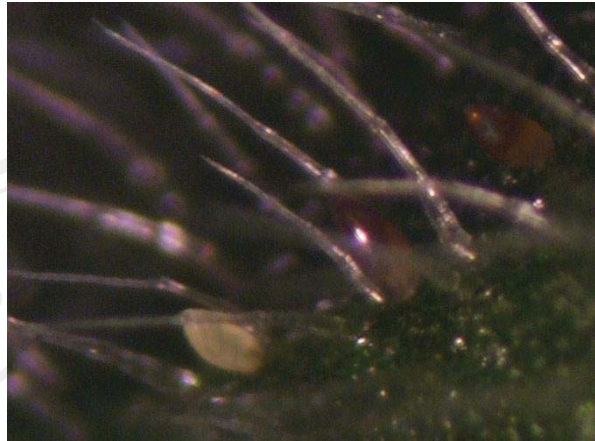


บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

แมลงหิวข้าวโรงเรือน (Greenhouse whitefly) หรือแมลงหิวขาวชา (Tea whitefly) อยู่ในอันดับ Hemiptera วงศ์ Aleyrodidae เป็นแมลงศัตรูพืชที่ปลุกบนพื้นที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร ในเขตร้อน (Morales, 2003) ซึ่งแมลงหิวขาวชนิดนี้มีพืชอาหารหลากหลายชนิด ประมาณ 859 ชนิด อยู่ใน 469 สกุล 121 วงศ์ ส่วนใหญ่เป็นพืชเมืองหนาว เช่น มะเขือ มะเขือยาว แดง พริกยักษ์ มะเขือเทศ ถั่ว และไม้ดอกไม้ประดับหลายชนิด เช่น เบญจมาศ ฟุเซีย เยอบีร่า เพลาร์โกเนียม ทานตะวัน ชบา คริสมาส โรโคเคนดรอน และพริมูร่าลี เป็นต้น (อัมพร, 2552)

แมลงหิวข้าวโรงเรือนใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยประมาณ 25 - 30 วัน ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส โดยแมลงหิวข้าวโรงเรือนเพศเมียเมื่อผสมพันธุ์มักพบวางไข่ได้ใบพืชเป็นรูปวงกลม มีสีเหลืองอ่อนเมื่อวางใหม่ และเปลี่ยนเป็นสีม่วงเทา (ภาพ 1) เมื่อใกล้ฟัก หลังจากฟักออกจากไข่ตัวอ่อนแมลงหิวข้าวโรงเรือนมีลักษณะแผ่นบางรูปไข่ ขนาด 0.3 มิลลิเมตร สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งเรียกว่ตัวอ่อนระยะที่ 1 ของแมลงหิวข้าวโรงเรือนว่า “crawler” (ภาพ 2 ก) ตัวอ่อนระยะที่ 2 และ 3 ของแมลงหิวข้าวโรงเรือนมีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยมีลักษณะแบนสติดกับใบพืชไม่เคลื่อนที่ แต่ตัวอ่อนทั้งสองระยะมีความแตกต่างที่ขนาดลำตัวเท่ากับ 0.38 และ 0.52 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพ 2 ข และ ค) ตัวอ่อนระยะที่ 4 มีขนาด 0.75 มิลลิเมตร ลักษณะรูปร่างแตกต่างจากตัวอ่อนระยะอื่นๆ ลำตัวของตัวอ่อนระยะนี้มีลักษณะนูนตั้งขึ้นจากใบพืช ด้านบนลำตัวพบเส้นขนปกคลุมเห็นตาสีแดงชัดเจน (ภาพ 2 ง) ในระยะนี้หยุดดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืช ส่วนตัวเต็มวัยของแมลงหิวข้าวมีขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร ลำตัวสีเหลือง มีปีกสองคู่ขนาดของปีกทั้งสองคู่มิขนาดเท่ากันปกคลุมด้วยผงแป้ง ในขณะที่หยุดนั่งบนใบพืชปีกทั้งสองคู่แนบสนิทกัน (อัมพร, 2552) (ภาพ 3)



ภาพ 1 ไข่แมลงหิวข้าวโรงเรือน



ระยะที่ 1



ระยะที่ 2



ระยะที่ 3



ระยะที่ 4

ภาพ 2 ลักษณะตัวอ่อนแมลงหิวข้าวโรงเรือน



ภาพ 3 ตัวเต็มวัยแมลงหวี่ขาวโรงเรือน

แมลงหวี่ขาวโรงเรือนมีการแพร่กระจายไปทั่วโลก โดยเฉพาะในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน หรือในพืชปลูกสภาพโรงเรือน (Kessing and Mau, 2007) โดยทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืชโดยตรงทำให้พืชเกิดอาการผิดปกติต่าง ๆ นอกจากนั้นยังทำให้พืชผลสกปรก เนื่องจากขณะดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืชถ่ายออกมาเป็นของเหลวใสและเหนียว ทำให้เกิดเชื้อราดำขึ้นบนของเหลวที่แมลงหวี่ขาวถ่ายไว้ หรือบางครั้งเมื่อมีแมลงหวี่ขาวลงทำลายมาก ๆ ของเหลวที่ถูกขับถ่ายออกมาหยดลงบนพืชหรือส่วนของพืชที่อยู่ด้านล่างทำให้มีราดำขึ้น ผลผลิตสกปรก นอกจากนั้นแมลงหวี่ขาวยังเป็นพาหะนำโรคไวรัสมาสู่ต้นพืช โรคไวรัสพืชที่แมลงหวี่ขาวโรงเรือนตัวเต็มวัยเป็นพาหะส่วนใหญ่พบอยู่ในสกุล *Geminivirus*, *Closterovirus*, *Nepovirus*, *Carlavirus*, *Potyvirus* และ *rod-shaped DNA virus* (อัมพร, 2552)

การป้องกันกำจัดแมลงหวี่ขาวโรงเรือนโดยทั่วไปได้ใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด แต่แมลงมีความสามารถในการต้านทานสารเคมี ทำให้ต้องเลือกใช้วิธีการอื่นร่วม เช่น การทำความสะอาดแปลงปลูกโดยการถอนหญ้าสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้เป็นที่อยู่อาศัยของแมลงหวี่ขาว การใช้กับดักกาวเหนียวสีเหลือง เป็นต้น ทั้งนี้ในธรรมชาติพบว่าศัตรูธรรมชาติของแมลงหวี่ขาวโรงเรือนหลายชนิดในการเข้าทำลายแมลงหวี่ขาวโรงเรือน ศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ เตนเบียนตัวอ่อนแมลงหวี่ขาวสกุล *Encarsia* และ *Eretmocerus* มวนตัวห้ำ *Orius* ตัวงเด่าลายหลายชนิด และแมลงช้างปีกใส (อัมพร, 2552) นอกจากนั้นยังมีเชื้อราที่เป็นโรคของแมลงเป็นศัตรูธรรมชาติของแมลงหวี่ขาวโรงเรือน (Fransen, 1990)

จุลินทรีย์หรือเชื้อโรคของแมลงมีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดการตายของประชากรในแมลงหรือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการควบคุมโดยชีววิธีที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ (natural biological control) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์หรือใช้ประโยชน์จากเชื้อโรคของแมลงชนิดต่าง ๆ เพื่อการควบคุมหรือจัดการกับแมลงศัตรูพืชได้อีกหลายทาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเชื้อชนิดแมลง และรูปแบบของการควบคุม จุลินทรีย์หรือเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคแมลงที่ได้มีการใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้แก่ ไวรัส แบคทีเรีย รา โปรโตซัว และไส้เดือนฝอย (ชาลูนรงค์, 2552) สำหรับแมลงหิวข้าวการใช้เชื้อราสาเหตุโรคแมลงมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้เชื้อโรคแมลงชนิดอื่น เนื่องจากแมลงหิวข้าวเป็นแมลงประเภทปากคูดและเชื้อราโรคแมลงเข้าทำลายแมลงด้วยการสัมผัส แต่เชื้อโรคชนิดอื่นแมลงต้องกินเข้าไปในร่างกายถึงสามารถก่อโรคกับแมลงได้ ทิพย์วดี (2535) ได้กล่าวถึงประวัติการศึกษาเชื้อราของแมลง ซึ่งมีการบันทึกเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับแมลงครั้งแรกโดย De Reaumur ในปี 1726 คือเชื้อ *Cordyceps* ในหนอนผีเสื้อ ต่อมาในปี 1835 Agostino Bassi ได้รายงานพบเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับหนอนไหม โดยทำการทดลองให้เห็นว่ามีเชื้อราเข้าไปเจริญในตัวหนอนไหม และเชื้อรานี้สามารถถ่ายทอดจากตัวหนึ่งไปอีกตัวหนึ่ง อันเนื่องมาจากโรค muscardine ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Beauveria bassiana* ซึ่งในปี 1865 Shimer พบเชื้อราที่เป็นสาเหตุทำให้มวน (chinch bug) ตายเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในที่ที่มีความชื้นสูง แต่ไม่มีใครเชื่อว่าเชื้อราสีขาวยเป็นสาเหตุของการระบาดโรค ถัดมาในปี 1887 Forbes พบเชื้อราขาวระบาดทำลาย chinch bug อีกในหลาย ๆ รัฐในประเทศอเมริกา และในปี 1888 Luggler พยายามทำให้เกิดการระบาดของเชื้อ *Beauveria* เพื่อกำจัดมวนด้วยการแพร่กระจายแมลงที่เป็นโรคไปในที่ต่าง ๆ ซึ่งในบางแห่งประสบผลสำเร็จอย่างดี หลังจากนั้นมีการนำเชื้อรามานำใช้ในการกำจัดแมลงมากขึ้นเรื่อย ๆ มีการผลิตเชื้อราและส่งไปเพื่อกำจัดแมลงในที่ต่าง ๆ

เชื้อราปรสิตในแมลง เป็นกลุ่มเชื้อราที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับแมลง ซึ่งมีสมาชิกหลายกลุ่มด้วยกัน ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรากับแมลงอาจมีทั้งที่เป็น saprophytic, commensalistic, parasitic หรือ pathogenic นอกจากนี้ยังสามารถพบเชื้อราปรสิตในอาร์โทรพอดอื่น ๆ เช่น แมงมุม ไร หรือ อาจพบบนเห็ด truffle บางชนิดอีกด้วย การดำรงชีวิตแบบปรสิตของเชื้อรามี 2 รูปแบบคือ ectoparasite ซึ่งพบเจริญอยู่เฉพาะผิวหนังนอกของแมลง เชื้อรากลุ่มนี้ไม่ก่อโรคจนส่งผลให้แมลงตาย แต่มีผลทำให้แมลงอ่อนแอลงในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันไป อีกรูปแบบหนึ่งนั้น เรียกว่า endoparasite ลักษณะของเชื้อรากลุ่มนี้สร้างสปอร์เข้าไปเกาะยึดติดกับผิวหนังนอกของแมลง จากนั้นเริ่มทำการผลิตเอนไซม์ต่าง ๆ มาย่อยสลายผนังชั้นนอก และสร้างอวัยวะพิเศษเพื่อใช้สำหรับแทงผ่านผิวหนังนอกเข้าไปภายในตัวแมลง เมื่อเข้าไปภายในตัวแมลงได้แล้ว เส้นใยของเชื้อราบางชนิดอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างให้มีลักษณะคล้ายกับเซลล์ของยีสต์ จากนั้นจึงเจริญและเพิ่มจำนวน

อย่างรวดเร็วภายในช่องว่างภายในตัวของแมลง (haemocoel) สารอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ใน haemolymph ถูกนำมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตของเชื้อ นอกจากนี้เชื้ออาจเข้าไปทำลายเนื้อเยื่อส่วนอื่น ๆ หรือปล่อยสารที่มีฤทธิ์ไปรบกวนพัฒนาการ และกระบวนการเมตาโมρφอซิส (metamorphosis) ของแมลงด้วย ซึ่งแมลงในตอนนี้จะมีลักษณะคล้ายมัมมีเหลือเพียงเปลือกหุ้มชั้นนอกเท่านั้น เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม สเคอโรติเยียม (sclerotium) จะพัฒนาไปเป็นสโตรมา (stroma) เจริญออกมาบนผิวหนังของแมลง และมีผลทำให้แมลงตายในที่สุด (อภิรัตน์, 2551)

เชื้อราเป็นจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่มีหลายชนิดและรูปร่างแตกต่างกันมากมาย มีลักษณะแตกต่างจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ คือ มีผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์และไคติน เซลล์เหล่านี้รวมกันเป็นเส้น เรียกว่า ไฮฟา (hyphae) ซึ่งไฮฟา รวมกันเป็นไมซีเลียม (mycelium) เชื้อราบางชนิดขยายพันธุ์ด้วยการแบ่งตัวของเส้นใย แต่ส่วนใหญ่ขยายพันธุ์ด้วยการสร้างสปอร์ซึ่งสร้างได้ทั้งจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศสร้างสปอร์แบบ non-motile spores และ motile gametes หรือ zoospores ส่วนในการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเชื้อราสร้างสปอร์ที่เรียกว่า โคนิเดีย (conidia) ที่เกิดปลายเส้นใย และ บลาสโตสปอร์ (blastospores) ซึ่งเป็นสปอร์ที่เกิดโดยการแตกหน่อของสปอร์เดิม โคนิเดียมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ทำให้เชื้อราที่มีชีวิตอยู่ได้นาน และเป็นสาเหตุที่ทำให้แมลงเกิดโรคและแพร่กระจายในธรรมชาติ เชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคแมลงพบใน 2 อาณาจักร (Kingdom) คือ อาณาจักร Protocista และ Mychota ส่วนใหญ่อยู่ในอาณาจักร Mychota ได้แก่ ไฟลัม Ascomycota, Deuteromycota และ Zygomycota เป็นต้น ดังตาราง 1 (มาลี, 2551)

ตาราง 1 การจัดจำแนกเชื้อราสาเหตุโรคแมลง (Classification of entomopathogenic fungi)

Phylum	Class	Order	Family	Genus
Ascomycota	Plectomycetes		Ascospaerales	<i>Ascoaphaera</i>
		Sordariomycetes	Hypocreales	Hypocreaceae
			Nectriaceae	<i>Nectria</i>
		Clavicipitales	Clavicipitaceae	<i>Hypocrella</i> <i>Metacordyceps</i> <i>Regiocrella</i> <i>Torrubiella</i>
			Cordycipitaceae	<i>Cordyceps</i>

ตาราง 1 การจัดจำแนกเชื้อราสาเหตุโรคแมลง (Classification of entomopathogenic fungi) (ต่อ)

Phylum	Class	Order	Family	Genus
			Ophiocordycipitaceae	<i>Ophiocordyceps</i>
				<i>Elaphocordyceps</i>
Deuteromycota	Coelomycetes	Sphaerosidles		<i>Aschersonia</i>
				<i>Tetranacrium</i>
	Hyphomycetes	Monilliales		<i>Acremonium</i>
				<i>Akanthomyces</i>
				<i>Aschersonia</i>
				<i>Aspergillus</i>
				<i>Beauveria</i>
				<i>Culicinomyces</i>
				<i>Fusarium</i>
				<i>Gibellula</i>
				<i>Hirsutella</i>
				<i>Hymenostillbe</i>
			Moniliaceae	<i>Metarhizium</i>
				<i>Nomuraea</i>
				<i>Paecilomyces</i>
				<i>Paraisaria</i>
				<i>Pseudogibellula</i>
				<i>Sorosporella</i>
				<i>Sporothrix</i>
				<i>Tetracrium</i>
				<i>Tilachlidiopsis</i>
				<i>Tolyocladium</i>
				<i>Verticillium</i>
Zygomycota	Zygomycetes	Entomophthorales	Ancylistaceae	<i>Conidiobolus</i>
				<i>Basidiobolus</i>
			Entomophthoraceae	<i>Entomophthora</i>

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตาราง 1 การจัดจำแนกเชื้อราสาเหตุโรคแมลง (Classification of entomopathogenic fungi) (ต่อ)

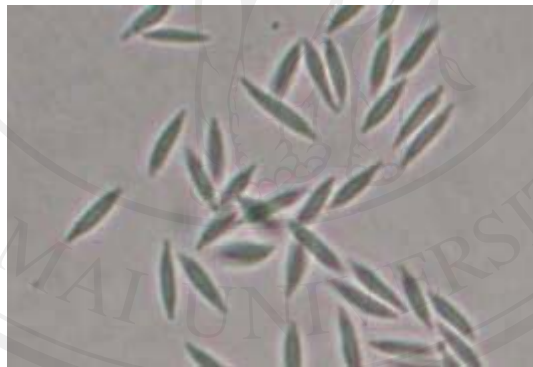
Phylum	Class	Order	Family	Genus
				<i>Entomophaga</i>
				<i>Erynia</i>
				<i>Eryniopsis</i>
				<i>Furia</i>
				<i>Massospora</i>
				<i>Stongwellsea</i>
				<i>Pandora</i>
				<i>Orthomyces</i>
				<i>Tarichium</i>
				<i>Zoophthora</i>
			Neozygitaceae	<i>Neozygites</i>
				<i>Thaxterosporium</i>
		Mucorales	Mucoraceae	<i>Sporodiniella</i>
	Trichomycetes	Amoebidiales		<i>Amoebiales</i>

เชื้อราสาเหตุโรคแมลงที่ทำให้แมลงศัตรูพืชตายล้วนเป็นศัตรูธรรมชาติและมีความสำคัญในการควบคุมประชากรของแมลงทางธรรมชาติ แต่ในสภาพธรรมชาติไม่ได้มีการเกิดขึ้นอย่างรุนแรง อาจเกิดในช่วงที่เหมาะสม เช่น ฤดูฝน ที่มีความชื้นในบรรยากาศที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดโรคจากเชื้อราได้ ทำให้ปริมาณของแมลงศัตรูพืชลดลงในช่วงเวลาหนึ่ง การคัดเลือกเชื้อราเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดโดยชีววิธีส่วนใหญ่เป็นเชื้อราที่มีความสำคัญต่อแมลงชนิดนั้น ดังตาราง 2 (Steinkraus, 2008) สำหรับแมลงหีวขาวเชื้อราเป็นโรคที่ทำให้แมลงหีวขาวเกิดโรคตายเป็นส่วนใหญ่ เพราะแมลงหีวขาวเป็นแมลงปากคูด ซึ่งเชื้อราสามารถเข้าทำลายได้โดยตรงทางผนังลำตัว เชื้อราที่เข้าก่อโรคกับแมลงหีวขาวอยู่ในไฟลัม Deuteromycota เป็นเชื้อราที่สืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ ทำการผลิตสปอร์หรือ โคนิเดียม อาจเรียกเชื้อรากลุ่มนี้ว่า “Fungi Imperfect” บางครั้งอาจเป็นระยะการขยายพันธุ์ของ ไฟลัม Ascomycetes (Boucias and Pendland, 1998) ซึ่งเชื้อราที่เข้าก่อโรคกับแมลงหีวขาว ได้แก่ *Aschersonia aleyrodis* Webber, *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith และ *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viegas (Mau and Kessing, 2007)

ตาราง 2 ตัวอย่างเชื้อราสาเหตุโรคแมลงที่สำคัญในการก่อโรคกับแมลงและไร (Steinkraus, 2008)

Host	Host name	Fungal species
Twospotted spider mite	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Neozygites floridana</i>
Citrus rust mite	<i>Phyllocoptruta</i>	<i>Hirsutella thompsonii</i>
Caddisfly adults	Trichoptera	<i>Erynia rhizospora</i>
Gypsy moth larvae	<i>Lymantria dispar</i>	<i>Entomophaga maimaiga</i>
Grasshoppers	Acrididae	<i>Entomophaga grylli</i>
Aphids	Aphididae	<i>Neozygites fresenii</i>
		<i>Erynia neoaphidis</i>
		<i>Condiobolus obscures</i>
		<i>Entomophthora planchoniana</i>
Periodical cicadas	<i>Magicicada</i> spp.	<i>Massospora cicadina</i>
House fly	<i>Musca domestica</i>	<i>Entomophthora muscae</i>
Mosquito larvae	Culicidae	<i>Erynia aquatic</i>
		<i>Coelomomyces</i> spp.
		<i>Lagenidium</i> spp.
Black fly larvae	Simuliidae	<i>Coelomycidium</i> spp.
Noctuid moths	Noctuidae	<i>Nomuraea rileyi</i>
Whiteflies	Aleyrodidae	<i>Aschersonia aleyrodii</i>
Diverse insects	Lepidoptera, Aleyrodidae	<i>Paecilomyces</i> spp.
Aphids, Whiteflies	Aphididae, Aleyrodidae	<i>Verticillium lecanii</i>
Honey bees	<i>Apis mellifera</i>	<i>Ascospaera apis</i>
Solitary bees	Megachilidae	<i>Ascospaera aggregate</i>
Diverse insects	Scarabaeidae, Formicidae	<i>Cordyceps</i> spp.
Alfalfa weevil	<i>Hypera postica</i>	<i>Zoophthora phytonomi</i>

เชื้อราในสกุล *Aschersonia* อยู่ในชั้น Coelomycetes มีความจำเพาะเจาะจงในการก่อโรคกับแมลงหีวข้าวและเพลี้ยหอยในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนได้ (Evans and Hywel-Jones, 1990) มีประมาณ 25 ชนิด ที่เป็นไอโซเลทที่ได้จากแมลงหีวข้าว ลักษณะของโคนิเดียคล้ายกระสวย หัวท้ายแหลม เรียกว่า “pycnidia” (ภาพ 4) แตกต่างเชื้อราชนิดอื่นเนื่องจากโคโลนีที่เจริญมีสีที่สดใส โดยทั่วไปโคโลนีมีสีแดง สีส้ม หรือสีเหลือง โคนิเดียของเชื้อราสกุล *Aschersonia* มีเมือกห่อหุ้มที่เหนียวและป้องกันการสูญเสียความชื้นในขณะที่แพร่กระจายโดยลม ซึ่งทั่วไปสปอร์แพร่กระจายโดยน้ำฝน ตัวอ่อนแมลงหีวข้าวทุกระยะมีความอ่อนแอต่อเชื้อราสกุลนี้ แต่ตัวเต็มวัยสามารถสร้างความต้านต่อการเกิดโรค (James, 2008) เชื้อราสกุล *Aschersonia* สามารถใช้ควบคุมแมลงหีวข้าว *B. argentifolii* และ *T. vaporariorum* ได้ (Fransen, 1990) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้แมลงหีวข้าวเกิดโรคตายทั้งในสภาพแปลงปลูกและโรงเรือน ในต่างประเทศได้พัฒนาเชื้อราสาเหตุโรคแมลงผลิตเป็นสารชีวภัณฑ์จำหน่ายทางการค้าเพื่อใช้ควบคุมแมลงหีวข้าว ได้แก่ *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* และ *V. lecanii* (Weeden et al., 2009; Shah and Pell, 2003) และในประเทศไทยได้มีการจำหน่ายเชื้อรา *B. bassiana* ภายใต้ชื่อการค้าบูเวอร์รินในการควบคุมแมลงหีวข้าว



ภาพ 4 ลักษณะสปอร์เชื้อราสกุล *Aschersonia*

เชื้อราสกุล *Aschersonia* มีการศึกษาชนิดที่เข้าทำลายแมลงหีวข้าวมากกว่า 50 ตัวอย่าง ซึ่งเชื้อรา *A. aleyrodis*, *A. flava*, *A. flavocitrina*, *A. goldiana*, *A. placenta* และ *A. viridians* สามารถเข้าก่อโรคกับแมลงหีวข้าวได้ โดยในธรรมชาติเชื้อรา *A. aleyrodis* เป็นสาเหตุที่ทำให้แมลงหีวข้าวหลายชนิดเกิดโรคในเขตร้อน มีการบันทึกการเข้าก่อโรคของเชื้อรา *A. aleyrodis* กับแมลงหีวข้าว *Aleurocanthus woglumi* Ashby, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell), *Bemisia tabaci* (Gennadius), *B. giffardi* (Kotinsky), *Dialeurodes citri* (Ashmead), *D. citrifolii* (Morgan), *Tetraleurodes acaiae* (Quaintance), *Trialeurodes abutiloneus* (Haldeman) และ *T. Vaporariorum* (Westwood) (Petch, 1921;

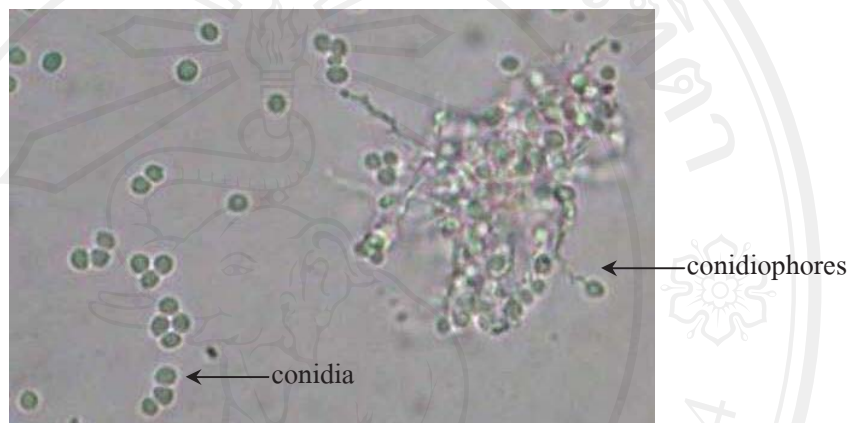
Procenko, 1967; Fransen, 1987) การเข้าทำลายของเชื้อรา *A. aleyrodis* ส่วนใหญ่พบในตัวอ่อนระยะที่ 1-3 เนื่องจากมีความอ่อนแอต่อเชื้อ แต่ตัวอ่อนระยะที่ 4 มีความอ่อนแอต่อเชื้อน้อย ทั้งนี้การติดเชื้อมาของแมลงหวีขาวระยะที่ 1 อาจถูกเชื้อเข้าทำลายหลังจากออกจากไข่ เนื่องจากเชื้อรา *A. aleyrodis* ไม่พบรายงานการเข้าก่อโรครกับไข่และตัวเต็มวัยของแมลงหวีขาว แต่มีรายงานการเข้าก่อโรครกับตัวเต็มวัยแมลงหวีขาวหลังจากนำไปใช้ควบคุมแมลงหวีขาวที่เข้าทำลายพืชตระกูลแตงในสภาพโรงเรือน โดยเชื้อเข้าก่อโรครระหว่างช่องว่างของคอกับบ่อ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เชื้อรา *A. aleyrodis* เข้าทำลายแมลงหวีขาว *B. tabaci* (Landa *et al.*, 1989)

การเข้าก่อโรครของเชื้อรา *A. aleyrodis* กับแมลงหวีขาว เริ่มจากโคนิเดียมติดกับผนังลำตัวของแมลงอาศัย หลังจากนั้นงอกส่วนที่เป็น germ tube แทะทะลุผ่านชั้น cuticle ในระยะนี้สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าเนื่องจากสีของลำตัวแมลงหวีขาวเปลี่ยนจากสีเหลืองอมเขียวเป็นสีเหลืองใสอาการแรกที่สามารถบ่งบอกได้ขณะที่เชื้อราเข้าก่อโรครมีเส้นใยแทงผ่านผนังลำตัวออกมาด้านนอกและเจริญเติบโตไปรอบ ๆ ร่างกาย ปกคลุมผิวหนังลำตัวของแมลงอาศัยด้วยเส้นใยสีขาว จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีส้มแดงแสดงถึงการเริ่มสร้าง conidiogenesis ผลิตสปอร์ไว้ปลาย phialids สังเกตได้จากสีของโคนิเดียมเริ่มเป็นสีส้มแดง (Landa *et al.*, 1989) หากสภาพแวดล้อมอยู่ในช่วงที่เหมาะสมอาการแรกของการเข้าก่อโรครเกิดขึ้นภายใน 24 - 48 ชั่วโมง เส้นใยเจริญเติบโตภายใน 4 - 6 วัน และการผลิตสปอร์เกิดขึ้นหลังจากเชื้อเข้าก่อโรครได้ 7 - 9 วัน

นอกจากเชื้อราสกุล *Aschersonia* ยังมีเชื้อราสาเหตุโรครแมลงที่พบในตัวอ่อนแมลงหวีขาวสกุล *Trialeuroides* ได้แก่ เชื้อรา *Aphanocladium album*, *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* และ *V. lecanii* เป็นต้น ซึ่งเชื้อราเหล่านี้อยู่ในชั้น Hyphomycetes พบเข้าก่อโรครกับตัวอ่อนแมลงหวีขาว แต่ในตัวเต็มวัยพบเชื้อรา *Erynia radicans*, *P. farino*, *P. fumosoroseus* และ *V. fusisporum* เข้าก่อโรคร ซึ่งการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Paecilomyces* spp. และ เชื้อรา *B. bassiana* มีความแตกต่างจากเชื้อราแมลงชนิดอื่น ๆ เนื่องจากแห้งและไม่มีความชื้นสามารถแพร่กระจายโดยลมและน้ำฝนถึงกระนั้นยังมีความต้องการชื้นในการงอก ซึ่งความชื้นได้จากน้ำฝน น้ำค้าง และความชื้นสัมพัทธ์บริเวณผิวใบพืช (James, 2008)

เชื้อราสกุล *Beauveria* ทำให้เกิดโรครที่เรียกว่า white muscardine disease พบครั้งแรกในหนอนไหม ทำให้หนอนไหมเหมือนมัมมี่ที่มีเส้นใยและสปอร์สีขาวของเชื้อราปกคลุมหนาแน่นทั่วตัว โรครที่เกิดจากเชื้อรานี้เดิมเรียก mal del segno หรือ calcino แปลว่า ผงแห้งแคลเซียม การก่อโรครของเชื้อราสกุล *Beauveria* โดยสปอร์หรือ conidia ของเชื้อเมื่อตกลงบนผนังลำตัวแมลงและสภาพแวดล้อมมีความชื้นที่เหมาะสม สปอร์จะงอก germ tube แทะทะลุผ่านผนังลำตัวแมลงเข้าไปในช่องว่างในตัวแมลง (hemocoel) เชื้อราจะเจริญเพิ่มปริมาณเป็นเส้นใยท่อนสั้นหรือ hyphal bodies เซลล์เม็ดเลือดถูกทำลาย ปริมาณของเลือดในตัวแมลงลดน้อยลงในขณะที่เชื้อรา

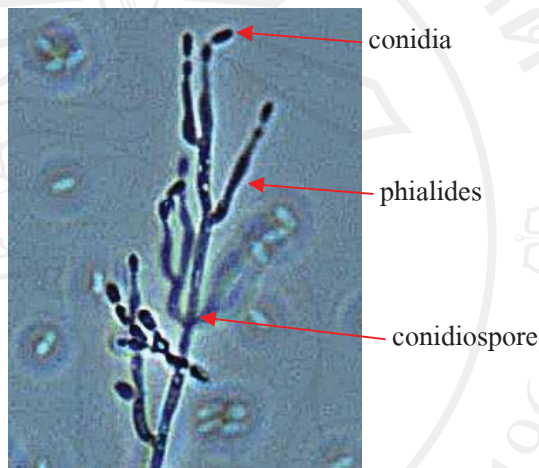
เจริญเพิ่มมากขึ้นจนเต็มในช่องว่างในตัวแมลง ระยะนี้แมลงจะเริ่มเป็นอัมพาตทั่วตัวและตาย หลังจากตายแล้วเชื้อราจะแทงก้านชูสปอร์หรือ conidiophores ทะลุผ่านผนังลำตัวออกมาภายนอก เริ่มสร้างสปอร์หรือ conidia มีลักษณะเป็นรูปทรงกลมหรือรูปไข่ งอกในลักษณะซิกแซกออกมาตลอดก้านชูสปอร์ (ภาพ 5) ซากแมลงแห้งแข็งและมีก้านชูสปอร์และสปอร์สีขาวปกคลุมเต็มไปหมดทั้งตัว สปอร์เหล่านี้มีอายุยาวนานและเป็นตัวแพร่กระจายเชื้อโรคได้อย่างดีในสภาพธรรมชาติ (ทิพย์วดี, 2535)



ภาพ 5 ลักษณะ conidiophores และ conidia เชื้อราสกุล *Beauveria*

สำหรับเชื้อราสกุล *Paecilomyces* ทำให้เกิดโรคได้ในพืช ไม้เดือนฝอย และแมลง ซึ่งอาจมีลักษณะใกล้เคียงกับเชื้อราสกุล *Penicillium* โดยส่วนที่เชื้อราสร้างขึ้นออกไปจากก้านชูสปอร์หรือ conidiophore เพื่อเป็นฐานรองรับสปอร์ (ภาพ 6) หรือเป็นส่วนที่จะสร้างสปอร์บนยอดต่อออกไปเป็นเส้นยาวบางแผ่ออกและโคโลนีไม่เป็นสีเขียวมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ลักษณะโคโลนีคล้ายผงแป้งมีหลายเฉดสีเช่น สีทอง สีเขียวทอง สีเหลืองน้ำตาล สีคล้ายดอกไลแล็ค ดอกไม้ชนิดหนึ่ง สีม่วงแดงหรือสีขาว สีม่วงแดงอ่อน สีม่วง หรือสีคล้ายเปลือกไม้ แต่ไม่เป็นสีเขียวหรือสีเขียวแกมน้ำเงินเช่นเดียวกับเชื้อราสกุล *Penicillium* โดย phialides เชื้อราสกุล *Paecilomyces* มีลักษณะของฐานที่ไปงอกออกมาคล้ายหัวไม้ขีดก่อนข้างยาวและบาง ส่วนคอคอดมักสร้างขึ้นอยู่อย่างเดี่ยว ๆ เส้นใยของเชื้อราสกุล *Paecilomyces* เป็นเซลล์เดี่ยวต่อกันยาวคล้ายโซ่ โคนินเดียมีรูปทรงไขชชนิดปลายข้างหนึ่งแหลมกว่าอีกข้างหนึ่ง ซึ่งผลิตใน basipetal หลังจากสร้าง phialides (Domsch *et al.*, 1993) ซึ่งเชื้อราในสกุล *Paecilomyces* สามารถเข้าทำลายแมลงได้มากมาย (Smith, 1993; Sterk *et al.*, 1996) *P. fumosoroseus* มีการเรียกชื่อหลายแบบ เช่น *Isaria fumosoroseus* Wize. *Spicaria aphodii* Vuill. *S. cossus* Portier & Sartory *P. hibernicus* Kennelly & Grimes และ *P. isarioides* Inagaki (Samson and Rombach, 1985) ส่วนใหญ่เชื้อรา *P. Fumosoroseus* ได้มาจากแมลงในอันดับ Lepidoptera Coleoptera และ Diptera เป็นต้น ส่วนการเข้าทำลายแมลงหิวขวามีรายงาน

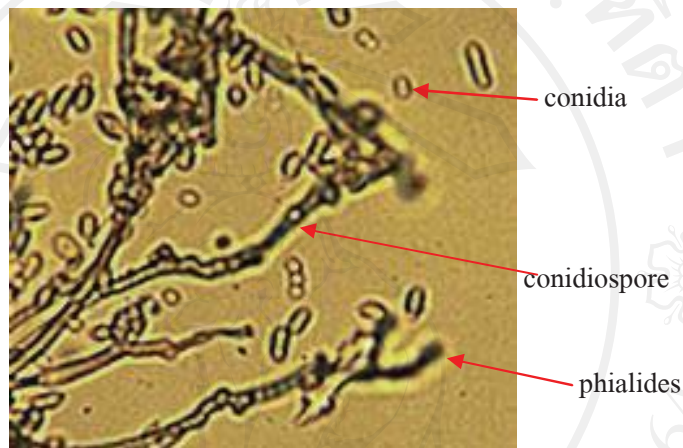
ครั้งแรกจากประเทศจีนโดยเก็บจากเชื้อที่ก่อโรคในแมลงหีขาว *T. vaporariorum* ในสภาพโรงเรือน (Fang *et al.*, 1983) และมีรายงานว่าสามารถเข้าทำลายแมลงหีขาว *B. tabaci* และ *T. vaporariorum* ได้ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ในสภาพแปลงและโรงเรือน (Humber, 1992; Lacey *et al.*, 1996) นอกจากนี้เชื้อรา *P. Fumosoroseus* ไอโซเลทที่มีความรุนแรงในการเข้าก่อโรคกับแมลงหีขาวมันเทศได้แพร่ระบาดไปสู่แมลงศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ในประเทศฟลอริดา และไอโซเลทดังกล่าวนี้มีการพัฒนาเป็นสารชีวภัณฑ์ที่สามารถใช้ได้ ในสภาพแปลงและโรงเรือน (Osborne *et al.*, 1990)



ภาพ 6 ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราสกุล *Paecilomyces*

ส่วนเชื้อราสกุล *Verticillium* มีลักษณะที่สำคัญคือ สร้างเส้นใยซึ่งอยู่รวมกันหนาแน่นคล้ายกำมะหยี่ ซึ่งเส้นใยเหล่านี้จะสร้าง phialides (ส่วนที่เชื้อราสร้างยื่นออกไปจากก้านชูสปอร์ หรือ conidiophore เพื่อเป็นฐานรองรับสปอร์ หรือเป็นส่วนที่จะสร้างสปอร์บนยอดต่อออกไป) รูปทรงปลายแหลมคล้ายไขควงขนาดต่าง ๆ กัน phialides งอกออกเป็นกลุ่มหรือเดี่ยวรอบ conidiophore แล้วสร้าง conidia บนยอดโดยสร้างต่อกันออกไป (ภาพ 7) สปอร์ที่ไถลยอด phialides มากที่สุดคือที่มีอายุอ่อนสุดเรียกการสร้างสปอร์แบบนี้ว่า basipetal succession of conidia สปอร์มีขนาดต่างกัน รูปไข่มีปลายมน 2 ข้างอย่างเป็นสัดส่วนเท่า ๆ กัน ไม่มีการสร้าง chlamydospores (ทิพย์วัตติ, 2535) เป็นปรสิตของเชื้อราอื่น หรือเป็นแซพโทรไฟท์ ส่วนเชื้อรา *V. lecanii* ที่สามารถเข้าก่อโรคกับแมลงได้ มีการรายงานเข้าก่อโรคกับเพลี้ยหอย *Coccus viridis* (Green) ซึ่งโดยทั่วไปเชื้อราชนิดนี้เป็นเชื้อราที่ก่อโรคในแมลงอันดับ Homoptera ได้แก่ เพลี้ยอ่อน แมลงหีขาว และเพลี้ยหอย เป็นต้น ทั้งก็พบเข้าก่อโรคเพียงเล็กน้อยกับแมลงในอันดับ Orthoptera Hemiptera Thysanoptera Coleoptera Lepidoptera และ Hymenoptera นอกจากนี้สามารถเข้าก่อโรคกับไรศัตรูพืชและเชื้อราทำลายโรคราสนิมและราแป้ง (Gams, 1971; Hall, 1976; McCoy *et al.*,

1980) อย่างไรก็ตามเชื้อรา *V. lecanii* เป็นเชื้อราที่มีการพัฒนาเป็นสารชีวภัณฑ์ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อน แมลงหีวขาว และเพลี้ยไฟ ที่เป็นแมลงศัตรูพืชในโรงเรือน และการทดลองในโรงเรือนพบว่าเชื้อรา *V. lecanii* สามารถควบคุมประชากรของเพลี้ยไฟ *T. tabai* และ *F. occidentalis* ในแตงกวาและดอกเบญจมาศได้สำเร็จ (Gillespie, 1986; Helyer *et al.*, 1992) และมีรายงานการทดลองเชื้อรา *V. lecanii* ในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีประสิทธิภาพทำให้ตัวอ่อนของแมลงหีวขาว *B. tabaci* ตายที่ความรุนแรงระดับความเข้มข้นของสปอร์ 10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร (Fatih *et al.*, 2009)



ภาพ 7 ลักษณะเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราสกุล *Verticillium*

เชื้อรา *V. lecanii* และ *P. fumosoroseus* สามารถเข้าก่อโรคกับแมลงหีวขาวทุกระยะการเจริญเติบโต เชื้อราทั้งสองที่กล่าวข้างต้นเป็นสาเหตุโรคแมลงทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของแมลงหีวขาวโรงเรือนและแมลงหีวขาวมันเทศ ทั้งนี้เชื้อรา *P. fumosoroseus* เข้าก่อโรคกับไข่แมลงหีวขาวได้ อีกทาง กระบวนการเข้าก่อโรคของเชื้อรา *V. lecanii* และ *P. fumosoroseus* เหมือนกลไกการเข้าก่อโรคของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงทั่วไป สปอร์แพร่กระจายโดยลมและน้ำ หรือติดไปกับแมลงชนิดอื่นหรือไร เส้นใยเจริญออกมาครอบแมลงอาศัยจากนั้นสปอร์แพร่กระจายออกไปสู่แมลงอาศัยตัวอื่น ๆ การแพร่กระจายนี้เป็นกระบวนการแพร่กระจายสปอร์จากแมลงที่เป็นโรคกับแมลงที่สุขภาพดี ซึ่งเป็นหลักสำคัญหากนำไปใช้กับแมลงที่อยู่กันเป็นกลุ่ม เช่น เพลี้ยอ่อน แมลงหีวขาว และไร ฯลฯ สามารถก่อโรคทั้งสภาพแปลงและโรงเรือน หลังจากสปอร์ติดกับผนังลำตัวแมลงอาศัยเริ่มงอก เจริญเติบโตลักษณะ แซฟไฟโรไฟท์ด้านนอกของแมลง (Samson and Rombach, 1985) เมื่อเข้าก่อโรคกับแมลงอาศัยเส้นใยเจริญเติบโตบริเวณปล้องลำตัวของแมลง เส้นใยของเชื้อรา *V. lecanii* มีลักษณะคล้ายเส้นไหมหลังจากเข้าก่อโรคกับแมลงอาศัย conidiospore สร้างบนเส้นใยส่วนปลายมีส่วนของ phialides และสร้างสปอร์ (Gams 1971, Hall, 1981)

สำหรับเชื้อรา *P. fumosoroseus* พบสร้างโคโลนีสีขาวจากนั้นเปลี่ยนสีชมพูและเป็นสีเทาเมื่อสร้างสปอร์ โคนิเดียสร้างเป็นโช่ต่อยาว หากเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อสปอร์เป็นผงแป้งสีเทาวงจรชีวิตการเข้าก่อโรคของเชื้อรา *V. lecanii* และ *P. fumosoroseus* มักเร็วกว่าเชื้อรา *A. aleyrodis* โดยการเข้าก่อโรคของเชื้อรา *P. fumosoroseus* แสดงอาการแรกหลังจากเชื้อราสัมผัสกับตัวแมลงภายใน 24 – 48 ชั่วโมง หากเชื้อราสัมผัสด้านสันหลังของแมลงและสร้างเส้นใยเข้าสู่ภายในช่องว่างตัวแมลงภายใน 24 ชั่วโมง เส้นใยมักแสดงออกนอกตัวแมลงหิวขาวทางด้านสันหลังภายใน 48 ชั่วโมง และมีการสร้างสปอร์ภายใน 72 ชั่วโมง ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สำหรับเชื้อรา *P. fumosoroseus* เส้นใยมีการเจริญเติบโตที่ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส และหยุดการเจริญที่อุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส (Gillespie, 1984, Franssen, 1987) ส่วนเส้นใยของเชื้อรา *V. lecanii* หยุดการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 11 องศาเซลเซียส (Hall, 1981) นอกจากความชื้นและอุณหภูมิ แสงสว่างเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *V. lecanii* และ *P. fumosoroseus* ในการเข้าก่อโรคโดยเลี้ยงภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์ (Landa et al., 1989)

นอกจากนี้เชื้อราในสกุล *Metarhizium* เป็นเชื้อราที่สามารถเข้าก่อโรคกับแมลงได้มากมาย ทั้งนี้ ทิพย์วดี, 2535 ได้รายงานถึงเชื้อราที่สำคัญในสกุลนี้ได้แก่ *M. anisopliae* ทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า green muscardine disease เชื้อราชนิดนี้พบครั้งแรกโดย Metchnikoff ในปี 1878 สังเกตเห็น wheat cockchafer, *Anisoplia austriaca* เป็นโรคโดยมีเชื้อราขึ้นปกคลุมทั่วตัวแมลงยกเว้นส่วนหัว ต่อมาเชื้อราสีขาวเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม Sorokin ได้ให้ชื่อเชื้อรานี้ว่า *M. anisopliae* ในปี 1879 ซึ่งเป็น synonym หลายชื่อเช่น *Oospora destructor* Metchnikoff, *Entomophthora anisopliae* Metchnikoff และ *Penicillium anisoplie* (Metchnikoff) Vuillemin การเข้าทำลายแมลงของเชื้อรา *M. anisopliae* เกิดเช่นเดียวกับเชื้อราสาเหตุโรคแมลงโดยทั่วไป เริ่มจากสปอร์ของเชื้อราออกผ่านทะเลผ่นงลำตัวเข้าไป และสามารถเข้าทำลายแมลงผ่านทางปากและรูเปิดของท่ออากาศที่ผ่นงลำตัวแมลง ผ่นงลำตัวที่เชื้อราแทงทะลุเข้าไปมีสีซีดจางเป็นจำขาว ๆ จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีดำ สีตัวแมลงทั่วไปเป็นสีคล้ำลงไม่เห็นลวดลายชัดเจน เมื่อแมลงตายเส้นใยแทงทะลุผ่านผ่นงลำตัวขึ้นมาสร้างก้านชูสปอร์ ลักษณะของก้านชูสปอร์อยู่รวมกันแน่น สปอร์ที่พบตัวแมลงเริ่มแรกมีสีขาวและค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้มขึ้นเรื่อย ๆ จนเกือบดำ ลำตัวของแมลงแห้งและมีสปอร์ขึ้นปกคลุมทั้งตัว (ทิพย์วดี, 2535; Boucias and Pendland, 1998) ส่วนการเข้าทำลายของเชื้อรา *M. anisopliae* บนตัวอ่อนและดักแด้ของแมลงหิวขาว *B. tabaci* ที่อุณหภูมิ $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ และมีความชื้น 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเชื้อเข้าสู่ตัวแมลงได้ 3 วัน ทำให้สีลำตัวจากสีเขียวเหลืองเปลี่ยนเป็นสีดำ (Basta, 2003)

กลไกการก่อโรคของเชื้อราสาเหตุโรคแมลง

เชื้อราทำให้เกิดโรคในแมลงได้โดยการแทงเข้าสู่แมลงทางผนังลำตัว หรือรูหายใจ หรือบาดแผลที่ผนังลำตัว โดยสปอร์ของเชื้อราตกลงบนผนังลำตัวของแมลง เมื่อมีความชื้นที่พอเหมาะ เชื้อรางอก โดยสร้าง germ tube แทะทะลุผนังลำตัวแมลงเข้าไป โดยปกติเข้าบริเวณที่มีผนังบาง ๆ เช่น รอยต่อระหว่างปล้องหรือข้อต่อของร่างกายต่าง ๆ เมื่อเชื้อราเข้าไปในช่องว่างภายในตัวแมลง เจริญสร้างเส้นใยจนเต็มตัวแมลง แย่งแร่ธาตุอาหาร เบียดเบียนและทำลายอวัยวะต่าง ๆ ในตัวแมลง เมื่อแมลงตายเชื้อราแทงทะลุผนังลำตัวแมลงออกมา โดยทั่วไปออกมาตรงจุดที่เชื้อราแทงเข้าไป เชื้อราเริ่มสร้างสปอร์บนผนังลำตัวของแมลง ซึ่งในที่สุดคลุมทั่วตัวแมลง ทำให้แมลงมีลักษณะคล้ายมัมมี่ คือเป็นซากแห้งแข็งและมีสปอร์ขึ้นปกคลุมทั้งตัว ซากแห้งนี้แตกละเอียดเป็นผง เมื่อถูกสัมผัส สปอร์บนผนังลำตัวแมลงปลิวกระจายไป เพื่อเข้าทำลายแมลงตัวอื่นต่อไป นอกจากการเข้าเบียดเบียนและทำลายเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของแมลงแล้ว เชื้อราหลายชนิดสร้างสารพิษทำลายแมลงด้วย เช่น เชื้อราในสกุล *Beauveria* สร้างสารพิษ beauvericin, bassianolide เป็นต้น สารพิษเหล่านี้มีพิษรุนแรงต่อแมลงมากน้อยแตกต่างกัน (ทิพย์วดี, 2535)

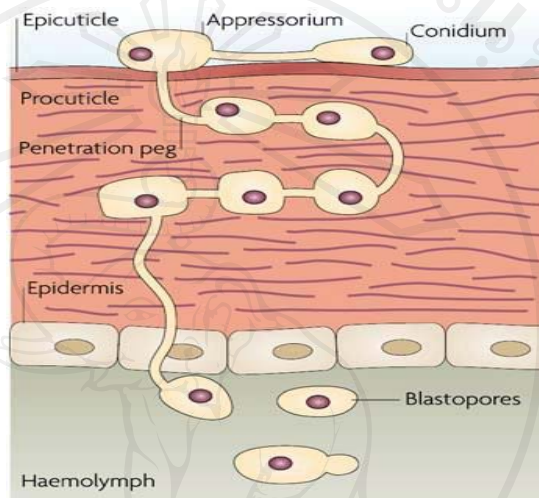
สปอร์เชื้อราเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดโรคแพร่กระจาย การเข้าทำลายของเชื้อราผ่านทางระบบหายใจ และระบบทางเดินอาหารพบน้อยมาก ส่วนใหญ่เข้าก่อโรคทางผนังลำตัว มลิวัลย์ (2539) ได้กล่าวถึงขบวนการทำให้ติดเชื้อ ดังนี้ (ภาพ 8)

1. ระยะประชิดกับผิวลำตัวแมลง (cuticle) อาจเป็นปฏิกริยาร่วม (interaction) ระหว่าง Lipolytic compounds บนผิวของ spore และ lipids บนผิวลำตัวแมลงอาศัย มีส่วนสำคัญในการงอกของ spore

2. ระยะรางอก โดยทั่วไปสปอร์ของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคแมลงพักตัวในสิ่งแวดล้อมทางจุลชีวะที่อุดมสมบูรณ์ เช่น ดิน เป็นต้น ถึงแม้ว่าความชื้นและอุณหภูมิพอเหมาะต่อการงอกสปอร์ แต่สปอร์มักงอกเมื่อได้ประชิดติดลำตัวแมลงอาจเพราะมีการกระตุ้นทางเคมี โคนสารบนผิวลำตัวแมลง และกระตุ้นทางสรีระซึ่งสัมพันธ์กับขบวนการประชิดตัว หรือเป็นการแยกทางสรีระออกจากจุลชีวะซึ่งแข่งขันกันใช้สารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ผิวลำตัวแมลงที่มีชีวิต หรือเพราะการประชิดผิวแมลงทำให้เชื้อราสร้างสารที่ทำให้หักงอคิขึ้นมากกระตุ้นการงอกของสปอร์

3. ระยะแทงทะลุผิว โดยรางอก germ tube ขึ้น ๆ และใช้ germ tube หรือ injection peg ที่ราสร้างขึ้นจากสปอร์ แทะทะลุผิวผนังแมลงเข้าไปภายใน โดยมี appressoria เป็นส่วนช่วยยึดผิวลำตัวแมลงไว้ โดยจากเคมีเป็น enzyme ซึ่งสำคัญ ช่วยในการแทงทะลุผิวลำตัวแมลงที่ประกอบด้วย ไคมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ซับซ้อน โดยเฉพาะ chitin อาจมี enzyme นานาชนิดที่จำเป็นในการแทงผิวผนังลำตัวแมลงของ germ tube

4. ระยะการพัฒนาดำรงตัวแมลง เมื่อเข้าไปเชื้อราสร้าง mycelium ตามทางเดินโลหิตและขยายจำนวนในเลือด โดย mycelium หักออกเป็นท่อนสั้น ๆ และเข้าทำลายอวัยวะต่าง ๆ เช่น fat body เป็นต้น ภายหลังจากที่แมลงตายลงพบว่า mycelium ขยายไปทั่วภายในลำตัวแมลงจนลำตัวเต็มไปด้วยเชื้อราหนาแน่นและแข็ง ต่อมาเชื้อราสร้าง conidiospore แหวงทะลุผ่านออกนอกลำตัวแมลงสร้าง conidia ตรงปลาย



ภาพ 8 การแทงทะลุผ่านผนังลำตัวของเชื้อรา (Thomas and Read, 2007)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคของแมลงโดยเชื้อรา

การที่เชื้อราสามารถทำให้แมลงเกิดโรคตายได้รุนแรงมากน้อยต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของเชื้อรา-แมลง-พืช ที่เรียกว่า Trithrophic เนื่องจากเชื้อราสาเหตุโรคแมลงทุกชนิดไม่สามารถที่เข้าก่อโรคกับแมลง และมีความเหมาะสมในการใช้เชื้อกำจัดแมลงได้ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคของแมลงโดยเชื้อรา มีดังนี้ (มาลี, 2551)

1. สายพันธุ์เชื้อรา

เชื้อราแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการทำให้เกิดโรคกับแมลงได้ต่างกัน ซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ควรเลือกใช้สายพันธุ์เชื้อราที่มีความรุนแรงตามธรรมชาติ เนื่องจากการทำให้เกิดโรคกับแมลงของเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำให้แมลงเกิดโรคและความรุนแรงของเชื้อรา

1.1 ความสามารถในการทำให้แมลงเกิดโรค (pathogenicity) เชื้อราที่สามารถเข้าทำลายและผ่านระบบภูมิคุ้มกันในตัวแมลงอันเป็นสาเหตุที่ทำให้แมลงเป็นโรคนั้น เนื่องจากเชื้อราเข้าไปเจริญแย่งแร่ธาตุอาหารในตัวแมลง หรือสร้างสารที่มีพิษรุนแรงสามารถฆ่าแมลงได้อย่างรวดเร็ว

หากแมลงมีความแข็งแรงอาจทนได้นานหรือสามารถกำจัดเชื้อราออกจากตัวแมลงได้ ความสามารถในการทำให้เกิดโรคของแมลงของเชื้อราแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับสกุลและชนิดของเชื้อรา รวมทั้งสารอาหารที่เหมาะสมต่อการงอกของสปอร์และการเจริญเติบโตของเชื้อรา เนื่องจากการงอกของสปอร์เชื้อราต้องอาศัยสารอาหารที่เหมาะสม ได้แก่ อัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจน เป็นต้น

1.2 ความรุนแรงของเชื้อรา (virulence) การที่เชื้อราสามารถเข้าก่อโรคกับแมลงได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสกุล ชนิด และสายพันธุ์ของเชื้อรา ในบางครั้งเชื้อราสกุลเดียวกันแต่ต่างชนิดอาจมีความรุนแรงในการก่อโรคได้แตกต่างกัน แม้แต่เชื้อราชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์อาจมีผลต่อความรุนแรงในการเกิดโรคกับแมลงได้แตกต่างกัน

2. ชนิดของแมลง

ผนังลำตัวแมลงประกอบด้วยสารไคตินและโปรตีนที่มีปริมาณแตกต่างกันในแมลงแต่ละชนิด สารดังกล่าวมีผลต่อการงอกของสปอร์และการแทงทะลุผ่านผนังลำตัวของเชื้อราเข้าไปในตัวแมลง เมื่อสปอร์งอกผ่านเข้าไปในตัวแมลงสารอาหารภายในตัวแมลงมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา แมลงแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของผนังลำตัวและสารอาหารภายในตัวแตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นตัวกำหนดความเฉพาะเจาะจงของเชื้อราต่อแมลงศัตรูพืชแต่ละชนิด

3. พืช

พืชมีผลต่อการทำให้แมลงเกิดโรคตาย เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีลักษณะทางสรีรวิทยา สัตว์วิทยา และสารเคมีภายในพืช (secondary substance) ที่แตกต่างกัน ความชื้นบริเวณใบพืชหรือการคายน้ำของพืชเป็นตัวช่วยให้เชื้อราเข้าทำลายแมลงได้ดี เพราะสปอร์ของเชื้อราต้องการความชื้นในการงอก ซึ่งความชื้นบริเวณใบพืชหรือความชื้นบริเวณผนังลำตัวแมลงมีผลต่อการงอกของสปอร์มากกว่าความชื้นในบรรยากาศ ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้การใช้เชื้อรากำจัดแมลงประสบความสำเร็จคือ ความคงทนของเชื้อราบนพืชที่แมลงอาศัย เพราะการที่เชื้อราสามารถคงอยู่บนใบพืชได้ในนานขึ้นทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อราในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้มากขึ้น เนื่องจากหลังการพ่นเชื้อราบางส่วนอาจถูกตัวแมลงและบางส่วนกระจายบนใบพืช หากเชื้อรามีความคงทนบนใบพืชเมื่อแมลงเพิ่งออกจากไข่หรือยังไม่ถูกเชื้อราติดบนร่างกาย เชื้อราสามารถที่จะเข้าก่อโรคได้ ซึ่งลักษณะสัณฐานวิทยาของพืช เช่น รูปทรง เนื้อใบ ขนาดรูปร่างใบ และทรงพุ่ม มีผลต่อการคงทนของเชื้อรา เช่น พืชที่มีรูปร่างใบหนาใหญ่ช่วยป้องกันแสงอุตราสวัตกับเชื้อราได้ดีกว่าใบพืชที่เรียวเล็ก หรือขนบนใบพืชช่วยให้สปอร์ของเชื้อราไม่ถูกชะล้างไปจากใบพืชได้ง่าย เป็นต้น

4. ตำแหน่งและวิธีการเข้าสู่ตัวแมลง

เชื้อรามีความแตกต่างจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่สามารถเข้าสู่แมลงได้ทางผนังลำตัว โดยเชื้อราสามารถเข้าสู่แมลงได้ทุกส่วนของตัวแมลง เช่น หัว ตา ขา ปีก โดยเฉพาะตามรอยต่อของข้อปล้องของแมลง เช่น ปล้องอก ปล้องท้อง ปล้องขา หรือแม้แต่ปล้องหนวด เป็นต้น แมลงที่มีผนังลำตัวหนาสามารถทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อราได้ดีกว่าแมลงที่มีผนังลำตัวอ่อนนุ่ม และเชื้อราที่เข้าสู่แมลงระหว่างปล้องของลำตัวยอมทำให้แมลงตายได้เร็วกว่าเชื้อที่เข้าสู่แมลงทางปีก

นอกจากนี้สภาพแวดล้อมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมการระบาดของโรคอันเกิดจากเชื้อรา ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเชื้อ *Metarhizium anisopliae* คือ 25-30 องศาเซลเซียส และไม่เจริญเติบโตถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส สำหรับความชื้นนั้นเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับการงอกของสปอร์ เชื้อราหลายชนิดต้องการความชื้นถึง 95-100 เปอร์เซ็นต์ สปอร์จึงงอกได้ เช่น เชื้อ *Spicaria rileyi* ทำให้แมลงตายได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นในบรรยากาศสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแสงแดดมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยแสงอุลตราไวโอเลตที่มีในแสงแดดมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา อาจยับยั้งการเจริญเติบโต ทำให้ตายหรือทำให้กลายพันธุ์ได้ ในทางอ้อมแสงแดดทำให้อุณหภูมิสูงและความชื้นลดต่ำลง มีผลต่อการงอกของสปอร์และการเจริญเติบโตของเชื้อรา นอกจากนี้ความมืดความสว่างมีผลต่อการสร้างสปอร์ชนิดต่าง ๆ ด้วย เช่น ถ้าเลี้ยงเชื้อราในที่มืดมักสร้าง azygospores เป็นต้น (ทิพย์วดี, 2533)

การกำจัดแมลงศัตรูพืชมีหลายวิธี แม้ว่าการใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นวิธีที่ดีทั้งกับผู้ใช้ ผู้บริโภคอาหาร และสภาพแวดล้อม แต่ทุกสถานการณ์ของการเกษตรหรือการปลูกพืชพันธุ์ธัญญาหารเหมาะสมต่อการใช้เชื้อจุลินทรีย์ ในบางสถานการณ์อาจใช้วิธีการอื่นได้ดี บางสถานการณ์อาจใช้เชื้อจุลินทรีย์ได้ผลดีหรือเหมาะสม ทั้งนี้จำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนการตัดสินใจใช้วิธีการกำจัดแมลง เพื่อให้เกิดความเหมาะสม ให้ผลดีทั้งเศรษฐกิจและสังคม สถานการณ์ที่เหมาะสมต่อการใช้เชื้อจุลินทรีย์ควบคุมศัตรูพืช ทิพย์วดี (2535) ได้กล่าวไว้ คือ

1. ใช้กำจัดแมลงที่ต้านทานต่อสารเคมีจนการใช้สารเคมีให้ผลไม่คุ้มค่า
2. ใช้กำจัดแมลงที่ทำลายพืชที่ใช้บริโภค
3. ใช้ในที่ที่ซึ่งสภาพนิเวศวิทยา ไม่สามารถให้ถูกทำลายได้ด้วยสารเคมี เช่น สภาพป่าไม้ ที่มีสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ เกี่ยวข้องอยู่ด้วยมากมาย การใช้สารเคมีไม่เพียงแต่กำจัดแมลงเป้าหมายแต่

เป็นการทำลายสภาพนิเวศวิทยาของป่าไม้นั้นด้วย

4. ใช้กำจัดแมลงศัตรูหม่อน ซึ่งเป็นพืชชนิดเดียวที่ใช้เลี้ยงหนอนไหม การใช้สารเคมีเป็นอันตรายกับหนอนไหมที่เลี้ยง

5. ใช้กำจัดแมลงศัตรูในรังผึ้ง ซึ่งไม่สามารถใช้สารเคมีได้เพราะเป็นอันตรายกับผึ้ง การใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับแมลงศัตรูในรังผึ้งมีความเหมาะสมกว่า

6. ใช้กำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บ ซึ่งพืชอาหารเหล่านั้นถูกนำมาใช้บริโภคในเวลาต่อไป การใช้สารเคมีเป็นอันตรายโดยตรงต่อผู้บริโภค

การใช้เชื้อราสาเหตุโรคแมลงในการควบคุมแมลงหิวข้าวโรงเรือนครั้งนี้ เป็นการนำเชื้อราสาเหตุโรคแมลงที่พบเข้าทำลายแมลงหรือสายพันธุ์ในประเทศไทย มาทำการคัดเลือกเชื้อราที่มีความเหมาะสมในการป้องกันกำจัดแมลงหิวข้าวโรงเรือน และเพื่อพัฒนาให้เป็นสารชีวภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้ควบคุมแมลงหิวข้าวโรงเรือนในประเทศไทย