกัดจากพืช เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* สายพันธ์ PSUM04 และ *Beauveria bassiana* สายพันธ์ PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi*

2. เพื่อศึกษาการถ่ายทอดเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ในประชากรของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi*

3.เพื่อศึกษาผลของวิธีการใช้เชื้อราโรคแมลงต่อการส่งเสริมการเจริญในระบบปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ของต้นคะน้า และการครอบครองในส่วนต่างๆของต้นคะน้า

4. เพื่อประยุกต์ใช้เชื้อราโรคแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ในโรงเรือนปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

1.การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01

เตรียมอาหาร Sabouraud Dextrose Agar Plus Yeast (SDAY) สำหรับเลี้ยงเชื้อราโรคแมลง โดยนำ dextrose, peptone และ yeast extract ชั่งในปริมาณตามตารางที่ 1 ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ใส่น้ำ 500 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นใส่น้ำเพิ่มอีก 500 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน หลังจากนั้นชั่งผงวุ้นใส่ในขวด laboratory bottle (Duran) แยกเป็น 5 ขวด ขวดละ 4 กรัม ตวงสารในบีกเกอร์ข้างต้นด้วยกระบอกตวงปริมาตร 200 มิลลิลิตรต่อขวด จากนั้นนำไปอบฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำอาหารไปเทในจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารเย็นและแข็ง นำไปเลี้ยงเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อไป

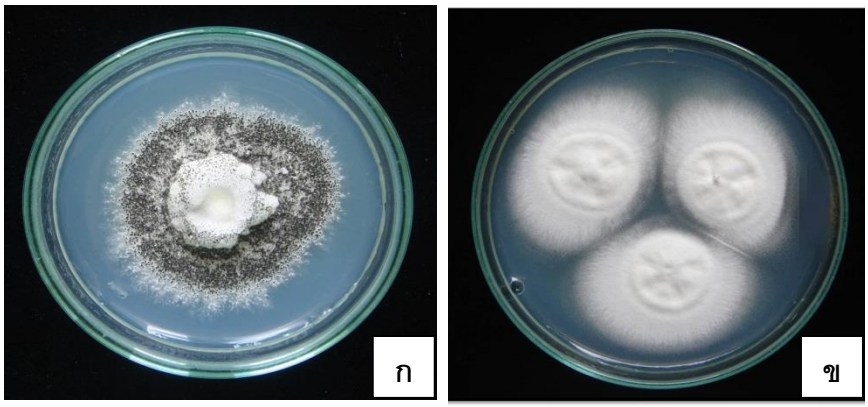
ตารางที่ 1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01

Sabouraud Dextrose Agar Plus Yeast (SDAY)	ปริมาณ
Dextrose	10.0 กรัม
Peptone	2.5 กรัม
Yeast extract	2.5 กรัม
Agar	20.0 กรัม
น้ำ	1.0 ลิตร
Thiabendazole *	20 ไมโครลิตร
Chloramphenicol *	6 ไมโครลิตร

* สารปฏิชีวนะใช้ในการทดลองที่ 4.3

2. การเตรียมเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01

นำเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ที่ได้รับจากศูนย์ควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ศูนย์ภาคใต้ (นริศ, 2554) ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar plus Yeast (SDAY) ที่เตรียมไว้ในจานเลี้ยงเชื้อ แล้วนำไปบ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 27.0 ± 2.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วันหรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์จนสมบูรณ์ (ภาพที่ 9) จากนั้นเตรียมสปอร์เชื้อราแขวนลอยในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 100 มิลลิลิตรที่ผสมสาร Tween 80 ที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดแรงตึงผิว แล้วนับสปอร์ด้วย haemacytometer ให้ได้ความหนาแน่น 10^6, 10^7, 10^8 และ 10^9 สปอร์ต่อมิลลิลิตร (นริศ และ อนุชิต, 2551)



ภาพที่ 9 เชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 (ก) และ *Beauveria bassiana* PSUB01 (ข)

3. **การเตรียมเชื้อราโรคแมลง** *Metarhizium guizhouense* PSUM04 **และ** *Beauveria bassiana* PSUB01 **ในข้าว**

นำข้าวสาร (ข้าวพันธุ์เสาไห้) มาหุงต่อน้ำ+ในอัตราส่วน 3:2 เมื่อข้าวสุกตักข้าวประมาณ 2 ทัพพีใส่ถุงร้อน ขนาด 7×11 นิ้ว โดยวางทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง จนสามารถใช้มือจับได้พออุ่นจึงสเปรย์หัวเชื้อราที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นเขย่าถุงให้สปอร์กระจายทั่วถุงข้าว รัดยางและใช้เข็มหมุดเจาะบริเวณปากถุงประมาณ 20 รู บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7-10 วันหรือจนกว่าสปอร์เจริญเต็มทั่วถุงจึงนำไปทดลอง โดยวิธีการนำไปใช้ให้นำข้าวที่บ่มเชื้อราไว้ ไปล้างและขยำในน้ำปริมาตร 1 ลิตรต่อเชื้อรา 1 ถุงโดยผสม 0.1% Tween 80 ให้สปอร์ละลายเข้ากับน้ำ หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าข้าวบางหรือตะแกรงกรองน้ำเพื่อนำสปอร์แขวนลอยเชื้อราไปใช้ในการทดลองต่อไป (ภาพที่ 10)

ภาพที่ 10 แผนผัง**การ**เตรียมเชื้อราและสปอร์แขวนลอยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ในข้าว

เชื้อราที่เลี้ยงในข้าว
อายุ 7-10 วัน

นำข้าวมาขยำในน้ำโดย
ผสม 0.1% Tween 80
เพื่อให้สปอร์ละลายผสม
กับน้ำ

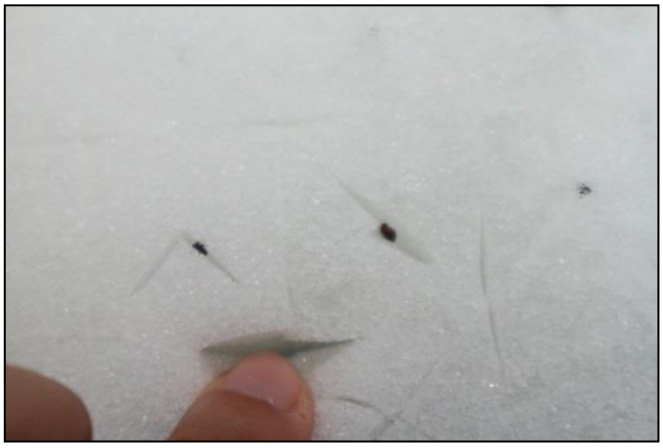
กรองด้วยตะแกรงกรอง
น้ำหรือผ้าขาวบางเพื่อนำ
สปอร์แขวนลอยเชื้อราไป
ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 10 (ต่อ) แผนผังการเตรียมเชื้อราและสปอร์แขวนลอยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ในข้าว

4. การเตรียมปลูกต้นผักคะน้าในระบบไฮโดรโปนิกส์

4.1 การเพาะเมล็ด

นำฟองน้ำเพาะเมล็ดผักคะน้ามาแช่ให้ชุ่มน้ำ เพาะเมล็ดลงในฟองน้ำสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ จำนวน 2-3 เมล็ด ต่อฟองน้ำ 1 ช่อง (ภาพที่ 11) นำกระดาษชุ่มน้ำมาวางทับบนฟองน้ำที่ได้ทำการปลูกไว้เรียบร้อยแล้ว นำไปว่างในที่ร่ม รอเมล็ดงอกเป็นต้นกล้าประมาณ 5-7 วัน (ภาพที่12) จึงนำกระดาษออกและย้ายปลูกลงโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์



ภาพที่ 11 ฟองน้ำสำหรับปลูกเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์

ภาพที่ 12 ต้นกล้าผักคะน้าอายุ 5-7วันพร้อมย้ายปลูกลงโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์

4.2 การเตรียมปุ๋ย

นำแม่ปุ๋ยสูตร A (ประกอบด้วยธาตุอาหาร แมกนีเซียมซัลเฟต, โปแตสเซียมไนเตรท, โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต, โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต และแมงกานีส) และ แม่ปุ๋ยสูตร B (ประกอบด้วยธาตุอาหาร แคลเซียมไนเตรท และธาตุเหล็ก) สำหรับปลูกผักไทย (ภาพที่ 13) มาเทลงในถังผสมน้ำ 7 ลิตร (แยกแต่ละสูตร) คนให้ละลาย จากนั้นเติมน้ำให้ครบ 10 ลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน เก็บในภาชนะแก้วหรือพลาสติกทึบแสงและเก็บไว้ในที่ร่มและเย็น (ภาพที่ 14) โดยอัตราส่วนที่ใช้ในการปลูกผักคะน้า ปุ๋ย A และ B อย่างละ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร

ภาพที่ 13 แม่ปุ๋ย A และ B สำหรับปลูกผักไทย จากหน่วยเรือนกระจก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาพที่ 14 ปุ๋ยน้ำสูตร A และ สูตร B สำหรับปลูกผักในระบบไฮโดรโปนิกส์

5. การเตียมแมลงสำหรับทำการทดลอง

นำตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่เก็บจากแปลงปลูกผักคะน้าจากธรรมชาติ มาปล่อยและเลี้ยงในผักคะน้าอายุประมาณ 21 วันที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ ในการทดสอบใช้เพลี้ยอ่อนผักตัวเต็มวัยระยะที่ไม่มีปีกและมีขนาดลำตัวที่ใกล้เคียงกัน

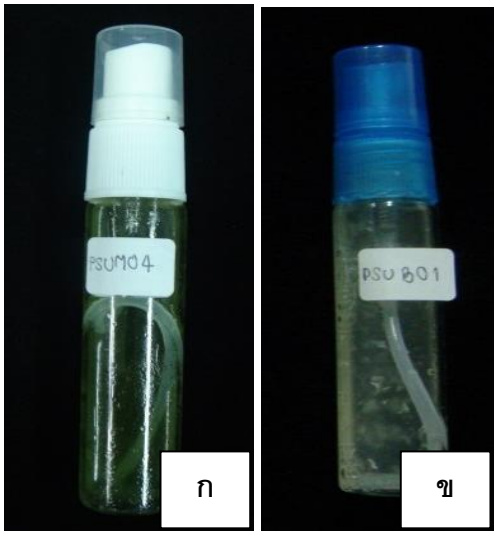
6. ศึกษาความสามารถในการก่อให้เกิดโรคแมลงและความรุนแรงของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi*

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ทรีทเมนต์ คือ เชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04, เชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* PSUB01 (นริศ, 2554) และมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม สำหรับเชื้อราทั้งสองชนิดนำไปเลี้ยงในอาหารเทียม SDAY แล้วนำไปบ่มไว้ที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นเวลา 15 วัน หรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์จนเต็มจานอาหาร แล้วนำไปเตรียมสปอร์แขวนลอยที่ความหนาแน่นสปอร์ 1×10^{9} สปอร์/มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อผสม 0.1% Tween 80 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผักที่ไม่มีปีกจำนวน 10 ตัว พ่นด้วยสปอร์แขวนลอยเชื้อราแต่ละชนิดที่เตรียมไว้ จากนั้นนำเพลี้ยอ่อนผักไปเลี้ยงในกล่องพลาสติกใสขนาด 10×10×10 เซนติเมตร ฝาเจาะรูและปิดด้วยผ้ามุ้งเพื่อระบายอากาศ ภายในกล่องบรรจุใบผักคะน้าจำนวน 1 ใบหุ้มปลายก้านด้วยสำลีชื้นเพื่อป้องกันใบแห้ง เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารของเพลี้ยอ่อนผัก บันทึกความสามารถในการเกิดโรคของเชื้อราแต่ละชนิด ความรุนแรงของเชื้อรา และอัตราการตายสะสมของเชื้อราแต่ละชนิดทุกวัน เป็นเวลา 4 วัน ทำจำนวน 10 ซ้ำของแต่ละทรีทเมนต์ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Turkey's HSD test

7. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ในการก่อให้เกิดโรคต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi*

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ 1×10^{6}, 1×10^{7}, 1×10^{8} และ 1×10^{9} สปอร์/มิลลิลิตร และเชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* PSUB01 ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ ข้างต้น นำไปเลี้ยงในอาหารเทียม SDAY แล้วนำไปบ่มไว้ที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นเวลา 15 วัน หรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์จนเต็มจานอาหาร แล้วนำไปเตรียมสปอร์แขวนลอย (ภาพที่ 15) ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ 1×10^{6}, 1×10^{7}, 1×10^{8} และ 1×10^{9} สปอร์/มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อผสม 0.1% Tween 80 ปริมาตร 100 มิลลิลิตรโดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม จากนั้นนำเพลี้ยอ่อนผักที่ไม่มีปีกจำนวน 10 ตัว พ่นสปอร์แขวนลอยเชื้อราแต่ละชนิด ปริมาตร 2 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดสเปรย์ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ระดับต่างๆ มีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม จากนั้นนำเพลี้ยอ่อน

ผักไปปล่อยบนต้นกล้าผักคะน้าอายุ 15 วัน ที่เลี้ยงด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ ปิดด้วยผ้ามุ้งเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของเพลี้ยอ่อนผัก บันทึกเปอร์เซ็นต์การตายเป็นเวลา 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง (ภาพที่ 16) จากนั้นนำค่าชี้วัดไปคำนวณหาค่า LC_{50}, LC_{90}, LT_{50} และ LT_{90} ของเชื้อราแต่ละชนิดในระดับความหนาแน่นของสปอร์ระดับต่างๆ โดยใช้วิธี Probit analysis และวิเคราะห์ Kaplan-Merier ทำจำนวน 10 ซ้ำของแต่ละทรีทเมนต์ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง ทรีทเมนต์โดยวิธี Turkey's HSD test



ภาพที่ 15 สปอร์แขวนลอยเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium guizhouense* PSUM04 (ก) และ *Beauveria bassiana* PSUB01 (ข)

พ่นสปอร์แขวนลอยเชื้อราแต่ละชนิดที่ความหนานแน่น 1×10^{6} , 1×10^{7} , 1×10^{8} และ 1×10^{9} สปอร์ต่อมิลลิลิตร

ย้ายเพลี้ยอ่อนผักลงบนต้นคะน้าจำนวน10 ตัว/ต้น

ปิดด้วยผ้ามุ้ง

บันทึกการตายเป็นเวลา 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง

บ่มตัวที่ตายเป็นเวลา 7-14 วัน หรือจนกว่าเชื้อราจะคลุมบนตัวเพลี้ยอ่อนผัก

ภาพที่ 16 แผนผังทดสอบความเข้มข้นของสปอร์แขวนสอบเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)

8. ศึกษาการถ่ายทอดเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium. guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ในประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi*

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ติดเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 ในอัตราส่วน (เพลี้ยอ่อนที่ติดเชื้อรา : เพลี้ยอ่อนปกติ) ดังนี้ 1:9, 3:7 และ 5:5 โดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม ส่วนเชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* PSUB01 ดำเนินการทดลองในอัตราส่วนข้างต้น โดยนำเชื้อราโรคแมลงทั้งสองชนิดไปเลี้ยงในอาหารเทียม SDAY แล้วนำไปบ่มไว้ที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นเวลา 15 วัน หรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์จนเต็มจานอาหาร แล้วนำไปเตรียมสปอร์แขวนลอยที่มีระดับความหนาแน่นที่ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อผสม 0.1% Tween 80 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นแยกเพลี้ยอ่อนผักไม่มีปีกมาพ่นด้วยสปอร์แขวนลอยเชื้อราแต่ละชนิดในอัตราส่วน 1:9, 3:7 และ 5:5 โดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำเพลี้ยอ่อนผักแต่ละชุดการทดลองไปเลี้ยงรวมกันบนต้นผักคะน้าอายุ 10 วัน ที่เลี้ยงด้วยระบบไฮโดรโปรนิกส์ ปิดด้วยผ้ามุ้งเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของเพลี้ยอ่อนผัก (ภาพที่17) ทำจำนวน 10 ต้นของแต่ละทรีทเมนต์ (10 ซ้ำ) บันทึกอัตราการตายสะสมและอัตราการแพร่กระจายเชื้อราไปสู่ประชากรปกติทุกวันเป็นเวลา 15 วัน (เขี่ยเพลี้ยอ่อนผักที่เกิดใหม่ออกจากต้นคะน้าทุกวันระหว่างทำการทดสอบ) จากนั้นหาค่า Kaplan-Merier และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง ทรีทเมนต์โดยวิธี Turkey's HSD test

พ่นสปอร์แขวนลอยเชื้อราแต่ละชนิดที่ความหนานแน่น ต่อมิลลิลิตร ลงบนตัวเพลี้ยอ่อนผัก

พ่น ไม่พ่น

ปล่อยเพลี้ยอ่อนโดยแบ่งตามอัตราส่วน (เพลี้ยอ่อนที่ติดเชื้อรา : เพลี้ยอ่อนปกติ) 1:9, 3:7 และ 5:5 โดยมีน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อเป็นชุดควบคุม และปิดด้วยผ้ามุ้ง

บันทึกอัตราการตายสะสมและอัตราการแพร่กระจายเชื้อราไปสู่ประชากรปกติทุกวันเป็นเวลา 15 วัน

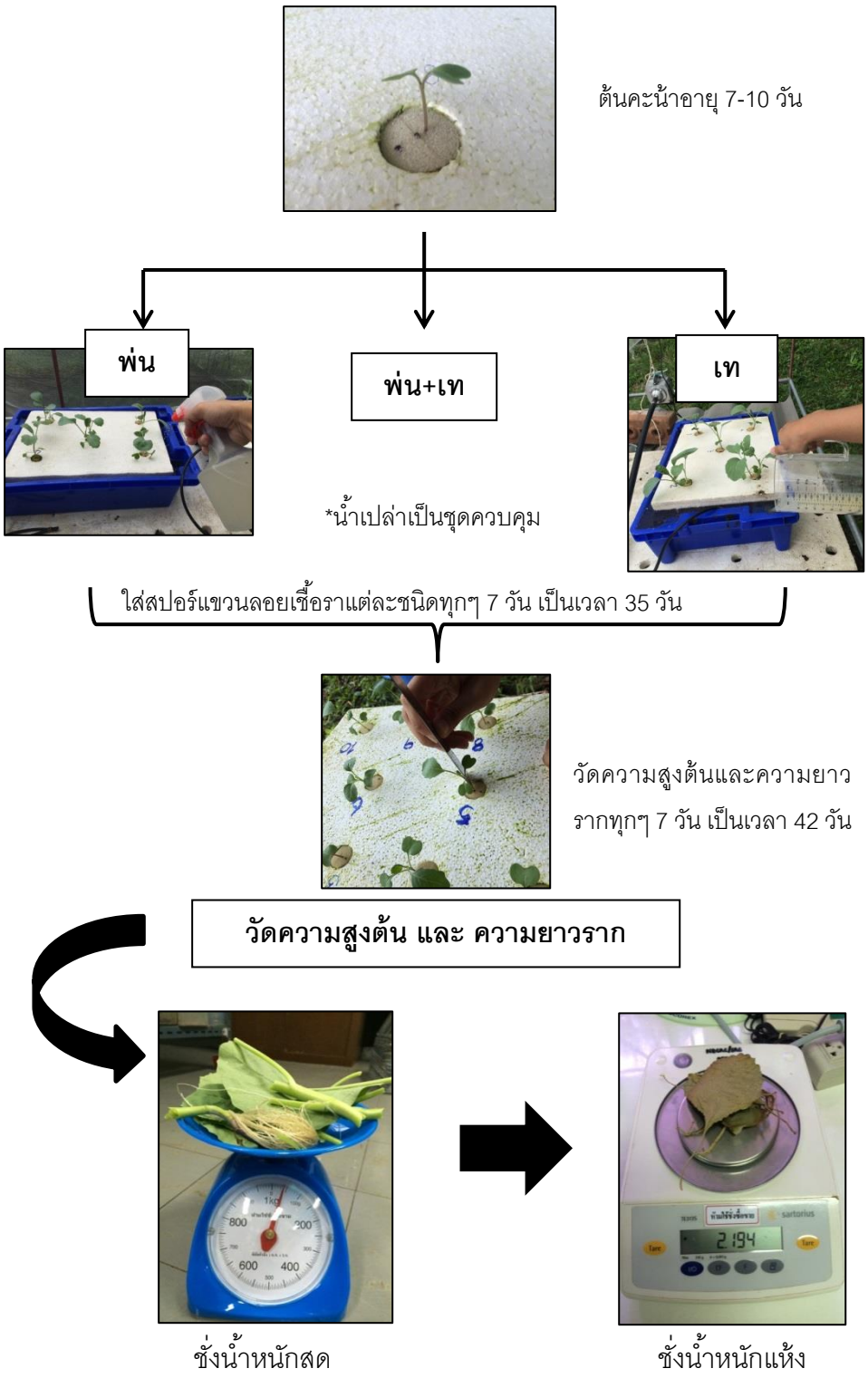
บ่มตัวที่ตายเป็นเวลา 7-14 วัน หรือจนกว่าเชื้อราจะคลุมบนตัวเพลี้ยอ่อนผัก

ภาพที่ 17 แผนผังทดสอบการแพร่กระจายของเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ไม่ติดเชื้อรา

9. การศึกษาผลของวิธีการใช้เชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อการเจริญและการครอบครองส่วนต่าง ๆของต้นคะน้าในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

การทดลองย่อยที่ 1 สภาวะที่ต้นคะน้าไม่มีเพลี้ยอ่อนผัก

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทดสอบด้วยเชื้อราโรคแมลง 2 ชนิด คือ *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ที่นำไปเลี้ยงในอาหารเทียม SDAY โดยทำการทดลองแยกกันของเชื้อราโรคแมลงแต่ละชนิด นำเชื้อราโรคแมลงแต่ละชนิดไปบ่มไว้ที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นเวลา 15 วัน หรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์จนเต็มจานอาหาร แล้วนำไปเตรียมสปอร์แขวนลอยที่มีระดับความหนาแน่นที่ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อผสม 0.1% Tween 80 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสปอร์แขวนลอยของเชื้อราแต่ละชนิดไปเพิ่มปริมาณในข้าวหุงกึ่งสุกตามวิธีการของ นริศ และคณะ (2552) (ภาพที่ 10) เมื่อสปอร์เชื้อราเต็มถุงนำสปอร์ในถุงข้าวแต่ละชนิดนำมาผสมน้ำและละลายให้เข้ากัน จากนั้นนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อนำสปอร์แขวนลอยมาใช้ในการทดลอง จากนั้นนำสปอร์แขวนลอยของเชื้อราแต่ละชนิดแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี ได้แก่ (1) การพ่นลงบนใบ (2) การเทผสมน้ำในระบบราก (3) การพ่นบนใบร่วมกับเทผสมน้ำในระบบราก (4) ชุดควบคุมไม่ใส่เชื้อรา โดยใช้ต้นกล้าอายุ 10 วันที่เลี้ยงด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ในกระบะพลาสติก ทำจำนวน 10 ต้นของแต่ละทรีทเมนต์ทำจำนวน 10 ต้นของแต่ละทรีทเมนต์ (10 ซ้ำ) ให้เชื้อรากับต้นพืชทุกๆ 7 วัน เป็นเวลา 35 วัน บันทึกความสูงของต้น ความยาวราก ทุก 7 วันเป็นเวลา 42 วัน หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักสด และนำชิ้นส่วนต่างๆ ของพืชใส่ในกระดาษน้ำตาลและอบแห้งที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน และชั่งน้ำหนักแห้งหลังเสร็จสิ้นการทดลอง (ภาพที่ 18) จากนั้นนำค่าชี้วัดไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง ทรีทเมนต์โดยวิธี Turkey's HSD test



ภาพที่ 18 แผนผังทดสอบผลของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อการส่งเสริมการเจริญของต้นพืช

การทดลองย่อยที่ 2 สภาวะที่ต้นคะน้ามีเพลี้ยอ่อนผัก

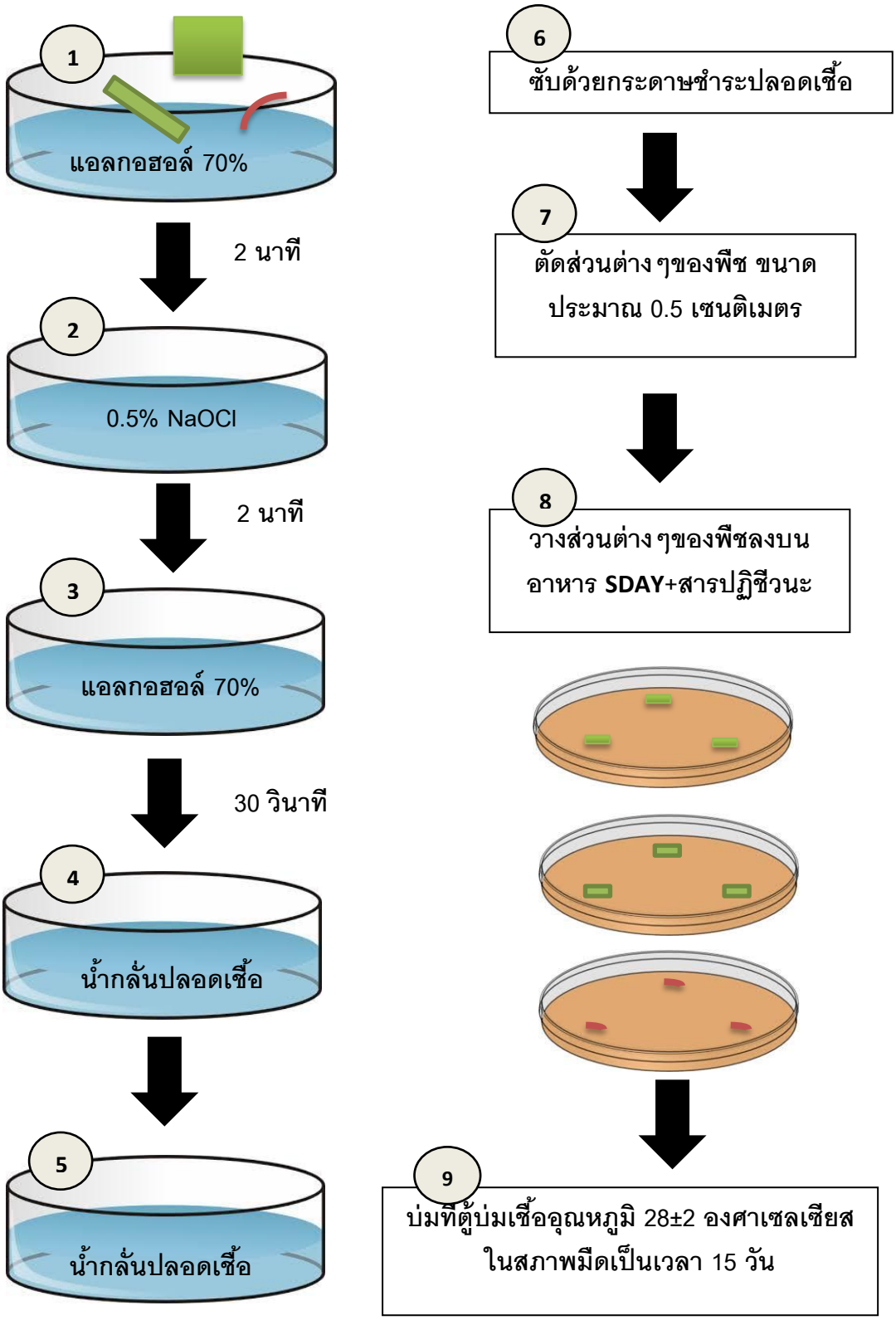
วางแผนการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4.1 เตรียมสปอร์แขวนลอยที่ความหนาแน่นสปอร์ 1×10^{8} สปอร์ต่อมิลลิตร ในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ผสม 0.1% tween 80 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสปอร์แขวนลอยของเชื้อราแต่ละชนิดแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี ได้แก่ (1) การพ่นลงบนใบ (2) การเทผสมน้ำในระบบราก (3) การพ่นบนใบร่วมกับเทผสมน้ำในระบบราก (4) ชุดควบคุมไม่ใส่เชื้อรา โดยใช้ต้นกล้าอายุ 10 วันที่เลี้ยงด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ในกระบะพลาสติก ทำจำนวน 10 ต้นของแต่ละทรีทเมนต์ ให้เชื้อรากับต้นกล้าผักคะน้า 1 ครั้ง (วันที่ 10) หลังจากนั้นปล่อยให้ต้นพืชเจริญอีก 7 วัน เมื่อต้นผักคะน้าอายุได้ 17 วันนำตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผักที่ไม่มีปีกจำนวน 10 ตัว ปล่อยลงบนต้นผักคะน้า บันทึกความสูงของต้น ความยาวราก ทุก 7 วันเป็นเวลา 42 วัน หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองทำการชั่งน้ำหนักสด และนำชิ้นส่วนต่างๆ ของพืชใส่กระดาษสีน้ำตาล อบแห้งที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำค่าชี้วัดไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง ทรีทเมนต์โดยวิธี Turkey's HSD test

การทดลองย่อยที่ 3 การครอบครองของเชื้อราโรคแมลงในส่วนต่าง ๆของต้นคะน้า

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยเชื้อราโรคแมลง 2 ชนิด คือ *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ที่นำไปเลี้ยงในอาหารเทียม SDAY แล้วนำไปบ่มไว้ที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นเวลา 15 วัน หรือจนกว่าเชื้อราสร้างสปอร์จนเต็มจานอาหาร เตรียมสปอร์แขวนลอยในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อที่ผสม Tween 80 (0.01%v/v) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสปอร์แขวนลอยที่ได้ไปเลี้ยงเพิ่มปริมาณในข้าวหุงกึ่งสุกตามวิธีการของ นริศ และคณะ (2552) (ภาพที่ 10)

เตรียมต้นคะน้าอายุ 7 วันที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ จำนวน 12 ต้นต่อทรีทเมนต์ โดยแบ่งออกเป็น (1) พ่นสปอร์แขวนลอยเชื้อราลงบนใบ (2) เทสปอร์แขวนลอยผสมน้ำในระบบราก (3) ชุดควบคุมใช้ต้นกล้าผักคะน้าที่ไม่ใส่เชื้อรา จากนั้นสุ่มต้นคะน้า จำนวน 3 ต้น/ทรีทเมนต์ ตรวจสอบการครอบครองราก ลำต้น และใบของเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 ในวันที่ 14, 21, 28 และ 35 หลังจากการให้เชื้อรากับต้นผักคะน้าครั้งแรก นำราก ลำต้น และใบ ขนาดความยาว 5 เซนติเมตร จากนั้นทำการแยกเชื้อด้วยวิธีการ tissue transplanting โดยวิธีการกำจัดเชื้อที่

ผิวชิ้นส่วนของพืช (ภาพที่ 19) ดัดแปลงจาก Naik และคณะ. (2009) โดยล้างด้วย 70% Ethanol 2 นาที, 0.5% NaOCl 2 นาที, 70% Ethanol 30 วินาที และล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งบนกระดาษทิชชูปลอดเชื้อ ตัดชิ้นส่วนของพืชให้มีขนาด 0.5 เซนติเมตร แล้วนำชิ้นส่วนดังกล่าวไปวางบนจานอาหารเทียม SDAY + thiabendazole + chloramphenicol (นริศ และฤทธิพร, 2557) เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย จากนั้นนำไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส ในสภาพมืดเป็นเวลา 15 วัน สังเกตโคโลนีของเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 *และ B. bassiana* PSUB01 ที่เจริญออกมาจากชิ้นส่วนต่างๆ ของต้นคะน้า จากนั้นนำเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราโรคแมลงที่เจริญออกมาจากชิ้นส่วนของต้นคะน้าไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อจำแนกและยืนยันชนิด



ภาพที่ 19 ขั้นตอนการแยกเชื้อด้วยวิธีการ tissue transplanting โดยวิธีการกำจัดเชื้อที่ผิวชิ้นส่วนของพืช

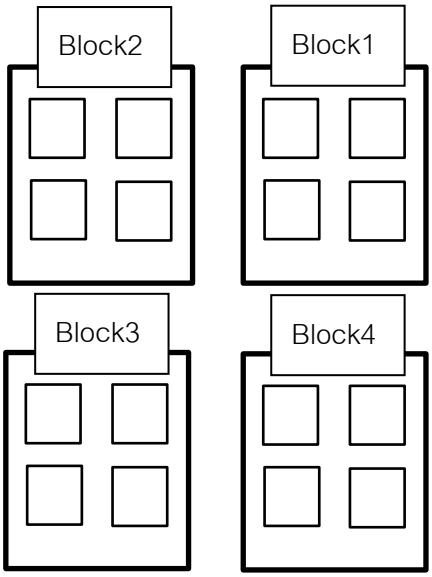
10. การประยุกต์ใช้เชื้อราโรคแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* ในโรงเรือนปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด จากนั้นนำสปอร์เชื้อราไปเพิ่มปริมาณในข้าวหุงกึ่งสุกเพื่อเพิ่มปริมาณ (นริศและคณะ, 2552) (ภาพที่ 10) เพื่อใช้เป็นแหล่งของเชื้อราตั้งต้นสำหรับเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ที่ใช้ในโรงเรือนปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยเตรียมโรงเรือนทั้งหมด 4 โรงเรือน (4 ซ้ำ) (ภาพที่ 20) โดยปลูกคะน้าเป็นพืชทดสอบ เมื่อกล้าคะน้าอายุได้ 7 วัน ทำการเตรียมทรีทเมนต์ดังนี้ ทรีทเมนต์ที่ 1 พ่นด้วยสปอร์แขวนลอยเชื้อราโรคแมลง ทรีทเมนต์ที่ 2 เทสารแขวนลอยสปอร์ในระบบน้ำ ทรีทเมนต์ที่ 3 พ่นและเทสปอร์แขวนลอยเชื้อราโรคแมลง และทรีทเมนต์ที่ 4 ไม่ใช้สปอร์แขวนลอยเชื้อราโรคแมลง ใช้สปอร์แขวนลอยเชื้อราโรคแมลงทุกๆ 7 วันหลังจากต้นกล้าคะน้าอายุ 7 วัน เมื่อต้นคะน้าอายุได้ 14 วัน นำตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผักไม่มีปีก จำนวน 100 ตัว ที่ใส่ไว้ในหลอดทดลองที่ปิดปากหลอดด้วยสำลี แล้วนำหลอดไปแขวนไว้บริเวณกึ่งกลางด้านบนของแต่ละโรงเรือน แล้วเปิดจุกสำลีออกเพื่อให้เพลี้ยอ่อนผักมีโอกาสเลือกชนิดพืชอาหารได้อย่างอิสระ

บันทึกจำนวนประชากรของเพลี้ยอ่อนกะหล่ำหลังต้นพืชมีอายุ 28, 35 และ 42 วัน โดยการประเมินประชากรเพลี้ยอ่อนนั้นใช้ตัวชี้วัดเพลี้ยอ่อน (Aphid index) ตามวิธีการของ Patel (1980) 5 ระดับ โดยดูจำนวนประชากรที่พบบนพืชและอาการของพืชที่เกิดขึ้นจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน ดังนี้

ระดับ	ลักษณะอาการ
0	ไม่พบเพลี้ยอ่อนบนต้นพืช
1	พบเพลี้ยอ่อนบนใบพืชบ้างแต่ไม่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และไม่พบพืชแสดงอาการใบหรือยอดหงิกงอ บิดเบี้ยว
2	พบเพลี้ยอ่อนเป็นกลุ่มเล็กๆ อยู่บนใบพืช และพบใบพืชบางใบมีอาการบิด งอ
3	พบเพลี้ยอ่อนเป็นกลุ่มใหญ่อยู่บนใบพืช และส่วนอื่นของพืช พืชแสดงอาการใบบิดเบี้ยว หงิกงอ
4	ใบพืชส่วนใหญ่ปกคลุมไปด้วยกลุ่มของเพลี้ยอ่อน ไม่สามารถนับจำนวนได้ พืชแสดงอาการใบบิดเบี้ยว ใบหงิกมากขึ้น
5	ทุกส่วนของพืชถูกปกคลุมด้วยกลุ่มของเพลี้ยอ่อน พืชแคระแกร็น ชะงักการเจริญเติบโต

บันทึกความสูงของต้น ความยาวราก ทุก 7 วันเป็นเวลา 42 วัน หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองทำการชั่งน้ำหนักสด และนำชิ้นส่วนต่างๆของพืชใส่กระดาษสีน้ำตาล อบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำตัวชี้วัดทั้งหมดไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างค่าดังกล่าวของพืชชนิดต่างๆ โดยวิธี Turkey's HSD test



ภาพที่ 20 โรงเรือนทดสอบการใช้เชื้อราโรคแมลงควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ในสภาพโรงเรือนปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. ศึกษาความสามารถในการก่อให้เกิดโรคแมลงและความรุนแรงของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi*

การทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคแมลงและความรุนแรงของเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ที่ความหนาแน่นสปอร์ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* พบว่าเชื้อราโรคแมลงทั้งสองชนิดสามารถก่อให้เกิดโรคกับเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ได้ ที่เวลา 24 – 72 ชั่วโมง เชื้อราโรคแมลงทั้งสองชนิดมีความสามารถในการเข้าทำลายเพลี้ยอ่อนผักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนที่ช่วงเวลา 96 ชั่วโมง เชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 สามาถเข้าทำลายเพลี้ยอ่อนผักได้รุงแรง โดยพบเปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยอ่อนผักเท่ากับ 100.0 ± 0.0 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากเชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* PSUB01 และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ($P<0.01$) (ตารางที่ 2)

ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Ekesi และคณะ. (2000) พบว่าเชื้อรา *M. anisopliae* และ *B. bassiana* ที่ความหนานแน่นสปอร์ 1×10^8 ส่งผลให้เพลี้ยอ่อนถั่ว *Aphis craccivora* ตายถึง 60-100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทดสอบเชื้อราทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้นสูงส่งผลให้แมลงศัตรูพืชชนิดอื่นๆ ตายมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และแมลงมีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น เช่น เมื่อทดสอบเชื้อรา *M. anisopliae* ในแมลงวันแตง *Zeugodacus cucurbitae* (Couqillett) ที่ระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ส่งผลให้แมลงวันแตงตาย 40.00, 83.33, 96.67 และ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ปาณิศา, 2559)

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)

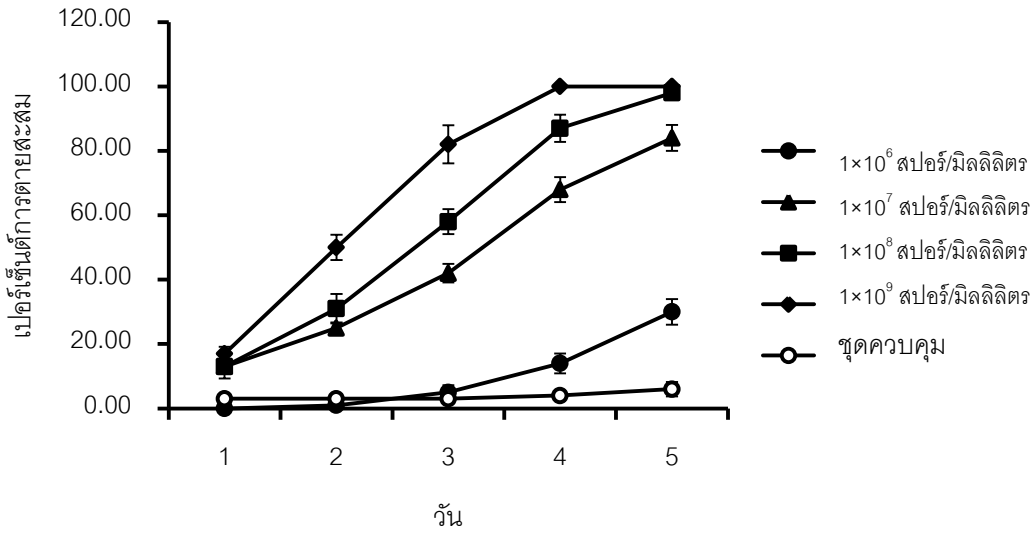
ชุดการทดลอง	ระยะเวลาหลังจากทดสอบ (ชั่วโมง)[1/]			
	24	48	72	96
M. guizhouense PSUM04	17.0 ± 2.1[a]	50.0 ± 3.9[a]	82.0 ± 5.9[a]	100.0 ± 0.0[a]
B. bassiana PSUB01	22.0 ± 5.3[a]	43.0 ± 7.0[a]	75.0 ± 7.0[a]	89.0 ± 0.0[b]
ชุดควบคุม	3.0 ± 1.5[b]	3.0 ± 1.5[b]	3.0 ± 1.5[b]	4.0 ± 1.6[c]
F-test	**	**	**	**

[1/]ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายใต้คอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01, **) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test

2. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสปอร์เชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveri. bassiana* PSUB01 ในการก่อให้เกิดโรคต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi*

จากการศึกษาความหนาแน่นของสปอร์เชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ 1×10^6, 1×10^7, 1×10^8 และ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร ต่อการเกิดโรคของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* พบว่า เพลี้ยอ่อนผักมีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นในทุกความหนาแน่นของสปอร์เชื้อราเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยความหนาแน่นที่ 1×10^7, 1×10^8 และ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของเพลี้ยอ่อนผักในวันที่ 5 เท่ากับ 84.00±4.00, 98.00±1.33 และ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 21)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Batol (2015) พบว่าหลังจากพ่นเชื้อรา *M. anisopliae* ที่ความหนาแน่น 1×10^4, 1×10^5 และ 1×10^6 สปอร์/มิลลิลิตร ส่งผลให้เพลี้ยอ่อน *Macrosiphum rose* มีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และยังส่งผลให้แมลงศัตรูพืชชนิดอื่น เช่น หนอนแมลงวันผลไม้ *Ceratitis capitata* มีเปอร์เซ็นต์การตาย 40-70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการทดสอบด้วยเชื้อรา *M. anisopliae* (Khalaywi *et al.,* 2014)



ภาพที่ 21 เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยสะสม (mean ± SEM) ของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ในสภาพห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ของอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* เมื่อมีการใช้สปอร์แขวนลอยเชื้อราที่ความหนาแน่นระดับต่างๆ พบว่า อัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยของเพลี้ยอ่อนผักที่พ่นด้วยสปอร์แขวนลอยที่ระดับความหนาแน่นที่ 1×10^7, 1×10^8 และ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร มีระยะเวลาการรอดชีวิตเฉลี่ย เท่ากับ 3.50±0.06, 3.11±0.12 และ 2.51±0.10 วัน ตามลำดับ ส่งผลให้เพลี้ยอ่อนผักมีการรอดชีวิตน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสปอร์แขวนลอยที่ระดับความหนาแน่นที่ 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 3)

นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อรา *M. anisopliae* ยังมีผลต่อระยะเวลาการรอดชีวิตเฉลี่ย 2-5 วัน เมื่อนำไปทดสอบใน ตัวอ่อนหมัด *Xenopsylla brasiliensis* (Rothschild) (Mnyone *et al*., 2012) และ ยุงลาย *Aedes aegypti* (Linneaus) (Paula *et al.,* 2008) อีกด้วย

ส่วนค่า LT_{50} และ LT_{90} ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร มีค่าต่ำที่สุด คือ 2.00 ± 0.10 และ 3.08 ± 0.18 วัน ตามลำดับ แตกต่างจากระดับความหนาแน่น

ของสปอร์ 1×10^6, 1×10^7 และ 1×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 4)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ekesi และคณะ (2000) ที่ทดสอบเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท CPD4 และ CPD5 ในเพลี้ยอ่อนถั่ว *A. craccivora* ที่ความหนาแน่นสปอร์ 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร พบว่ามีค่า LT_{50} เท่ากับ 3.5 และ 3.6 วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับกับงานทดลองของ Butt และคณะ (1994) พบว่าเชื้อราดังกล่าวส่งผลให้เพลี้ยอ่อน *Myzus persicae* (Sulzer) และ *L. erysimi* มีค่า LT_{50} เท่ากับ 10.0 และ 9.5 วัน เมื่อใช้ความหนาแน่นสปอร์ที่ 1×10^7 สปอร์/มิลลิลิตร

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ในห้องปฏิบัติการ

ความหนาแน่นสปอร์เชื้อรา	ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) (mean ± SEM)[1/]	ช่วงค่าความเชื่อมั่น 95%	
		ต่ำสุด	สูงสุด
1×10^9	2.51 ± 0.10^a	2.32	2.70
1×10^8	3.11 ± 0.12^b	2.87	3.35
1×10^7	3.50 ± 0.06^c	3.23	3.77
1×10^6	4.80 ± 0.06^d	4.69	4.91
Control	4.87 ± 0.06^d	4.73	5.00
F-test	**		

[1/]ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายใต้คอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$, **) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) จำกัดที่ 5 วัน

ตารางที่ 4 ค่า Lethal time (LT_{50} and LT_{90}) (mean ± SEM) ของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ในห้องปฏิบัติการ

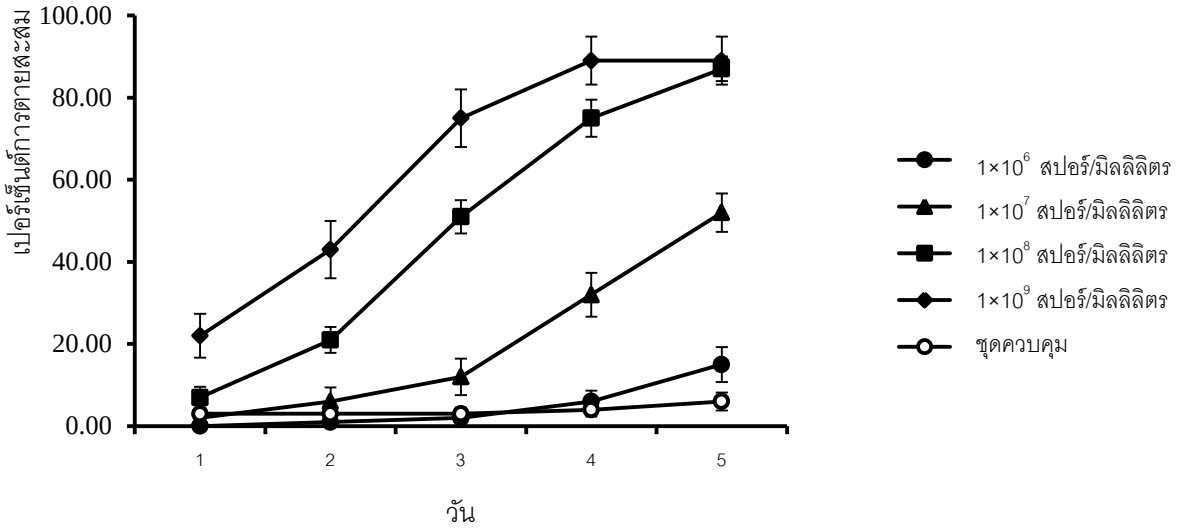
ความหนาแน่นสปอร์เชื้อรา	Lethal time (day)[1/]	
	LT_{50}	LT_{90}
1×10^9	2.00 ± 0.10[a]	3.08 ± 0.18[a]
1×10^8	2.63 ± 0.13[b]	4.09 ± 0.18[b]
1×10^7	3.27 ± 0.13[c]	5.45 ± 0.27[c]
1×10^6	5.68 ± 0.21[d]	7.47 ± 0.38[d]
F-test	**	**

[1/]ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายใต้คอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01, **) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) จำกัดที่ 5 วัน

สำหรับความหนาแน่นของสปอร์เชื้อรา *B. bassiana* PSUB01 ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ 1×10^6, 1×10^7, 1×10^8 และ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร ต่อการเกิดโรคของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* พบว่า เพลี้ยอ่อนผักมีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมเพิ่มสูงขึ้นและทำให้ตายเมื่อระยะเพิ่มมากขึ้นในทุกความหนาแน่นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยความหนาแน่นของสปอร์ ที่ 1×10^6, 1×10^7, 1×10^8 และ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของเพลี้ยอ่อนในวันที่ 5 เท่ากับ 15.00 ± 4.28, 52.00 ± 4.67, 87.00 ± 3.00 และ 89.00 ± 5.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 22)

Akmal และคณะ (2013) ได้ใช้เชื้อรา *B. bassiana* ในการควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* โดยใช้ความหนาแน่นสปอร์ที่ 1×10^6, 1×10^7 และ 1×10^8 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน เพลี้ยอ่อนตาย 50-100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีเปอร์เซ็นต์การตาย

นอกจากนี้ยังมีการรายงานเปอร์เซ็นต์การตายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของหนอนแมลงวันผลไม้ *Ceratitis capitata* (Wiedemann) เมื่อทดสอบด้วยเชื้อรา *B. bassiana* ที่ความหนาแน่นสปอร์ 1×10^6, 1×10^7 และ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร (Khlaywi *et al.,* 2014)



ภาพที่ 22 เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยสะสม (mean ± SEM) ของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 ในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ของอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* เมื่อมีการใช้สปอร์แขวนลอยเชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* PSUB01 ที่ความหนาแน่นระดับต่างๆ พบว่าอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยของเพลี้ยอ่อนผักที่พ่นด้วยสปอร์แขวนลอยที่ระดับความหนาแน่นที่ 1×10^8 และ 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร มีระยะเวลาอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยเท่ากับ 3.46 ± 0.12 และ 2.71 ± 0.12 วัน ซึ่งส่งผลให้เพลี้ยอ่อนผักมีการรอดชีวิตน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสปอร์แขวนลอยที่ระดับความหนาแน่นที่ 1×10^6, 1×10^7 สปอร์/มิลลิลิตร และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 5)

นอกจากเชื้อรา *B. bassiana* จะส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตของเพลี้ยอ่อนผักแล้ว ยังพบว่ามีผลต่ออัตราการรอดชีวิตที่ต่ำกว่า 2 วันของตัวอ่อนหมัด *X. brasiliensis* อีกด้วย (Mnyone *et al*., 2012) ส่วนค่า LT_{50} ที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ที่ 1×10^9 ให้ค่าต่ำที่สุด คือ 2.39 ± 0.31 ซึ่งแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 6)

เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ekesi และคณะ (2000) ที่ทดสอบเชื้อรา *B. bassiana* ในเพลี้ยอ่อนถั่ว *A. craccivora* ที่ความหนาแน่นสปอร์ 1×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร พบว่ามีค่า LT_{50} เท่ากับ 3.5 วัน และเมื่อใช้เชื้อราที่ความหนาแน่นสปอร์ 2×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ในเพลี้ยอ่อน *M. persicae* ส่งผลให้มีค่า LT_{50} เท่ากับ 5.5 วัน (Abdel-Raheem *et al.,* 2016)

ส่วนที่ระดับความหนาแน่นของสปอร์ที่ 1×10^8 และ 1×10^9 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีค่า LT_{90} เท่ากับ 4.06 ± 0.53 และ 4.85 ± 0.24 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่แตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) (ตารางที่ 7) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ค่า LC_{50} และ LC_{90} ที่ระยะเวลา 15 วัน ของเชื้อราทั้งสองชนิด พบว่าเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 มีค่า LC_{50} และ LC_{90} ต่ำกว่าเชื้อรา *B. bassiana* PSUM01 อยู่ที่ 8.5 และ 17.8 เท่า และแตกต่างกันอย่างมีนัยยิ่งสำคัญทางสถิติ (P<0.01) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 ในห้องปฏิบัติการ

ความหนาแน่นสปอร์เชื้อรา	ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) (mean ± SEM)[1/]	ช่วงค่าความเชื่อมั่นที่ 95%	
		ต่ำสุด	สูงสุด
1×10^9	2.71 ± 0.12[a]	2.46	2.95
1×10^8	3.46 ± 0.12[b]	3.22	3.69
1×10^7	4.48 ± 0.09[c]	4.29	4.66
1×10^6	4.91 ± 0.04[c]	4.83	4.99
Control	4.87 ± 0.06[c]	4.73	5.00
F-test	**		

[1/]ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายใต้คอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01, **) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) จำกัดที่ 15 วัน

ตารางที่ 6 ค่า Lethal time (LT_{50} and LT_{90}) (mean ± SEM) ของเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 ที่ระดับความหนาแน่นต่างๆ ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ในห้องปฏิบัติการ

ความหนาแน่นสปอร์เชื้อรา	Lethal time (day)[1/]	
	LT_{50}	LT_{90}
1×10^{9}	2.39 ± 0.31^{a}	4.06 ± 0.53^{a}
1×10^{8}	3.13 ± 0.15^{b}	4.85 ± 0.24^{a}
1×10^{7}	6.05 ± 0.25^{c}	6.67 ± 0.35^{b}
1×10^{6}	6.05 ± 0.23^{c}	7.90 ± 0.56^{b}
F-test	**	**

[1/]ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายใต้คอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01, **) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test

ตารางที่ 7. ค่า Lethal concentration (LC_{50} and LC_{90}) (mean ± SEM) ของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา ที่ระยะเวลา 15 วัน

เชื้อรา	Lethal concentration (spore/ml)[1/]	
	LC_{50}	LC_{90}
M. guizhouense PSUM04	1.67×10^{7a}	4.75×10^{7a}
B. bassiana PSUB01	1.42×10^{8b}	8.45×10^{8b}
χ^2 test	9.893	71.261
P value	0.0017**	0.0000**

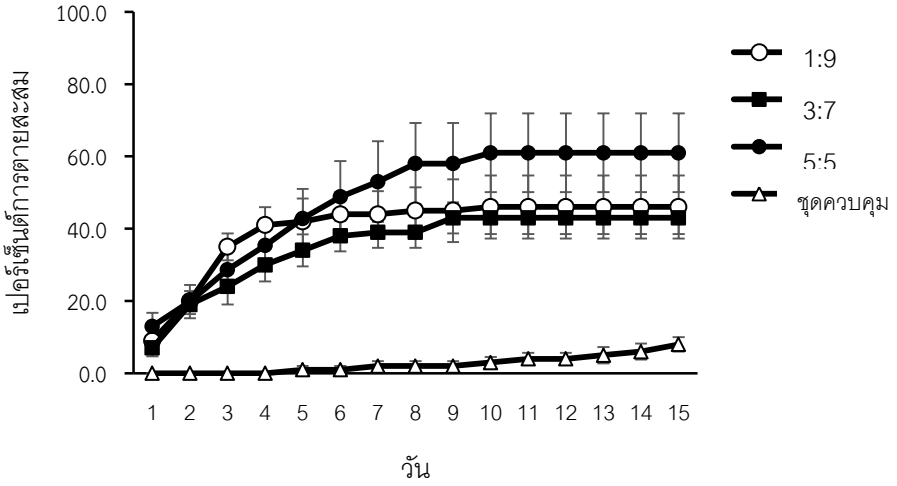
[1/]ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายใต้คอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Chi-square test

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

3. **ศึกษาการถ่ายทอดเชื้อราโรคแมลง** *Metarhizium guizhouense* PSUM04 **และ** *Beauveria bassiana* PSUB01 **ในประชากรเพลี้ยอ่อนผัก** *Lipaphis erysimi*

จากการศึกษาการถ่ายทอดเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 ของประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ติดเชื้อราไปสู่ประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติ พบว่าอัตราส่วนของประชากรเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อราต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติในอัตราส่วน 5 : 5 สามารถถ่ายทอดเชื้อไปสู่ประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติได้ (ภาพที่ 25 ก) สูงกว่าประชาการเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อราต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติในอัตราส่วน 3 : 7 และ 1 : 9 โดยพบค่าเปอร์เซ็นต์การตายสะสมสูงสุดเท่ากับ 61.0 ± 18.0 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 10 หลังจากเริ่มทดสอบ สำหรับอัตราส่วนของประชากรเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อราต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติในอัตราส่วน 3:7 และ 1:9 พบค่าเปอร์เซ็นต์การตายสะสมสูงสุดเท่ากับ 43.0 ± 8.7 และ 46 ± 4.5 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 10 หลังจากเริ่มทดสอบ ส่วนชุดควบคุมพบเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของเพลี้ยอ่อนผักต่ำกว่า 8.0 ± 2.0 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 23)

นอกจากนี้ยังพบการรายงานการแพร่กระจายของเชื้อรา *M. anisopliae* ในแมลงชนิดอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น ยุงก้นปล่อง *Anopheles gambiae* (Giles) สามารถถ่ายทอดเชื้อราจากเพศเมียสู่เพศผู้ในอัตราส่วน 1:10 และส่งผลให้เพศผู้มีเปอร์เซ็นต์การตาย 33 เปอร์เซ็นต์ (Ernst-Jan *et al*., 2004) ส่วนแมลงสาบเยอรมัน *Blatella germanica* (Linneaus) มีเปอร์เซ็นต์การตาย 87.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการถ่ายทอดเชื้อราจากประชากรแมลงสาบที่ติดเชื้อสู่ประชากรแมลงสาบปกติในอัตราส่วน 1:10 (Quesada-Moraga *et al.,* 2004) และแมลงวันผลไม้ *C. capitata* สามารถถ่ายทอดเชื้อราจากเพศผู้ที่ติดเชื้อรา และเพศเมียที่ไม่ติดเชื้อราในอัตราส่วน 1:10 ได้เช่นเดียวกัน (Quesada-Moraga *et al.,* 2008)



ภาพที่ 23 เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยสะสม (mean ± SEM) ของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่มีอัตราการแพร่กระจายเชื้อราของเพลี้ยอ่อนที่ติดเชื้อราต่อเพลี้ยอ่อนปกติที่แตกต่างกันของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ของอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ย (Average Survival Time, AST) ของประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ติดเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 ต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติ พบว่าอัตราส่วนของประชากรเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อราต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติในอัตราส่วน 5 : 5, 3 : 7 และ 1 : 9 มีค่า AST ที่ใกล้เคียงกัน คือ 8.43 ± 0.5, 10.12 ± 0.58 และ 9.56 ± 0.61 วัน และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าแตกต่างจากชุดควบคุมที่มีค่า AST เท่ากับ 15.00 ± 0.00 วัน อย่างมีนัยสำคัญ (F = 252.549, df = 3, P < 0.01) (ตารางที่ 8)

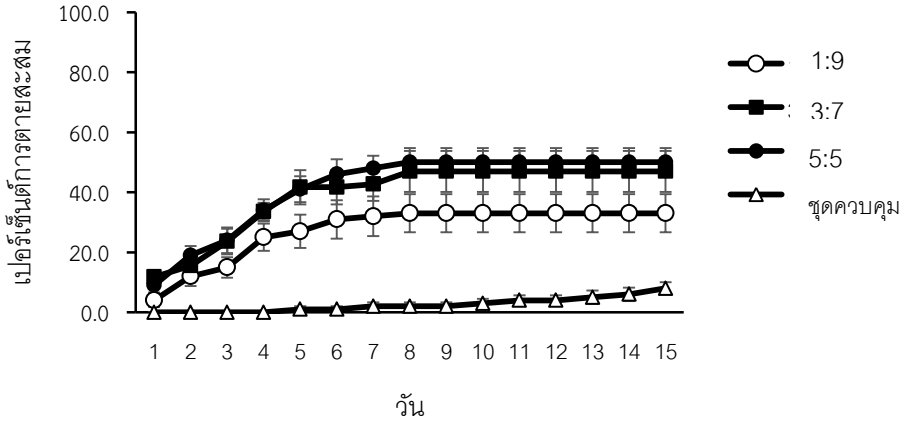
และยังพบว่าเชื้อรา *M. guizhouense* มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของแมลงวันผลไม้ *B. cucurbitae* เมื่อตัวเต็มวัยของแมลงวันแตงเพศผู้ที่ติดเชื้อราถ่ายทอดเชื้อราไปสู่แมลงวันแตงเพศเมียปกติ พบว่าแมลงวันแตงแมลงวันแตงเพศผู้ที่ติดเชื้อรามีค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตต่ำสุดเท่ากับ 6.16 ± 0.19 วัน รองลงมาคือแมลงวันแตงเพศเมียปกติที่อยู่ภายในกรงเดียวกันกับเพศผู้ที่ติดเชื้อราซึ่งมีค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตเท่ากับ 11.10 ± 0.55 วัน (ปาณิศา, 2559)

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และไม่ติดเชื้อราในห้องปฏิบัติการ

สัดส่วนแมลง (ติดเชื้อ:ไม่ติดเชื้อ)	ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) (day) (mean ± SEM)[1/]	ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%	
		ต่ำสุด	สูงสุด
1 : 9	9.56 ± 0.61[a]	8.36	10.76
3 : 7	10.12 ± 0.58[a]	8.98	11.26
5 : 5	8.43 ± 0.56[a]	7.33	9.53
Control	15.00 ± 0.00[b]	15.00	15.00
F-test	**		

[1/]ตัวอักษรที่เหมือนกันภายใต้คอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01, **) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) จำกัดที่ 15 วัน

การศึกษาการถ่ายทอดเชื้อรา *B. bassiana* PSUB01 ของประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ติดเชื้อราไปสู่ประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติ พบว่าอัตราส่วนของประชากรเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อราต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติในอัตราส่วน 5 : 5 และ 3 : 7 สามารถถ่ายทอดเชื้อราไปสู่ประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติได้ สูงกว่าประชากรเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อราต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติในอัตราส่วน 1 : 9 โดยพบค่าเปอร์เซ็นต์การตายสะสมเท่ากับ 50.0 ± 4.7 และ 47.0 ± 6.8 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 8 หลังจากเริ่มทดสอบ สำหรับอัตราส่วน 1 : 9 พบค่าเปอร์เซ็นต์การตายสะสมสูงสุดเท่ากับ 33.0 ± 6.3 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 8 หลังจากเริ่มทดสอบ ส่วนชุดควบคุมพบเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของเพลี้ยอ่อนผักต่ำกว่า 8.0 ± 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 15 หลังจากเริ่มทดสอบ (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยสะสม (mean ± SEM) ของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่มีอัตราการแพร่กระจายเชื้อราของเพลี้ยอ่อนที่ติดเชื้อราต่อเพลี้ยอ่อนปกติที่แตกต่างกันของเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 ในห้องปฏิบัติการ

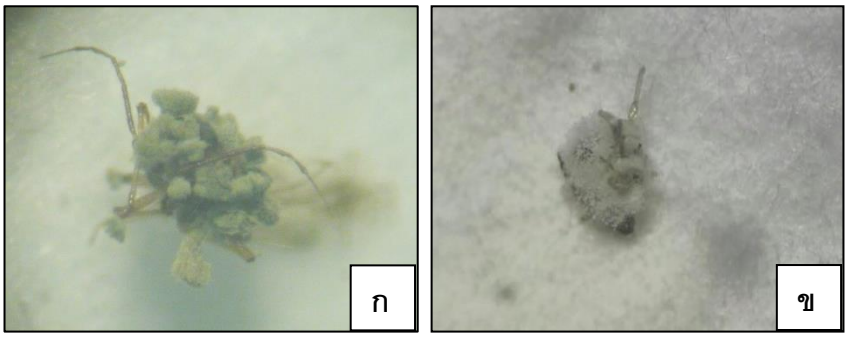
การวิเคราะห์ Kaplan-Meier ของอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ย (Average Survival Time, AST) ของประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ติดเชื้อรา *B. bassiana* PSUB01 ต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติ พบว่าอัตราส่วนของประชากรเพลี้ยอ่อนผักที่ติดเชื้อราต่อประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติในอัตราส่วน 5:5, 3:7 และ 1:9 มีค่า AST ที่ใกล้เคียงกัน คือ 9.29 ± 0.59, 9.50 ±.60 และ 9.72 ± 0.58 วัน และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าแตกต่างจากชุดควบคุมที่มีค่า AST เท่ากับ 15.00 ± 0.00 วัน อย่างมีนัยสำคัญ ($F = 227.525$, $df = 3$, $P = 0.000$) (ตารางที่ 9)

และยังพบว่าแมลงในอันดับ coleoptera สามารถถ่ายทอดเชื้อราได้เช่นเดียวกัน เช่น ด้วง *C. sordidus* มีเปอร์เซ็นต์การตายสะสม 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีถ่ายทอดเชื้อราจากตัวเต็มวัยที่ติดเชื้อไปสู่ตัวเต็มวัยปกติ ในอัตราส่วน 2 : 10 สอดคล้องกับการทดลองของ Lopes และคณะ (2011) เช่นเดียวกับการทดลองของ Kreutz และคณะ (2010) ในด้วง *Ips typoraphus* (Linneaus) ที่มีเปอร์เซ็นต์การตายสะสม 77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดลองในอัตราส่วน 1:5 ตัว ภาพเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ถูกเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 แสดงไว้ในภาพที่ 25

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ Kaplan-Meier เฉลี่ยการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ติดเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUB01 และไม่ติดเชื้อรา ในห้องปฏิบัติการ

สัดส่วน (ติดเชื้อ:ไม่ติดเชื้อ)	ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) (mean ± SEM)[1/]	ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%	
		ต่ำสุด	สูงสุด
1 : 9	9.72 ± 0.58[a]	8.58	10.86
3 : 7	9.50 ± 0.60[a]	8.33	10.67
5 : 5	9.29 ± 0.59[a]	8.14	10.44
Control	15.00 ± 0.00[b]	15.00	15.00
F-test	**		

[1/]ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายใต้คอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01, **) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test ค่าเฉลี่ยการรอดชีวิต (AST) จำกัดที่ 15 วัน



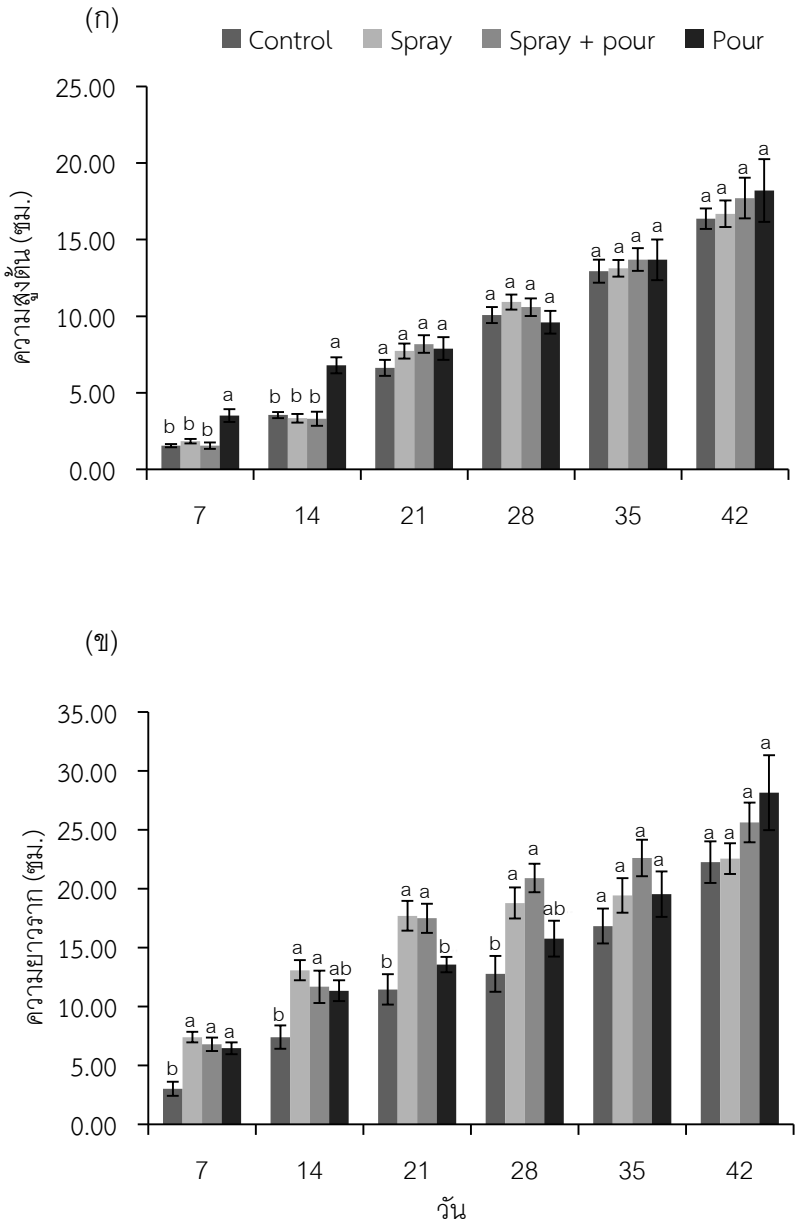
ภาพที่ 25 ลักษณะของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ที่ถูกเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 (ก) และ *Beauveria bassiana* PSUB01 เข้าทำลาย (ข)

4. การศึกษาผลของวิธีการใช้เชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ต่อการเจริญและครอบครองส่วนต่าง ๆของต้นคะน้าในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

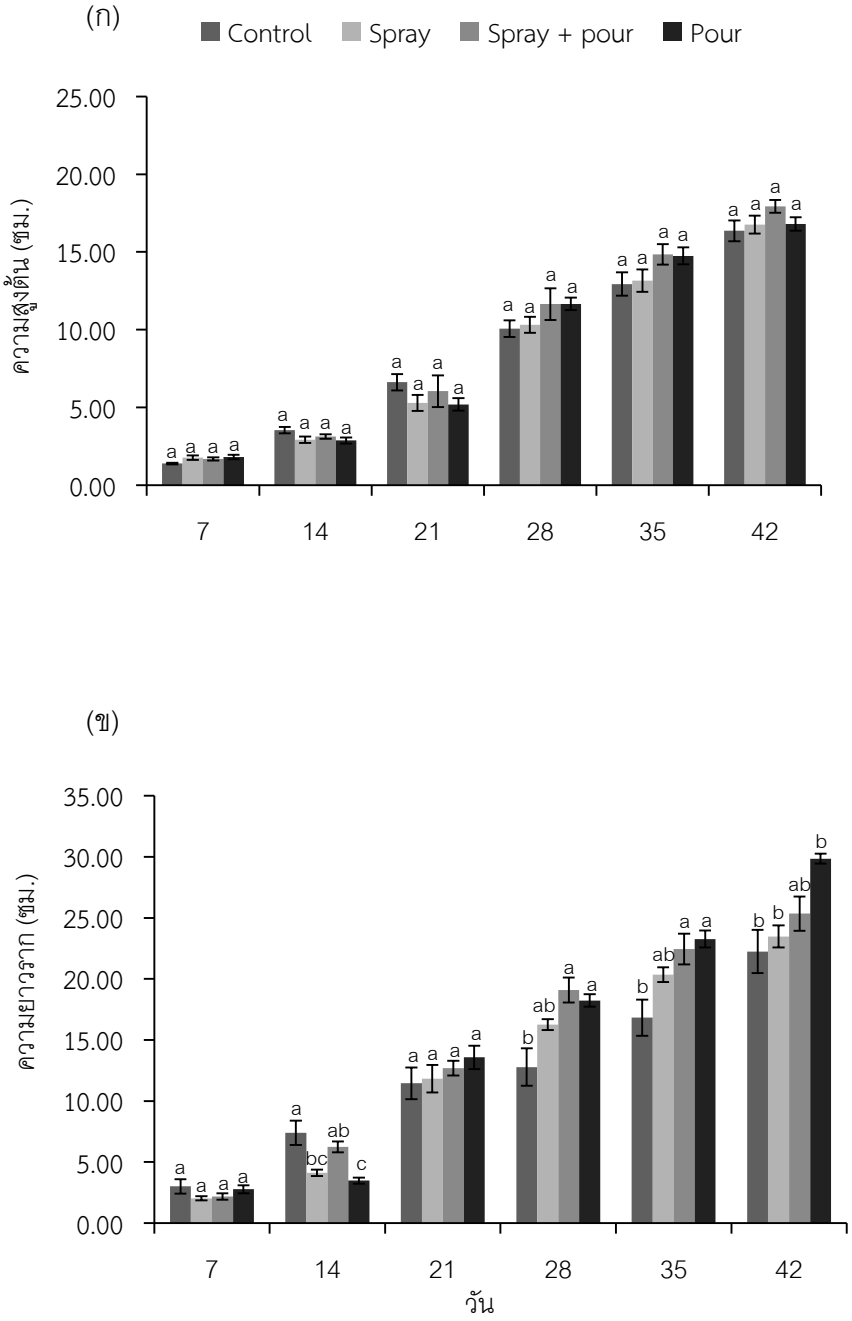
การทดลองย่อยที่ 1 สภาวะที่ต้นคะน้าไม่มีเพลี้ยอ่อนผัก

จากการศึกษาผลของการส่งเสริมการเจริญของต้นคะน้าของเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 ในวันที่ 7 และ 14 หลังจากการใช้เชื้อรา การใช้เชื้อราแบบเทลงในระบบรากช่วยส่งเสริมความสูงของต้นคะน้าได้มากกว่ากรรมวิธีการอื่นๆ แต่หลังจากวันที่ 21 ถึงวันที่ 42 ความสูงของต้นคะน้าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 26ก) ส่วนความยาวรากพบว่า ในวันที่ 7 และ 14 หลังจากการใช้เชื้อรา ทุกกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรามีแนวโน้มของความยาวรากมากกว่าชุดควบคุม ในวันที่ 21 และ 28 กรรมวิธีการพ่นทางใบ และการพ่นทางใบร่วมกับการเทลงในระบบรากมีความยาวรากมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนในวันที่ 35 และ 42 ความยาวรากของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 26ข)

สำหรับการศึกษาผลของการส่งเสริมการเจริญของต้นคะน้าของเชื้อรา *B. bassiana* PSUB01 ความสูงของต้นคะน้าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 27ก) ส่วนความยาวรากให้ผลเช่นเดียวกันกับความสูงของต้นคะน้า โดยไม่พบความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี ยกเว้นในวันที่ 42 หลังจากการใช้เชื้อรา การใช้เชื้อรา *B. bassiana* PSUB01 เทในระบบรากมีแนวโน้มของความยากยากมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 27ข)

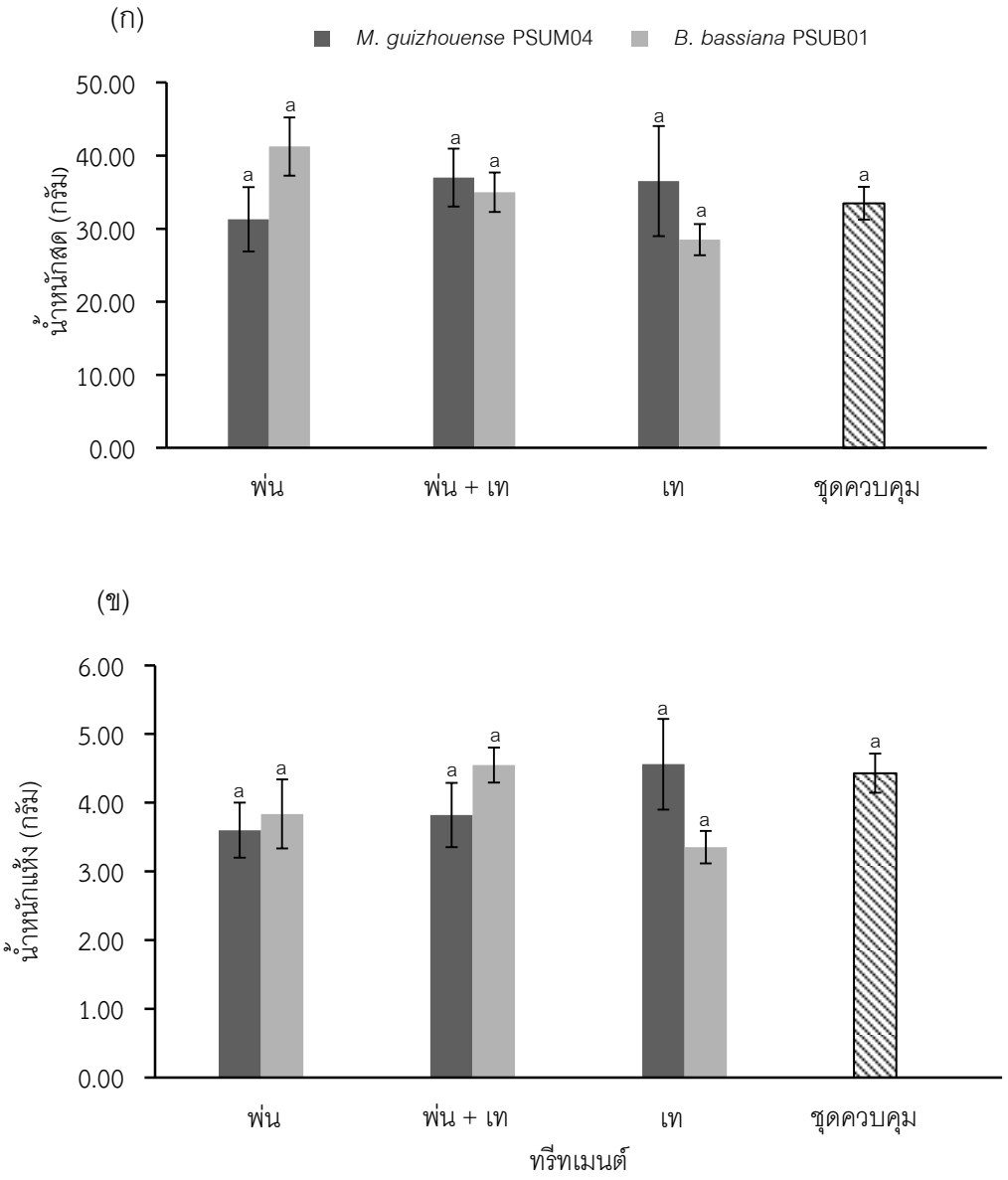


ภาพที่ 26 ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test



ภาพที่ 27 ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Beauveria bassiana* PSUB01 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test

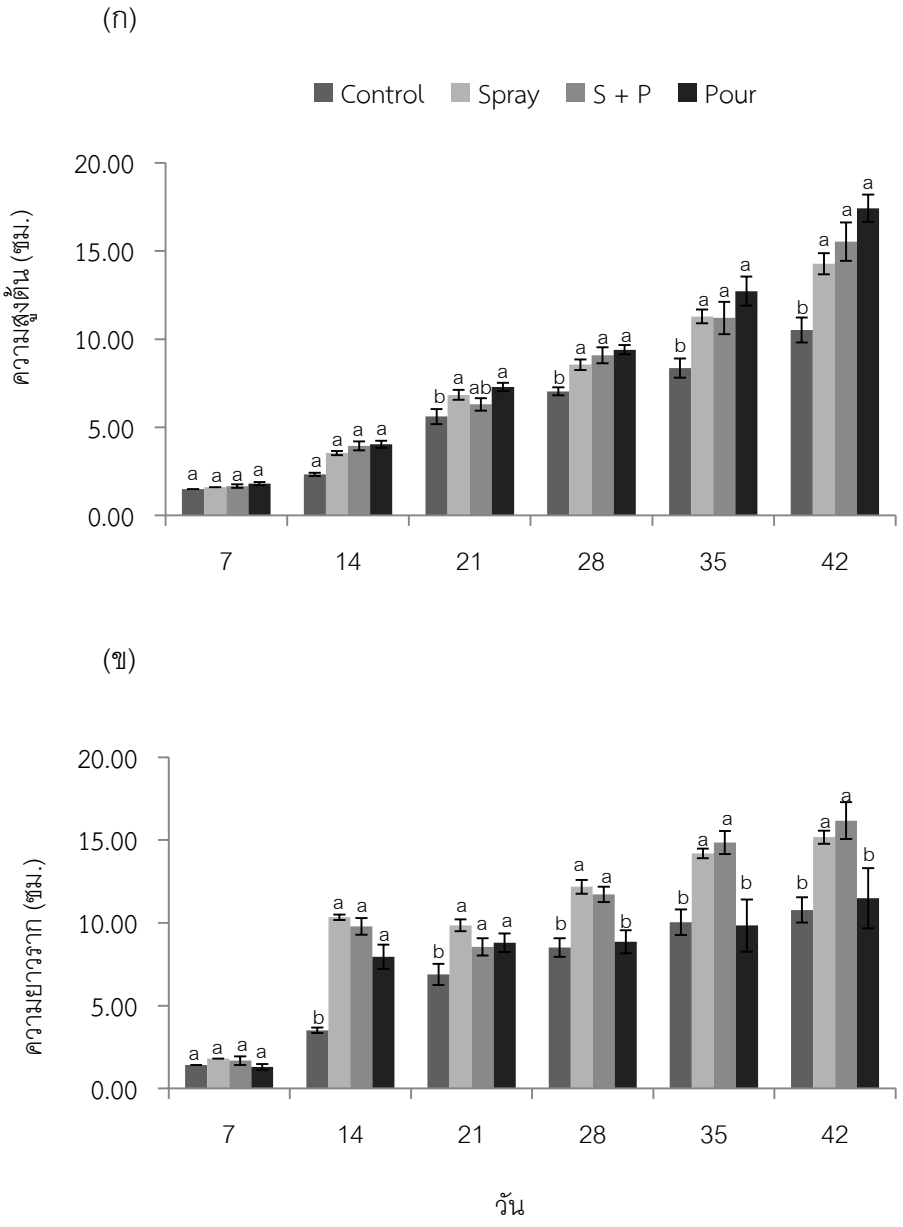
สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นคะน้าหลังการใช้เชื้อราโรคแมลงทั้งสองชนิด พบว่าเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ของทุกกรรมวิธี (พ่นทางใบ พ่นทางใบร่วมกับเทในระบบราก และ เทในระบบราก) ไม่มีความแตกต่างกันของทั้งน้ำหนักสด (ภาพที่ 28ก) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 29ข)



ภาพที่ 28 น้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยวิธีการที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ทุกทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test

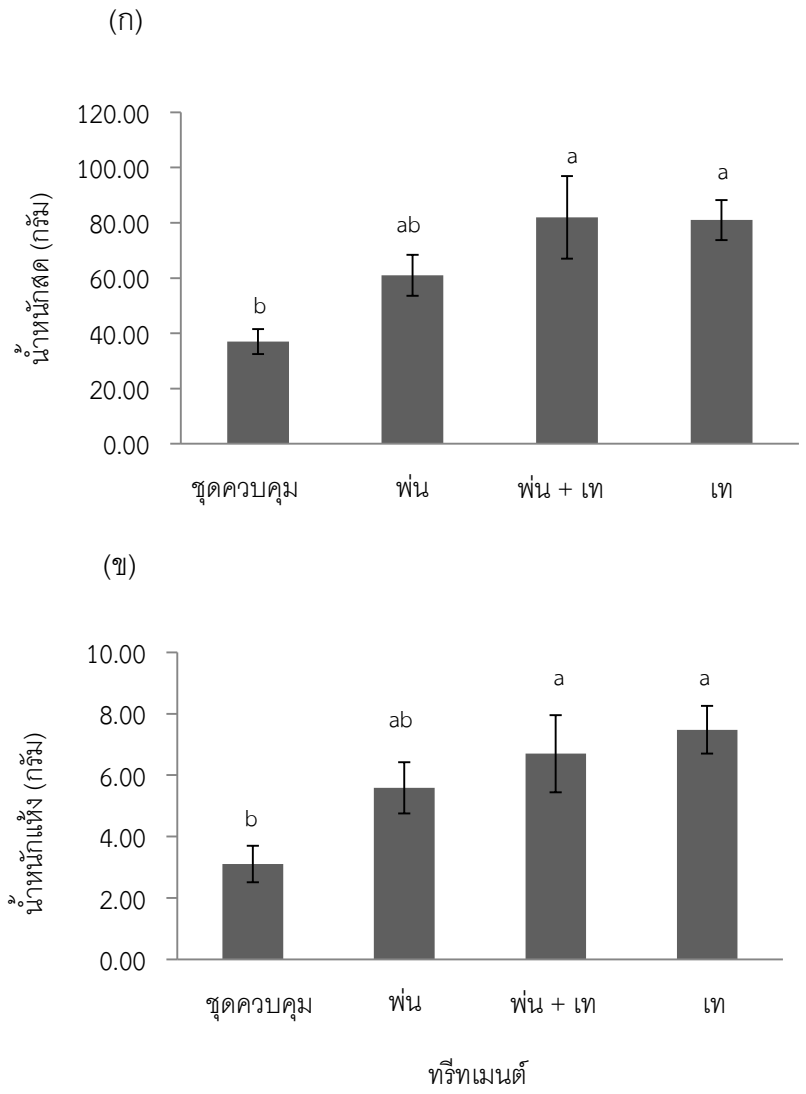
การทดลองย่อยที่ 2 สภาวะที่ต้นคะน้ามีเพลี้ยอ่อนผัก

จากการศึกษาผลของการส่งเสริมความทนทานของต้นคะน้าต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนผักของเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 ในวันที่ 7 และ 14 หลังจากการใช้เชื้อราและก่อนการปล่อยเพลี้ยอ่อนผักลงบนต้นคะน้า พบว่า การใช้เชื้อราแบบพ่นทางใบ การเทในระบบราก และการพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบราก ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ใช่เชื้อรา (P>0.05) แต่หลังจากวันที่ 21-42 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผักบนต้นคะน้า พบว่าต้นคะน้าที่ใช้เชื้อราทุกกรรมวิธีมีความสูงของต้นคะน้ามากกว่าชุดควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ภาพที่ 29ก)ส่วนความยาวรากพบว่า ในวันที่ 7 และ 14 หลังจากการใช้เชื้อราและก่อนการปล่อยเพลี้ยอ่อนผักลงบนต้นคะน้า พบว่า การใช้เชื้อราแบบพ่นทางใบ การเทในระบบราก และการพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบราก ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ใช่เชื้อรา (P<0.05) แต่หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผักลงบนต้นคะน้า พบว่าในวันที่ 21, 35 และ 42 ความยาวรากของต้นคะน้าของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ภาพที่ 29ข) ยกเว้นวันที่ 28 พบว่าความยาวรากของต้นคะน้าที่ใช้เชื้อราแบบพ่นทางใบ และพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบราก แตกต่างจากการเทในระบบราก และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

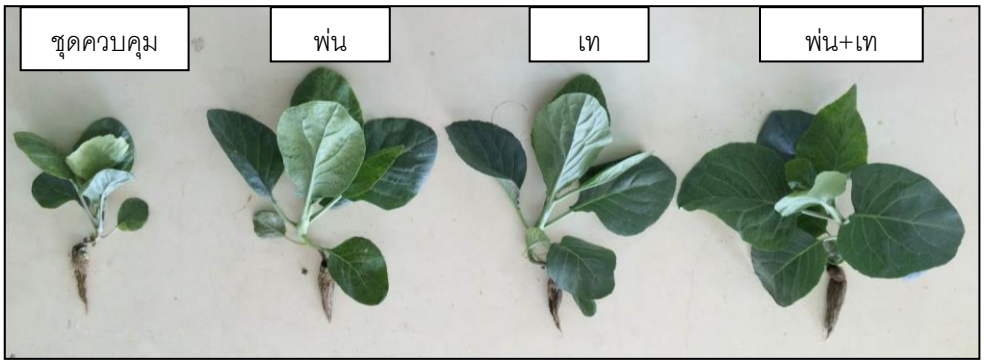


ภาพที่ 29 ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test

สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นคะน้าหลังการใช้เชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 พบว่ากรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อราพ่นทางใบร่วมกับเทในระบบราก และการเทในระบบราก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้เชื้อรา (P<0.05) ของทั้งน้ำหนักสด (ภาพที่ 30ก) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 30ข) ส่วนรูปของต้นคะน้าที่มีการปล่อยเพลี้ยอ่อนผักร่วมด้วยได้แสดงในภาพที่ 31



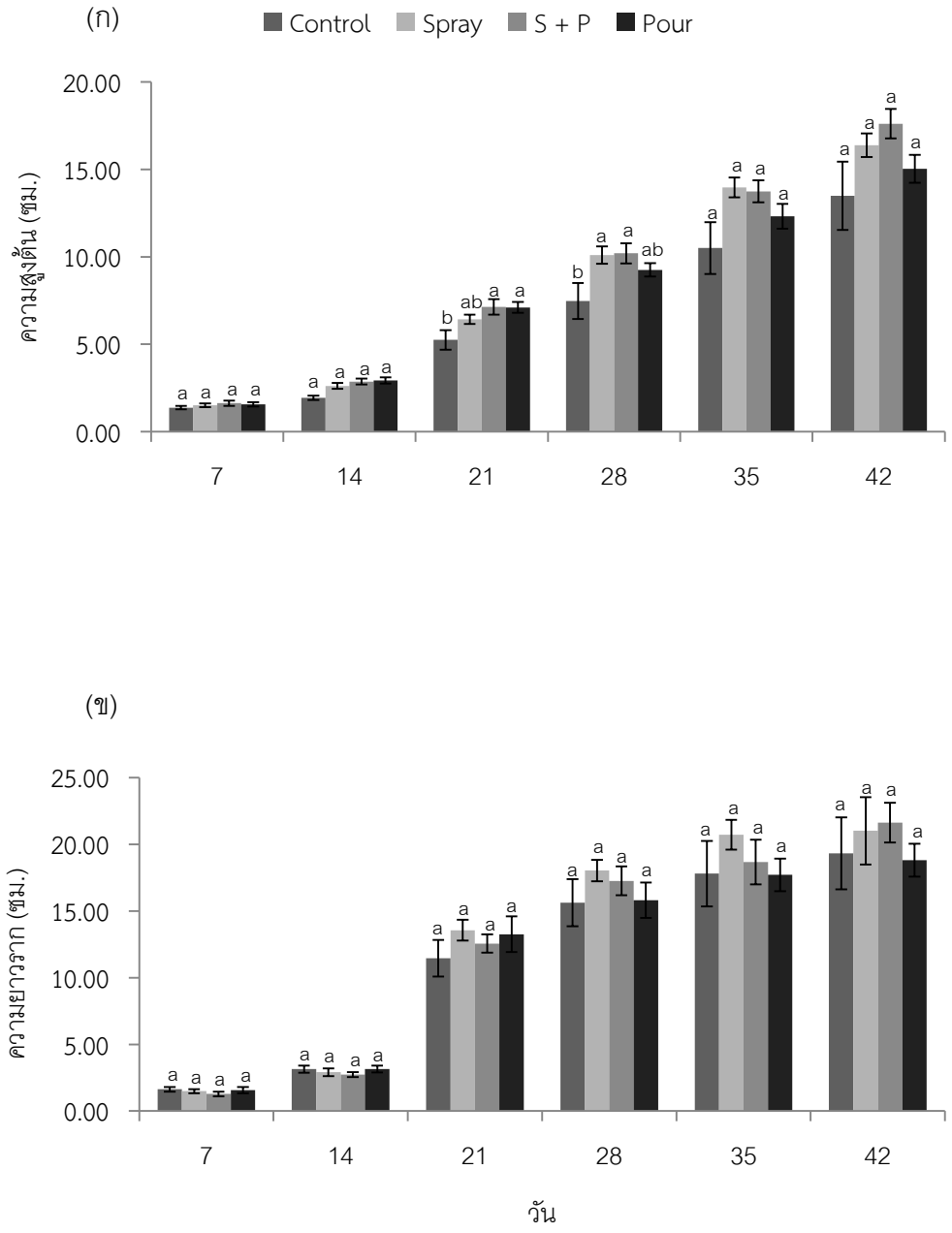
ภาพที่ 30 น้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยวิธีการที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test



ภาพที่ 31 ลักษณะของต้นคะน้าอายุ 42 วัน หลังจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) และทดสอบด้วยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ที่ระดับความหนาแน่น 1×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ด้วยกรรมวิธี การพ่น การเท และพ่นร่วมกับเท ทุก 7 วันโดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม

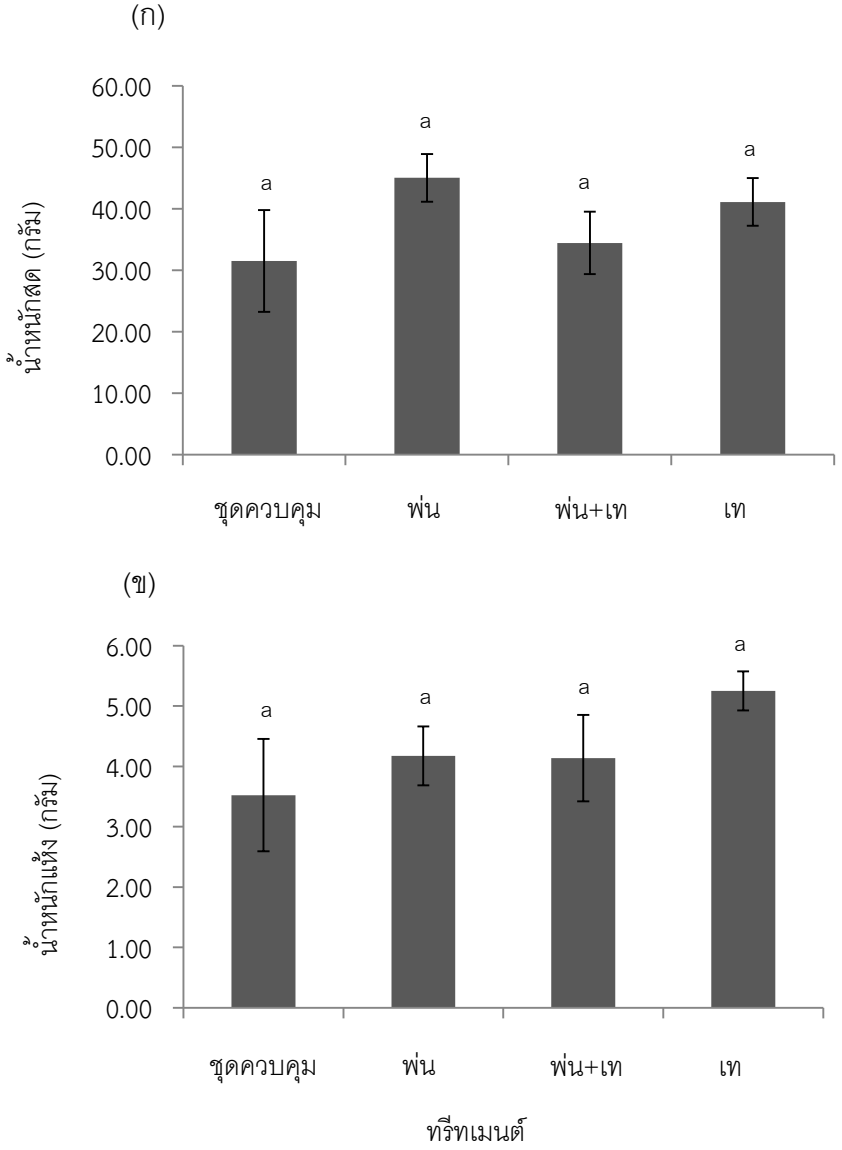
สำหรับผลของการส่งเสริมความทนทานของต้นคะน้าต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ของเชื้อรา *B. bassiana* ในวันที่ 7 และ 14 หลังจากการใช้เชื้อราและก่อนการปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ลงบนต้นคะน้า พบว่า การใช้เชื้อราแบบพ่นทางใบ การเทในระบบราก และการพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบราก ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ใช่เชื้อรา ($P>0.05$) แต่หลังจากวันที่ 21 และ 28 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* บนต้นคะน้า พบว่าต้นคะน้าที่ใช้เชื้อราทุกกรรมวิธีมีความสูงของต้นคะน้ามากกว่าชุดควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ภาพที่ 32ก) และพบว่าในวันที่ 35 และ 42 ต้นคะน้าที่มีการใช้เชื้อราแบบพ่นทางใบ การเทในระบบราก และการพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบราก ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ใช่เชื้อรา ($P>0.05$) ส่วนความยาวรากของต้นคะน้าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาพที่ 32ข)

นอกจากนี้เชื้อราทั้งสองชนิดยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่นได้อีกด้วย เช่น ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นสตอเบอรี่ ส่งผลให้ผลผลิตมีคุณภาพดี และสามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้อีกด้วย (Dara, 2013) และยังมีรายงานว่าเชื้อรา *M anisopliae* มีผลต่อความสูงของลำต้น และความยาวของรากของต้นมะเขือเทศมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นที่ไม่ได้ใช้เชื้อราได้อีกด้วย (Garcia *et al*., 2001)

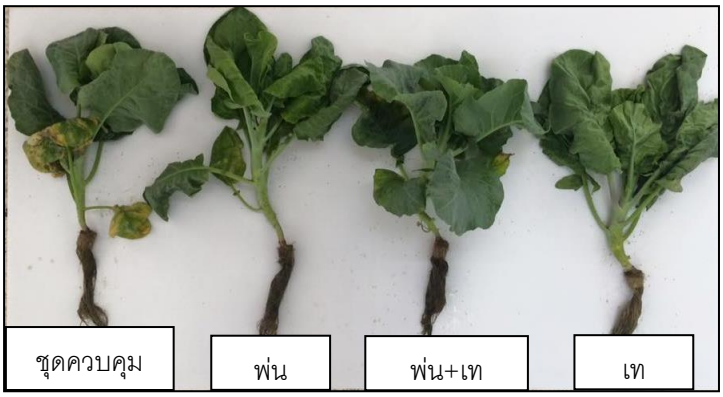


ภาพที่ 32 ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Beauveria bassiana* PSUB01 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test

สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นคะน้าหลังการใช้เชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* PSUB01 พบว่ากรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อราพ่นทางใบร่วมกับเทในระบบราก และการเทในระบบราก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้เชื้อรา (P>0.05) ของทั้งน้ำหนักสด (ภาพที่ 33ก) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 33ข) ส่วนรูปของต้นคะน้าที่มีการปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ร่วมด้วยได้แสดงที่ ภาพที่ 34



ภาพที่ 33 น้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Beauveria bassiana* PSUB01 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test



ภาพที่ 34 ลักษณะของต้นคะน้าอายุ 42 วัน หลังจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) และทดสอบด้วยเชื้อรา *Beauveria bassiana* PSUM01 ที่ระดับความหนาแน่นสปอร์ 1×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ด้วยกรรมวิธี การพ่น การเท และพ่นร่วมกับเท ทุก 7 วัน โดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม

การทดลองย่อยที่ 3 การครอบครองของเชื้อราโรคแมลงในส่วนต่าง ๆของต้นคะน้า

หลังจากพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อราลงบนใบและเทสปอร์แขวนลอยของเชื้อราในระบบรากของต้นคะน้าที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ เพื่อติดตามการครอบครองของเชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ในส่วนต่างๆ ของต้นคะน้า พบว่าหลังจากใช้เชื้อราครั้งแรกและติดตามผลในวันที่ 14, 21, 28 และ 35 พบโคโลนีของเชื้อราในส่วนของราก ลำต้น และใบของต้นคะน้าทั้งการพ่นและเทสปอร์แขวนลอยของเชื้อราในต้นคะน้าที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้เชื้อราไม่พบการปรากฏของโคโลนีเชื้อราในส่วนต่างๆ ของต้นพืช (ตารางที่ 10 และ ภาพที่ 35)

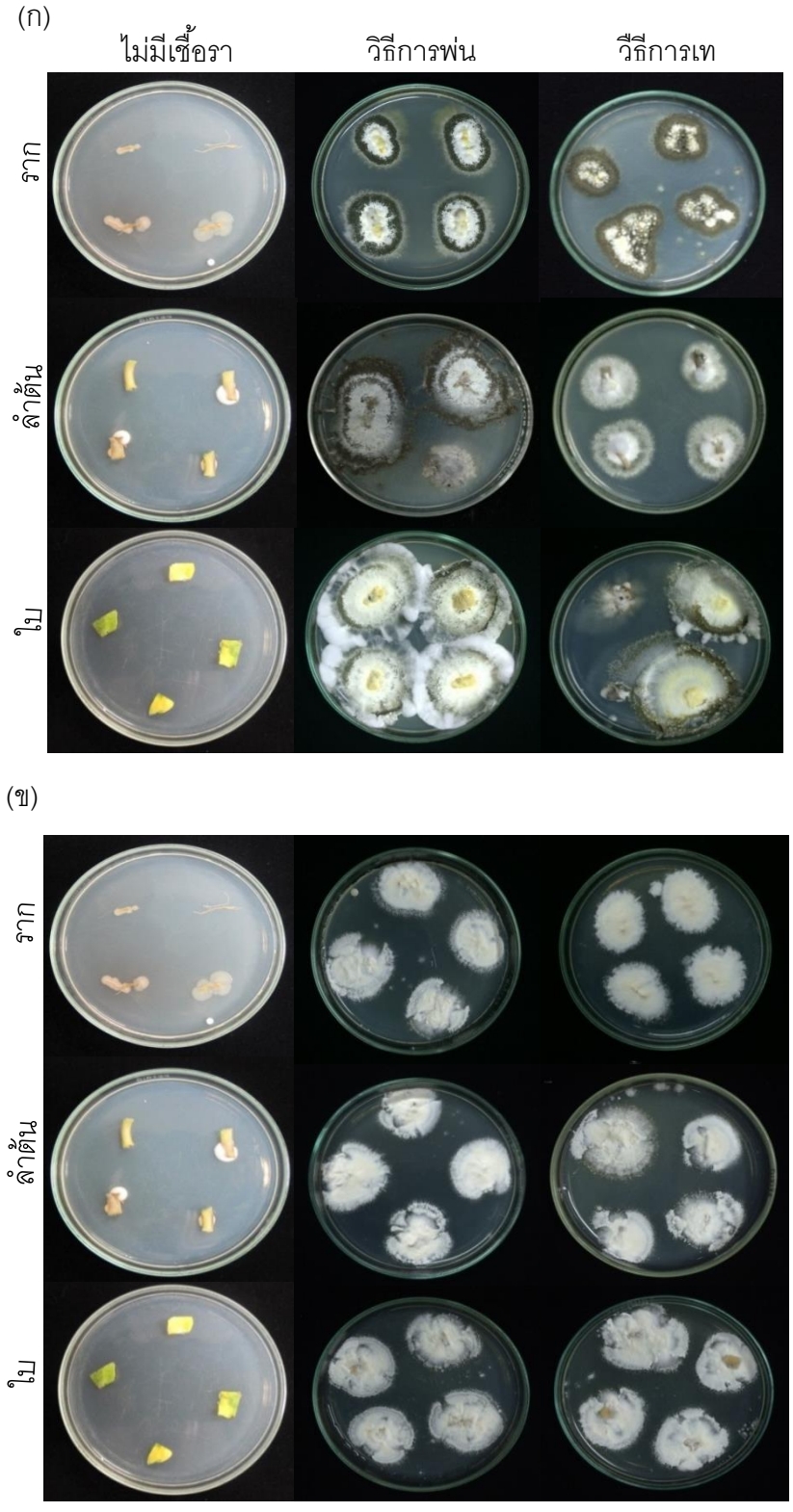
นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อราทั้งสองชนิดยังสามารถครอบครองใบ ก้านใบ และรากในพืชชนิดอื่นได้อีกด้วย เช่น ถั่วลิสง *Vigna unguiculata* และเมื่อใช้เชื้อรา *M. robertsii* สามารถครอบครองส่วนของราก และใบ หลังจากใช้เชื้อราไป 12 วัน (Golo *et al*., 2014) Bruck (2005) รายงานว่าเชื้อรา *M. anisopliae* สามารถเจริญและครอบครองในส่วนของราก (rhizosphere) ของต้นสน (*Picea abies*) ได้ ส่วนในต้นมะเขือเทศพบว่าเชื้อรา *M. anisopliae* สามารถครอบครองในส่วนของราก ลำต้น และใบของมะเขือเทศได้อีกด้วย (Garcia *et al*., 2001) ส่วนเชื้อรา *B. bassiana* สามารถครอบครองส่วนต่างๆ ของต้น สตอเบอรี่ได้เช่นเดียวกัน (Dara and Dara, 2015)

ตารางที่ 10 การครอบครองของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 และ *Beauveria bassiana* PSUB01 ในใบ ลำต้น และรากของต้นคะน้าที่พ่นและเทสปอร์แขวนลอยเชื้อราทั้งสองชนิด ตรวจสอบเชื้อราในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 วัน ชุดควบคุมไม่ใช้เชื้อราโรคแมลง

ทรีทเมนต์	ส่วนของพืช	กรรมวิธี	ระยะเวลาหลังจากใส่เชื้อรา (วัน)			
			7	14	21	28
ชุดควบคุม	ใบ	พ่น	-	-	-	-
		เท	-	-	-	-
	ลำต้น	พ่น	-	-	-	-
		เท	-	-	-	-
	ราก	พ่น	-	-	-	-
		เท	-	-	-	-
M. guizhouense PSUM04	ใบ	พ่น	+	+	+	+
		เท	+	+	+	+
	ลำต้น	พ่น	+	+	+	+
		เท	+	+	+	+
	ราก	พ่น	+	+	+	+
		เท	+	+	+	+
B. bassiana PSUB01	ใบ	พ่น	+	+	+	+
		เท	+	+	+	+
	ลำต้น	พ่น	+	+	+	+
		เท	+	+	+	+
	ราก	พ่น	+	+	+	+
		เท	+	+	+	+

- ไม่พบโคโลนีเชื้อรา

+ พบโคโลนีเชื้อรา



ภาพที่ 35 โคโลนีที่พบบนใบ ลำต้น และรากของต้นคะน้าเมื่อทำการทดสอบด้วยกรรมวิธี การพ่น การเท และพ่นร่วมกับเท ด้วยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 (ก) และ *Beauveria bassiana* PSUB01 (ข) โดยมีน้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นชุดควบคุม

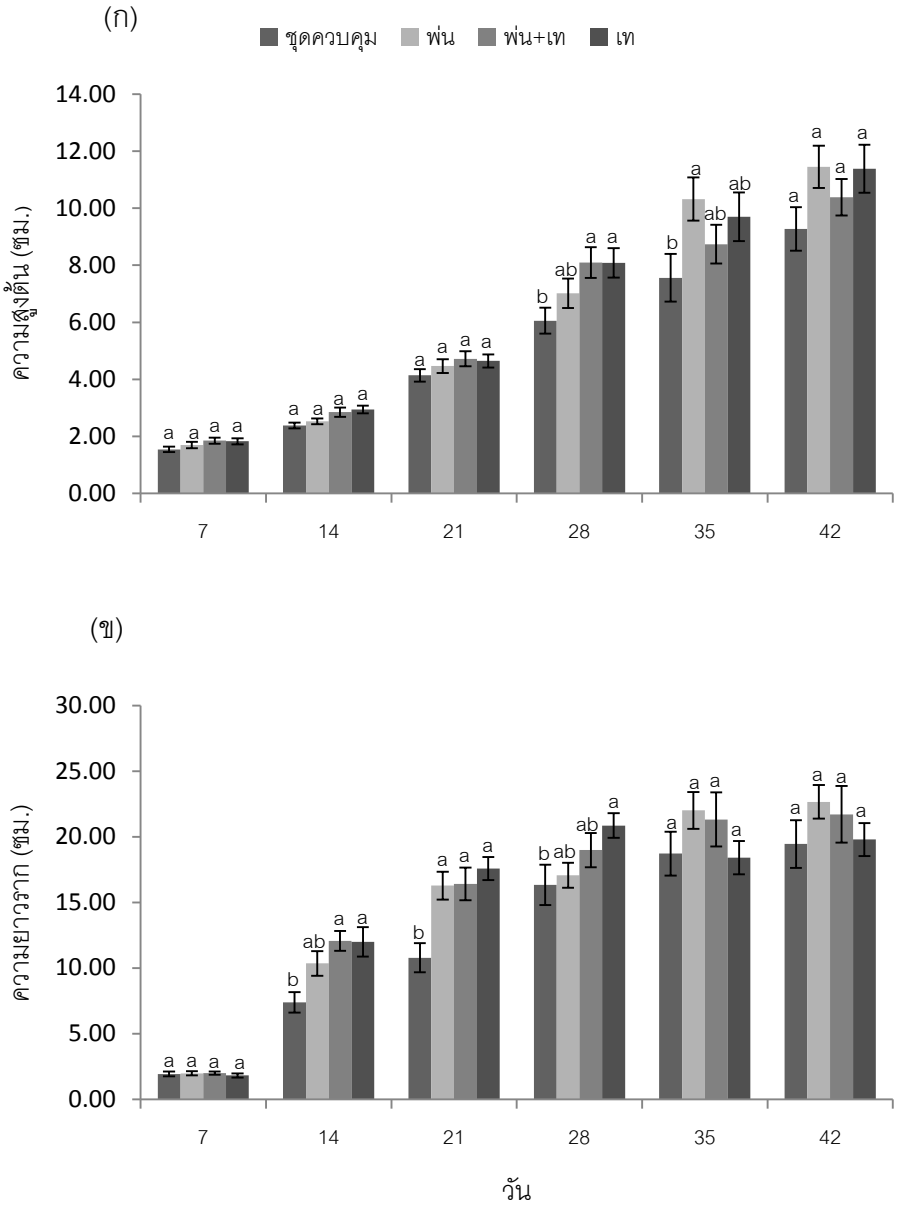
6. การใช้เชื้อราโรคแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงควบคุมเพลี้ยอ่อนในโรงเรือนปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

จากผลการทดลองที่ 1-5 พบว่า เชื้อรา *M. guizhouense* PSUM04 มีความสามารถและประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยอ่อนได้ดีที่สุด จึงเลือกนำมาทดสอบในสภาพโรงเรือนปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ จากการศึกษาความสูงของต้นคะน้าพบว่าในวันที่ 7 และ 14 ก่อนการใช้เชื้อราแบบพ่นทางใบ การเทในระบบราก และการพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบราก และก่อนการปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ลงบนต้นคะน้า ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม (P>0.05) แต่หลังจากวันที่ 28 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* บนต้นคะน้า พบว่าต้นคะน้าที่ใช้เชื้อราทุกกรรมวิธีมีความสูงของต้นคะน้ามากกว่าชุดควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ส่วนวันที่ 35 พบว่าต้นคะน้าที่ใช้เชื้อราแบบพ่นทางใบมีความสูงของต้นที่มากกว่าแบบการเทในระบบราก การพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบราก และชุดควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่วันที่ 21 และ 42 ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้เชื้อรา (P>0.05) (ภาพที่ 36ก)

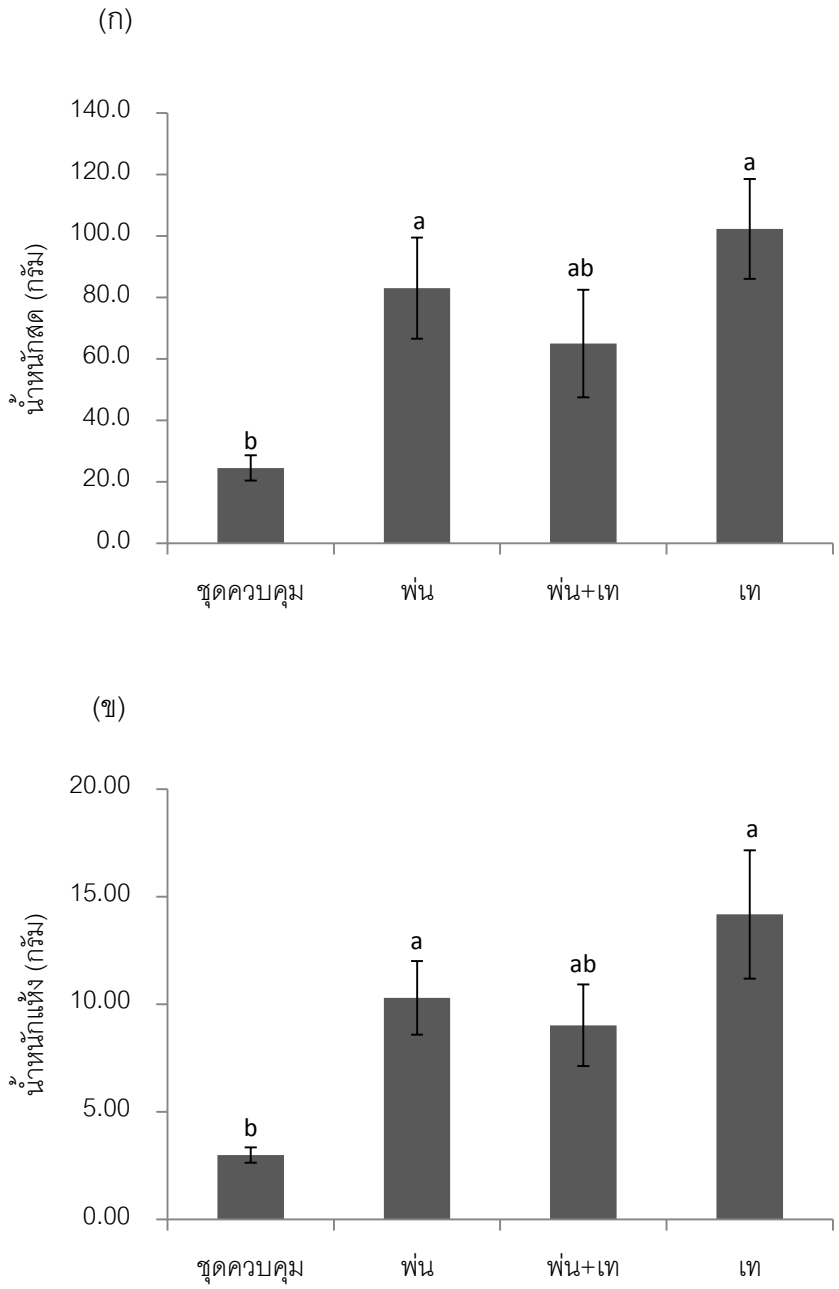
ส่วนความยาวรากในวันที่ 7 ก่อนการใช้เชื้อราทุกกรรมวิธีและก่อนการปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ลงบนต้นคะน้าพบว่าไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม (P>0.05) หลังจากวันที่ 14 และ 21 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* บนต้นคะน้า พบว่าต้นคะน้าที่ใช้เชื้อราทุกกรรมวิธี ความยาวรากของต้นคะน้ามากกว่าชุดควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ส่วนความยาวรากในวันที่ 28 หลังจากการใช้เชื้อราแบบการเทในระบบราก การพ่นทางใบร่วมกับการเทในระบบราก พบว่ามีแนวโน้มความยาวรากของต้นคะน้ามากกว่าชุดควบคุมและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่วันที่ 35 และ 42 ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ภาพที่ 36ข)

เชื้อราชนิดนี้นอกจากจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นคะน้าและ พบว่ายังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากในดินของต้นถั่ว *Panicum virgatum* และ *Phaseolus vulgaris* ได้อีกด้วย (Sasan *et al*., 2012)

สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นคะน้าหลังการใช้เชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 พบว่ากรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อราพ่นทางใบร่วมกับเทในระบบราก และการเทในระบบราก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้เชื้อรา (P<0.01) ของทั้งน้ำหนักสด (ภาพที่ 37ก) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 37ข) Kabaluk และ Ericsson (2007) ได้ทำการทดสอบเชื้อราชนิดนี้กับต้นข้าวโพดหลังโดยมีการเข้าทำลายของแมลงศัตรูร่วมด้วยพบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้เชื้อรา

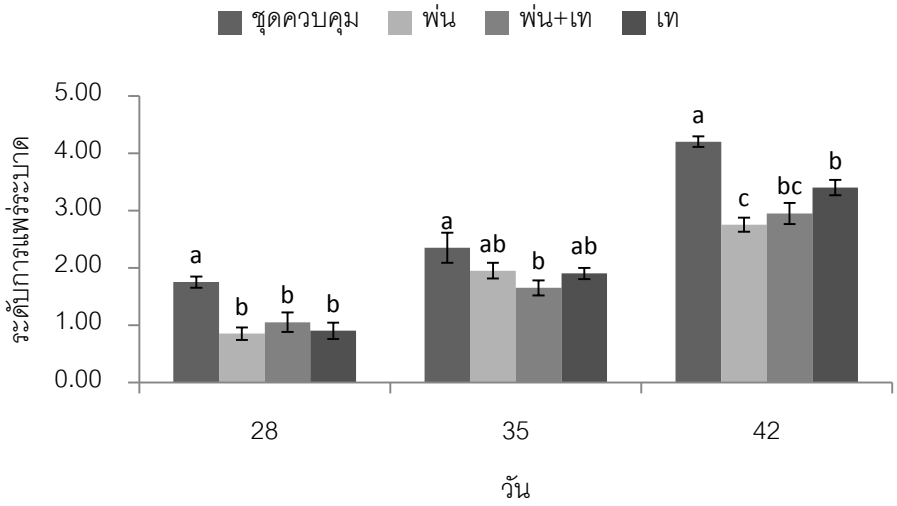


ภาพที่ 36 ความสูงต้น (ก) และความยาวราก (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) ไป 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test



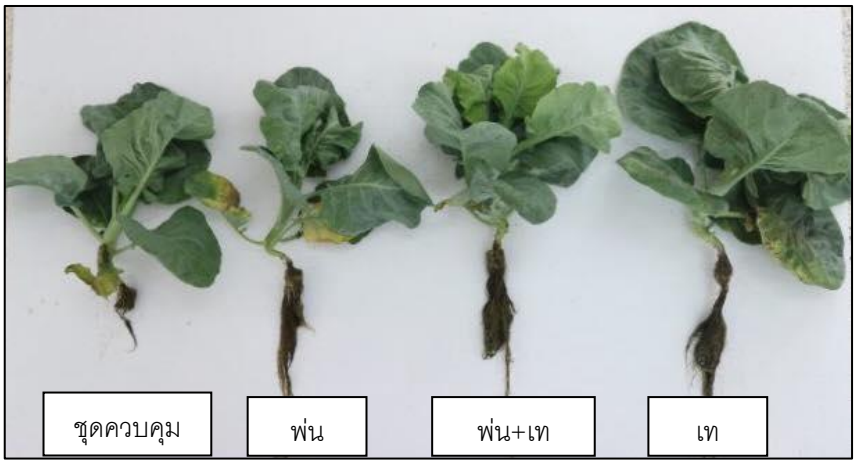
ภาพที่ 37 น้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) (mean ± SEM) ของต้นคะน้าที่ทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) 14 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test

สำหรับการประเมินการแพร่ระบาดของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* หลังจากปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ในวันที่ 14 เมื่อทำการประเมินในวันที่ 28 35 และ 42 พบว่าในกรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อราพ่นทางใบร่วมกับเทในระบบราก และการเทในระบบราก มีจำนวนประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่น้อยกว่าชุดควบคุมและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้เชื้อรา (P<0.01) (ภาพที่ 38) โดยชุดควบคุมจำนวนประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* มีการระบาดสูงสุดถึงระดับที่ 5 แสดงให้เห็นทุกส่วนของพืชถูกปกคลุมด้วยกลุ่มของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ทำให้ต้นพืชแคระเกร็นและชะงักการเจริญเติบโต (ภาพที่ 39) รูปของต้นคะน้าที่มีการปล่อยเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ร่วมด้วยได้แสดงในภาพที่ 40



ภาพที่ 38 ระดับการแพร่ระบาดของประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) เมื่อทดสอบด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันของเชื้อ *Metarhizium guizhouense* PSUM04 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Turkey's HSD test ของวันที่ 28, 35 และ 42

ภาพที่ 39 ลักษณะต้นคะน้าที่เพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) เข้าทำลาย



ภาพที่ 40 ลักษณะของต้นคะน้าอายุ 42 วัน หลังจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) และทดสอบด้วยเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* PSUM04 ที่ระดับความหนาแน่นสปอร์ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ด้วยกรรมวิธี การพ่น การเท และพ่นร่วมกับเท ทุก 7 วัน โดยมีน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม ในโรงเรือนปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบความเข้มข้นที่เหมาะสมในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ต่อเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ระดับความหนาแน่นสปอร์ 1×10^{8} สปอร์/มิลลิลิตร ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่เพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น โดยอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่พ่นด้วยสปอร์เชื้อราทั้งสองชนิดที่ระดับความหนาแน่นที่สูงทำให้เพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* มีอัตราการรอดชีวิตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความหนาแน่นของสปอร์ที่ต่ำและชุดควบคุม

ผลจากการถ่ายทอดเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ในประชากรเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ติดเชื้อราไปสู่ประชากรเพลี้ยอ่อนผักปกติ พบว่าเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ติดเชื้อราทั้ง 2 ชนิดสามารถถ่ายทอดไปสู่เพลี้ยอ่อนผักที่ปกติได้ โดยสัดส่วนของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ที่ติดเชื้อราต่อเพลี้ยอ่อนผักที่ไม่ติดเชื้อราที่ 5:5 ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสมที่สูงที่สุดและมีค่าเฉลี่ยการรอดชีวิตที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ

ผลจากการศึกษาวิธีการใช้เชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ต่อการส่งเสริมการเจริญของคะน้าในสภาวะที่ไม่มีเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* การใช้เชื้อราโรคแมลงทั้ง 2 ชนิด โดยกรรมวิธี การพ่น การเท และการพ่นร่วมกับเท แนวโน้มการเจริญเติบโตของความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ไม่มีความแตกต่างกันกับชุดควบคุม และเมื่อใช้เชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 และ *B. bassiana* PSUB01 ในต้นคะน้าในสภาวะที่มีเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* เชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของความสูงต้นความ ยาวรากา น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เมื่อใช้กรรมวิธีพ่น และพ่นร่วมกับเท มีแนวโน้มที่มากกกว่ากรรมวิธีการพ่นและชุดควบคุม และเมื่อ เชื้อราโรคแมลง *B. bassiana* PSUB01ในทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นคะน้าและไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุม

เมื่อนำเชื้อราโรคแมลง *M. guizhouense* PSUM04 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเชื้อรา *B. bassiana* PSUB01 มาใช้ควบคุมการระบาดของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ในระดับโรงเรือนระบบปลูกไฮโดรโปนิกส์ เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวในวันที่ 42 พบว่าเมื่อใช้เชื้อราโรคแมลงด้วย

กรรมวิธีการเท สามารถควบคุมการแพร่ระบาดของเพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การพ่นร่วมกับเท และการพ่น ตามลำดับ ส่งผลให้เพลี้ยอ่อนผัก *L. erysimi* มีการระบาดอยู่ในระดับที่ 2-3 เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีการแพร่ระบาดอยู่ในระดับ 4-5

ทั้งนี้ทั้งนั้นสภาพแวดล้อมและปัจจัยอื่นๆ อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้เชื้อราโรคแมลงได้เช่นกัน เช่น สภาพอากาศ ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่พืชต้องการ รวมไปถึงระยะเวลาในการใช้เชื้อรา เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553. สมาคมกีฏวิทยาและสัตววิทยาแห่งประเทศไทย. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

ณรรฐพล วัลลีย์ลักษณ์ และ เพ็ญสุข เต่าทอง. 2518. การศึกษาชีวประวัติและการทำลายของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* Kalt. วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ 2: 126-132.

ทิพย์วดี อรรถธรรม. 2533. โรควิทยาของแมลง. ภาคกีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพย์วดี อรรถธรรม. มปป. การใช้เชื้อไวรัสและเชื้อราควบคุมกำจัดแมลงศัตรูผัก. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

นริศ ท้าวจันทร์ และอนุชิต ชินาจริยวงศ์. 2551. ประสิทธิภาพการควบคุมของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ในแมลงวันผลไม้ (Diptera: Tephritidae). วิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ) 39: 21-25.

นริศ ท้าวจันทร์ อนุชิต ชินาจริยวงศ์ และ วิวัฒน์ เสือสะอาด. 2552. การเพิ่มปริมาณสปอร์เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin ด้วยวัสดุทางการเกษตรในการเกษตรอินทรีย์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ) 40(3): 555-558.

นิรนาม. มปป. แมลงศัตรูสำคัญพืชผัก. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.thaikasetsart.com (20 ตุลาคม 2556)

ปาณิศา ธรรมเสวตร. 2559. ผลของเชื้อรา *Metarhizium guizhouense* ไอโซเลท PSUM02 ต่อการผสมพันธุ์และการอยู่รอดของแมลงวัน*แตง Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 60 หน้า.

พัชรินทร์ ครุฑเมือง. 2553. เพลี้ยอ่อนแมลงพาหนะนำโรคพืช. วารสารแก่นเกษตร 40: 197-202.

มลิวัลย์ ปันยารชุน. 2534. การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. กรุงเทพมหานคร: เอกสารวิชาการ. กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

มาลี ตั้งระเบียบ. 2551. เชื้อรากำจัดแมลง. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมเกษตรลำปาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยราชมงคลล้านนา ลำปาง. หน้า 7-23

ฤทธิพร เบ็ญอาหลี และ นริศ ท้าวจันทร์. 2557. ผลของการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชร่วมกับเชื้อราโรคแมลง Metarhizium anisopliae PSUM04 ต่อการงอกของสปอร์และการเจริญของเส้นใย. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 1: 59-65.

ลักขณา บำรุงศรี ศิริณี พูนไชยศรี ชลิดา อุณหวุฒิ ยุวรินทร์ บุญทบ ณัฐวัฒน์ แย้มยิ้ม และ สิทธิศิโรดม แก้วสวัสดิ์. 2553. อนุกรมวิธานของเพลี้ยอ่อนวงศ์ย่อย Aphidinae. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 1990-2008.

วิโรจน์ สุนทรภัค, ประพนธ์ ไทยวานิช และ ศุภลักษณ์ กลับน่วม. 2548. เพลี้ยอ่อนกะหล่ำ (*Lipaphis erysimi*).กลุ่มงานโรคพืช, กองป้องกันและกำจัดศัตรูพืช, กรมส่งเสริมการเกษตร. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จากhttp://forecast.doae.go.th/web/agrotis/232-insect-pests-of-agrotis/1106-lipaphis-erysimi.html. (5 มกรคม 2559)

Abdel-Raheem, M.A., Reyad, F.N., Abdel-Raheem, I.E. and Al-Shuraym, A. 2016. Evolution of some isolates of entomopathogenic fungi on some insect pests infesting patato crop in Egypt. International Journal of Chemtech Research 9: 479-485.

Akmal, M., Freed, S., Malik, M.N. and Gul, H.T. 2013. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hypomycetes) against different aphid species under laboratory conditions. Pakistan Journal of Zoology 45: 71-78.

Alves, S.B. 1998.Microbial control of insects = Controle Micribiano de Insectos. FFALQ,. Piracicaba, Brazil.

Amjad, M., Islam, I. and Kakakhel, A.S. 1999. Turnip aphid *Lipaphis erysimi* Kalt. (Homoptera: Aphididae) biology, intrinsic rate of increase and development threshold temperature on oilseed *Brassica*. Pakistan Journal of Biological Sciences 2: 599-602.

Bakhetia, D.R.C. and *Sidhu,* S.S. 1983. Effect of rainfall and temperature on the mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. Indian Journal of Entomology 45: 202-205.

Barron, L.G. 2013. *Beauveria bassiana* - sympodial development on rachis. [online] Avilable from http://hdl.handle.net/10214/6018 (20 July 2016)

Batol, J. 2015. The effect of DEMI-001 isolate of *Metarhizium anisopliae* on Aphis rose (Hemiptera: Aphididae) of different temperatures. International Journal of Farming and Ailled Science 4: 496-498.

Bing, L.A. and Lewis, L.C. 1991. Suppression of *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) by endophytic *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Environmental Entomology 20: 1207-1211.

Bing, L.A. and Lewis, L.C. 1992. Endophytic *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin in corn: the influence of the plant growth stage and *Ostrinia nubilalis* (Hübner). Biocontrol Science and Technology 2: 39-47.

Bischoff, J.F., Rehner, S.A., Humber, R.A. 2009. A multilocus phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* lineage. Mycologia 101, 512–530.

Blackman, R.L. and V.F. Eastop. 2006. Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 1439 pp.

Bruck, D. 2005. Ecology of *Metarhizium anisopliae* in soilless potting media and the rhizosphere: implications for pest management Ecology of *Metarhizium anisopliae* in soilless potting media and the rhizosphere: implications for pest management. Biological Control 32: 155-163.

Butt, M.T. 2002. Use of entomogenous fungi for the control of insect. The Mycota 11: 111-134.

Butt, M.T., Ibrahim, L., Ball, V.B. and Clack, J.S. 1994. Pathogenicity of the entomogenous fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against crucifer pests and the honey bee. Biocontrol Science and Technology 4: 207-214.

Capinera, J.L. 2004. Encyclopea of Entomology. Kluver Academic Publishers, Netherlands. 2400 pp.

Dara, K.S. 2013. Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* promotes strawberry plant growth and health. eJournal on production and pest management practices for strawberry and vegetable. [online] Available from http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=11624 (8 November 2016)

Dara, K.S. and Dara, R.S. 2015. Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* endophytically colonize strawberry plant. eJournal on production and pest management practices for strawberry and vegetable. Available from http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=16811 (8 November 2016)

Ekesi, S., Akpa, D.A., Onu, I. and Ogunlana, O.M. 2000. Entomopathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). Archives of Phytopathology and Plant Protection 33: 171-180.

Elena, G.J., Beatriz, P.J., Alejandro, P. and Roberto, L.E. 2011. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin promotes growth and has endophyteic activity in tomato plants. Advances in Biological Research 5: 22-27.

Emden, V.H.F. and Harrington, R. 2008. Aphids as crop pests. Crop Science 48: 1219.

Ernst-Jan, S., Knols, G.B. and Takken, W. 2004. Autodissemination of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* amongst adults of the malaria vector *Anopheles gambiae*. Malaria Journal 3: 1-6.

Faria, M.R. and Wraight, S.P. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop Protection 20: 767-778.

Faria, M.R. and Wright, S.P. 2007. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. Biological Control 43: 237-256.

Farooq, A. 2007. Insect Pest of Canola (Barasica napus) and their Management. Institute of Pure & Applied Biology Bahauddin Zakariya University, Multan. 209.

Feng, M.G., Chen, B. and Ying, S.H. 2004. Trials of *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* and imidacloprid for management of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on greenhouse grown lettuce. Biocontrol Science and Technology 14: 531-544.

Feng, M.G., Poprawski, T.J. and Khachatourians, G.G. 1994. Production, formulation and application of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for insect control: current status. Biocontrol Science and Technology 4: 3-34.

Feng, M.G., Pu, X.Y., Ying, S.H. and Wang, Y.G. 2004. Field trails of an oil-based emulsifiable formulation of *Beauveria bassiana* conidia and low application rates of imidacloprid for control of false-eye leafhopper *Empoasca vitis* on tea in southern China. Crop Protection 23: 489-496.

Garcia-Munguai, M.A., Gerza-Hernadez, A.J., Rebollar-Tellez, A.E., Rodriguez-Perez, A.M. and Reyes-Villanueva, R.F. 2011. Transmission of *Beauveria bassiana* from male to female *Aedes aegypti* mosquitoes. Parasite and Vectors 4: 1-6.

Godonou, I., James, B., Atcha-Ahowe, C., Vodouhe, S., Kooyman, C., Ahanched, A., Korie, S. 2009. Potential of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates from Bennin to control *Plutella xylostella* L. (Lepidopteta: Plutellidae). Crop Protection 28: 220-224.

Golo, P.S., Gardner, D.R., Grilley, M.M., Takemot, J.Y., Krasnoff, S.B., Pires, M.S., Fernandes, E.K., Bittencourt, V.R.E.P. and Roberts, D.W. 2014. Production of destruxins from *Metarhizium* spp. fungi in artificial medium and in endophytically colonized cowpea plants. Plos One 9: 104946.

Gotz, P., Matha, V. and Vileinskas, A. 1997. Effects of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its secondary metabolites on morphology and cytoskeleton of plasmatocytes isolated from the greater wax moth *Galleria mellonella.* Journal Invertebrate Pathology 45: 1149-1159.

Irshad, M. 2001. Aphids and their biological control in Pakistan. Pakistan Journal of Biological Sciences 4: 537-541.

Jaglan, R.S., Singh, R. and Singh, H. 1988. Effect of abiotic factors on the field population of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. Indian Journal of Ecology 15: 163-167.

Jarrold, L.S., Moore, D., Potter, U. and Charnley, A.K. 2007. The contribution of surface waxes to pre-penetration growth of an entomopathogenic fungus on host cuticle. Mycological Research 111: 240-249.

Jin, S.F., Feng, M.G. and Chen, J.Q. 2008. Selection of global *Metarhizium* isolates for the control of the rice pest *Nilapavata lugens* (Homoptera: Delphacidae). Pest Management Science 64: 1008-1014.

Kabaluk, J.T. and Ericsson, J.D. 2007. *Metarhizium anisopliae* seed treatment increases yield of field corn when applied for wireworm control. Agronomy Journal 99: 1377-1381.

Keswani, C., Singh, P.S. and Singh, B.H. 2013. *Beauveria bassiana*: Status, Mode of action application and safety issues. Doi: 10.5958/j.2322-0996.3.1.002.

Khlaywi, A.S., Khudhair, W.M., Alrubeai, F.H., Shbar, K.A. and Hadi, A.S. 2014. Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to control Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. International Journal of Entomological Research 2: 161-173.

Kreutz, J., Zimmermann, G. and Vaupel, O. 2010. Horizontal transmission of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* among the spruce bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) in the laboratory and under field conditions. Biocontrol Science and Technology 14: 837-848.

Kumar, A., Kumar, N., Siddiqui, A. and Tripathi, C.P.M. 1999. Prey-predator relationship between *Lipaphis erysimi* Kalt. (Homoptera: Aphididae) and *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). II. Effect of host plants on the functional response of the predator. Journal of Applied Entomology 123: 591-601.

Lacey, L.A., Frutos, R., Kaya, H.K. and Vails, P. 2001. Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future?. Biological Control 21: 230-248.

Leger, St.R., Joshi, L., Bidochka, J.M. and Robert, W.D. 1996. Construction of an improved mycoinsecticide overexpressing a toxic protease. Proceedings of the National Academy of Science USA 93: 6349-6354.

Li, Z., Li, C., Huang, B. and Fan, M. 2001. Discovery and demonstration of the teleomorph of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill, an important entomogenous fungus. Chiness Science Bulletin 46: 751-753.

Lopez, B.R., Michereff-Filho, M., Tigano, S.M., Oliveira, M.P., Neves, J., Lopez, L.E., Fancelli, M. and Silva da, P. J. 2011. Virulence and horizontal transmission of selected Brazilian strains of *Beauveria bassiana* against *Comopolites sordidus* under laboratory conditions. Bulletin of Insectology 64: 201-208.

Loureiro, E.D. and Moino, A. 2006. Pathogenicity of hyphomycetes fungi to aphids *Aphis gossypii* Glover and *Myzus percisae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). Neotropical Entomology 35: 660-665.

Lui, X.L. and Spark, N.A. 2012. Ahiids on Cruciferous Crops. [online] Avilable http://galveston.agrilife.org (15 May 2015)

Malsam, O., Kilian, M., Oerke, E.C. and Dehne, H.W. 2002. Oils for increased efficacy of *Metarhizium anisopliae* to control whiteflies. Biocontrol Science and Technology 12: 337-348.

Mathur, Y.K. and Singh, S.V. 1986. Population dynamics of *Myzus persicae* Sulzer and *Lipaphis erysimi* Kalt. on rapeseed and mustard in Uttar Pradesh. Journal of Oilseeds Research 3: 246-250.

Mnyone, L.L., Nghabi, R.K., Mazigo, D.H., Katakweba, A.A and Lyimo, N.I. 2012. Entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* reduce the survival of *Xenopsylla brasiliensis* larvae (Siphonaptera: Pulicidae). Parasites and Vectors 5: 1-3.

Naik, B.S., Shashikala, J. and Krishnamurthy, Y. 2009. Study on the diversity of endophytic communities from rice (*Oryza sativa* L.) and their antagonistic activities *in vitro*. Microbiological Research 164: 290-296.

Ondrácková, E. 2015. The use of entomopathogenic fungi in biological control of pests. Acta Fytotechn Zootech 18: 102-105.

Parsa, S., Ortiz, V. and Vega, F.E. 2013. Establishing fungal entomopathogens as endophytes: towards endophytic biological control. Journal of Visualized Experiments 74: 50360.

Paula, R.A., Brito, S.E., Pereira, R.C., Carrera, P.M. and Ian, R. 2008. Susceptibility of adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) to infection by *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* prospects for Dengue vector control. Biocontrol Science and Technology 18: 1017-1025.

Pu, X.Y., Feng, M.G. and Shi, C.H. 2005. Impact of three application methods on the field efficacy of *Beauveria bassiana*-based mycoinsecticide against the false-eye leafhopper, *Empoasca vitis* (Homoptera: Cicadellidae), in tea canopy. Crop Protection 24: 167-175.

Quesada-Moraga, E., R. Santos-Quiros, P. Valverde-Garcia, and C. Santiago-Alvarez. 2004. Virulence, horizontal transmission, and sublethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* (Anamorphic fungi) on the German cockroach (Blattodea: Blattellidae), Journal of Invertebrate Pathology 87: 51-58.

Quesada-Moraga, E.I., Martin-Carballo, I., Garrido, J. and Santiago-Alvarez, C. 2008. Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* among laboratory populations of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Biological Control 47: 115-124.

Rehner, S.A. and Buckley, F. 2005. A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1-alpha sequences: evidence for cryptic diversification and links to Cordyceps teleomorphs. Mycologia 97: 84-98.

Robert, D.W. and Leger, St.R. 2004. *Metarhizium* spp., cosmopolitan insect pathogenic fungi: mycological aspects. Advances in Applied Microbiology 54: 1-70.

Rohilla, H.R., Singh, H., Yadava, T.P. and Singh, H. 1996. Seasonal abundance of aphid pests on rapeseed-mustard crop in Haryana. Annual of Agricultural and Biological Research 1: 75-78.

Rutikanga, A., Uwamahoro, F. and Rukundo, A. 2012. Cabbage aphids. [online] Avilable from http://www.plantwise.org (11 July 2013).

Samdur, M.Y., Gulati, S.C., Raman, R. and Manivel, P. 1997. Effect of environmental factors on mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.) infestation in different germplasm of Indian mustard, *Brassica juncea* (L.) Journal of Oilseeds Research 14: 278-283.

Sasan, R.K. and Bidochka, M.J. 2012. The insect-pathogenic funus *Metarhizium robertsii* (Clavicipitaceae) is also an endophyte that stimulates plant root development. American Journal of Botany 99: 101-107.

Schrank, A. and Vainstein, H.M. 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. Toxicon 56: 1267-1274.

Shahzad, W.M., Razaq, M., Hussain, A., Yaseen, M., Afzal, M. and Mehmood, K.M. 2013. Yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) affected by aphid feeding and sowing time at Multan, Pakistan. Pakistan Journal of Botany 45: 2005-2011.

Shan, L.T. and Feng, M.G. 2010. Evaluation of the biocontrol potential of various *Metarhizium* isolates against green peach aphid *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). Pest Management Science 66: 669-675.

Shan, P.A. and Pell, J.K. 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. Applied Microbiology and Biotechnology 61: 413-423.

Shi, W.B. and Feng, M.G. 2004. Lethal effect of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* on the eggs of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) with a description of a mite egg bioassay system. Biological Control 30: 165-173.

Singh, S.V. and Malik, Y.P. 1998. Population dynamics and economic threshold of *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) on mustard. Indian Journal of Entomology 60: 43-49.

Sinha, R.P., Yazdani, S.S. and Verma, G.D. 1989. Population dynamics of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. in relation to ecological parameters. Indian Journal of Entomology 51: 334-339.

Sinha, R.P., Yazdani, S.S. and Verma, G.D. 1990. Population dynamics of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. (Homoptera: Aphididae) in relation to ecological parameters. Indian Journal of Entomology 52: 387-392.

Vandenberg, J.D. 1996. Standardized bioassay and screening of *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* against the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology 89: 1418-1423.

Vandenberg, J.D., Sandvol, L.E., Jaronski, S.T., Jackson, M.A., Souza, E.J. and Halbert, S.E. 2001. Efficacy of fungi for control of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in irrigated wheat. Southwest Entomology 26: 73-85.

Veg, A. Matha, V. and Dumas, C. 2002. Effect of peptide mycotoxin destruxin E on insect haemocytes and on dynamics and efficiency of the multicellular immune reaction. Journal Imvertebrate Pathology 80: 177-187.

Vega, E.F., Posada, F., Amine, C.M., Para-Ripoll, M., Infanta, F. and Rehner, A.S. 2008. Entomopathogenic fungal endophytes. Biological Control 46: 72-82.

Wraight, S.P., Carruthers, R.I., Bradley, C.A., Jaronski, S.T., Lacey, L.A., Wood, P. and Galaini-Wraight, S. 1998. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Paecilomyces* spp. and *Beauveria bassiana* against the silver leaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. Journal of Invertebrate Pathology 71: 217-226.

Ye, S.D., Dun, Y.H. and Feng, M.G. 2005. Time and concentration dependent interactions of *Beauveria bassiana* with sublethal rates of imidacloprid against the aphid pests *Macrosiphoniella sanborni* and *Myzus persicae*. Annuals of Applied Biology 146: 459-468.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อสกุล นางสาวกนกกาญจน์ ตลึงผล

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5510620003

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2554

ทุนการศึกษา

- ทุนโครงการเรียนดี สาขากีฏวิทยา ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยานิพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ทุนสนับสนุนจากสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร และทรัพยากรธรรมชาติ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

กนกกาญจน์ ตลึงผล และ นริศ ท้าวจันทร์. 2557. การใช้เชื้อเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* PSUM04 ควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Homoptera: Aphididae) ในผักคะน้าระบบไฮโดรโปนิกส์. วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ) 42(1): 634-638.

กนกกาญจน์ ตลึงผล และ นริศ ท้าวจันทร์. 2558. การถ่ายทอดเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* PSUM04 ของเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) ที่ติดเชื้อราในประชากรปกติ. วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ) 43(1): 764-768.

Taluengphol, K. and Thoachan, N. 2016. Efficiency of *Beauveria bassiana* PSUB01 for controlling mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) on Chinese kale in hydroponic system. The 10 th IMT-GT Uninet Conference 2016 (Bioscience: The Element of life) during 1-2 December 2016 at conference room, 8th floor, LRC buliding. Prince of Songkhla University, Hatyai, Songkhla, Thailand (Poster).