บทที่ 1
บทนำ

บริเวณภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบนซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการชลประทาน เป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญของประเทศไทย สามารถปลูกข้าวได้ปีละมากกว่าหนึ่งครั้ง แต่มักประสบปัญหาเกี่ยวกับศัตรูพืช ซึ่งได้แก่โรคและแมลงศัตรู แมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดของข้าวในภาคกลางคือเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal.) ซึ่งเข้าทำลายสร้างความเสียหายให้กับนาข้าวทั้งนาปีและนาปรัง การเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลก่อให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรง เพราะไม่เพียงแต่จะสร้างความเสียหายจากการเข้าทำลายโดยตรงเท่านั้น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลยังเป็นพาหะนำโรคไวรัสมาสู่ต้นข้าว ทำให้เป็นโรคใบหงิก ในการป้องกันกำจัดโดยทั่วไปมักใช้สารเคมี เนื่องจากได้ผลรวดเร็ว แต่ผลเสียของการใช้สารเคมี คือมีสารพิษตกค้างในสภาพแวดล้อมมาก เนื่องจากเกษตรกรมักใช้สารเคมีเกินอัตราแนะนำ นอกจากนี้ยังมีการใช้พันธุ์ต้านทานและการควบคุมวิธีอื่นร่วมกัน เช่นการจัดการสภาพแวดล้อมให้ไม่เหมาะต่อการแพร่ระบาดของแมลง การปลูกพืชหมุนเวียน เป็นต้น ซึ่งตามปกติในสภาพธรรมชาติแมลงมีศัตรูธรรมชาติควบคุมปริมาณให้อยู่ในสภาวะสมดุล ศัตรูธรรมชาติเหล่านี้ได้แก่ แมลงตัวห้ำ แมลงตัวเบียน และเชื้อโรค เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีเชื้อโรคหลายชนิดเข้าทำลายในสภาพธรรมชาติ โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยก็จะเกิดการระบาดของเชื้อโรคเหล่านี้ในประชากรแมลง งานวิจัยนี้จึงมุ่งให้ความสนใจเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคของเพลี้ย โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะนำเชื้อราสาเหตุโรคของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยชีววิธี ซึ่งอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่จะลดการใช้สารเคมีในการควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

เพื่อหาเชื้อราที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และมีศักยภาพในการทำลายซึ่งอาจประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เป็นแนวทางหนึ่งในการลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูในนาข้าว

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

เชื้อราที่แยกได้สามารถนำไปใช้ในการควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพื่อลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูในนาข้าว

สถานที่ทำการทดลอง

1. ห้องปฏิบัติการราวิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เรือนต้นไม้ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตรวจเอกสาร

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เป็นแมลงประเภทปากดูด (sucking type) จัดอยู่ในวงศ์ Delphacidae และอยู่ในอันดับ Homoptera ตัวเต็มวัยมีขนาดประมาณ 3 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1) ลำตัวมีสีเทาหรือสีน้ำตาล ลักษณะเด่นที่ใช้ในการจำแนกแมลงชนิดนี้คือที่ tibia ของขาคู่หลังมี apical spur ซึ่งเป็นหนามที่เคลื่อนไหวได้ ขนาดใหญ่ (Borror and White, 1979) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจำแนกได้ 2 ชนิด โดยใช้รูปแบบปีกเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง คือชนิดปีกสั้นและชนิดปีกยาว Kisimoto (1957) ได้ศึกษารูปแบบปีกของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบว่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีปีกสั้นเมื่อเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ส่วนปีกยาวนั้นเป็นแบบปีกที่พัฒนาสำหรับสภาพที่ไม่เหมาะสมในการดำรงชีพและเพื่อหาที่อยู่ใหม่

วงจรชีวิตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เริ่มจากตัวเมียวางไข่ที่กาบใบ หรือบริเวณเส้นกลางใบ โดยวางไข่เป็นแถว ตัวเมียปีกสั้นออกไข่ประมาณ 214-346 ฟองต่อตัว ตัวเมียปีกยาวออกไข่ประมาณ 182-301 ฟองต่อตัว ระยะไข่ใช้เวลาประมาณ 6-8 วัน หลังจากนั้นจะกลายเป็นตัวอ่อน ซึ่งจะลอกคราบ 6 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 12-16 วัน จึงกลายเป็นตัวเต็มวัย ตัวเมียมีอายุประมาณ 17 วัน ตัวผู้มีอายุประมาณ 15 วัน ในหนึ่งอายุขัยใช้เวลาประมาณ 25-35 วัน (ไสว บูรณพานิชพันธ์, 2524) ตัวเต็มวัยที่มีปีกยาวสามารถอพยพเคลื่อนย้ายไปที่อื่น โดยมีกระแสลมพัดพาไปไกลมากกว่า 500 กิโลเมตร ในระบบนิเวศน์ที่มีความเหมาะสม เช่น สภาพอากาศที่เอื้ออำนวย หรือใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ต้านทาน แมลงชนิดนี้สามารถเพิ่มประชากรได้สูงถึง 21 เท่าต่อหนึ่งอายุขัย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2535)

ลักษณะการเข้าทำลาย

การเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมี 2 ลักษณะ คือ

1. การเข้าทำลายโดยตรงโดยดูดกินน้ำเลี้ยงจากต้นข้าว ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นข้าวที่บริเวณกาบใบเหนือระดับน้ำเล็กน้อย ทำให้ต้นข้าวเหลืองและแห้งตายเป็นหย่อมๆ เรียกว่า hopper burn (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2535 ; IRRI, 1983)

2. เป็นพาหะนำเชื้อไวรัส เมื่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดูดกินน้ำเลี้ยงจากต้นข้าวที่เป็นไวรัส เชื้อไวรัสจะพักตัวในแมลงนานประมาณ 8 วันโดยเฉลี่ย เมื่อแมลงดูดกินน้ำเลี้ยงจากต้นข้าวจะถ่ายทอดเชื้อไวรัส หลังจากนั้นประมาณ 15-30 วัน ต้นข้าวที่ได้รับเชื้อจะแสดงอาการโรคใบหงิก (ragged stunt) หรือที่เกษตรกรเรียกกันโดยทั่วไปว่า "โรคจู๋" อาการของโรคคือ

ข้าวต้นเตี้ย ใบสีเขียวเข้ม แคบและสั้น ใบใหม่จะแตกช้ากว่าปกติและไม่สมบูรณ์ ปลายใบบิดเป็นเกลียวซึ่งเป็นลักษณะเด่นของโรคนี้ นอกจากนี้ขอบใบจะแหว่งวิ่น และเส้นใบบวมโป่งเป็นแนวยาวทั้งที่ใบและกาบใบ ข้าวที่เป็นโรคนี้มักออกรวงช้าและให้รวงไม่สมบูรณ์ รวงให้เมล็ดลีบเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ผลผลิตลดลงหนึ่งในสามถึงสองในสาม และถ้ามีโรคแทรก เช่นโรคเมล็ดด่างและโรคใบขีดสีน้ำตาล ซึ่งทั้งสองโรคนี้มักพบเสมอในข้าวที่เป็นโรคจู๋ อาจทำให้ผลผลิตเสียหายถึง 100 เปอร์เซนต์ (สมคิด ดิสถาพร, 2525 ; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2535)

ภาพที่ 1 เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระยะตัวเต็มวัย
(ขนาดประมาณ 3 มิลลิเมตร)

ประวัติการระบาด

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีประวัติการระบาดในประเทศไทยมานานกว่า 20 ปี ทำความเสียหายทั้งนาปีและนาปรัง โดยทำให้ต้นข้าวแห้งตายและเป็นพาหะนำโรคใบหงิก ซึ่งพบโรคนี้ครั้งแรกในปี 2519 และต่อมาในปี 2523 พบว่ามีการระบาดมากที่สุดเป็นพื้นที่กว่า 690,000 ไร่ เนื่องจากในระยะนั้นมีการปลูกข้าวพันธุ์ กข7 แบบนาน้ำตมกันมาก ซึ่งข้าวพันธุ์ กข7 ไม่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หลังจากนั้นการระบาดได้ลดความรุนแรงลง เนื่องจากมีการนำข้าวพันธุ์ต้านทานมาใช้ ซึ่งได้แก่ ข้าว กข21 และ กข23 หลังจากนั้นเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้เริ่มระบาดอย่างรุนแรงอีกครั้งหนึ่ง ตั้งแต่ช่วงปลายฤดูทำนาปี 2532 ในพื้นที่ 13 จังหวัดของภาคกลาง ภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันตกและภาคตะวันออก ซึ่งมีพื้นที่ระบาด 937,816 ไร่ เนื่องจากลักษณะการทำนาบริเวณที่มีการระบาดดังกล่าวส่วนใหญ่อยู่ในเขตชลประทานจึงสามารถทำนาได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสะสมของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้มีมากขึ้นเป็นลำดับ และมีการระบาดอย่างรุนแรงยิ่งขึ้นในช่วงฤดูนาปรัง 2532/2533 เป็นพื้นที่ 2.3 ล้านไร่ และในฤดูนาปี 2533 มีพื้นที่ระบาด 3.8 ล้านไร่ ซึ่งทางหน่วยราชการได้ดำเนินการช่วยเหลือเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง จึงสามารถควบคุมการระบาดได้ และภายหลังที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไม่มีการระบาดแล้ว เกษตรกรได้ใช้ข้าวพันธุ์อ่อนแอ เช่น สุพรรณบุรี 60 และสภาพแวดล้อมเอื้ออำนวย ทำให้เกิดการระบาดขึ้นมาอีกในปี พ.ศ 2535 ในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง 236,866 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2535)

สาเหตุของการระบาด

1. เกษตรกรนิยมปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตมแผนใหม่และใช้อัตราแม่ล็ดพันธุ์สูงถึง 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอัตราแนะนำคือ 10-15 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ต้นข้าวขึ้นหนาแน่น การถ่ายเทอากาศบริเวณโคนกอข้าวน้อย ทำให้ความชื้นบริเวณโคนกอข้าวสูง เหมาะแก่การเพิ่มปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

2. การใช้ปุ๋ยยูเรียในปริมาณที่มากกว่าปกติ เพื่อเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น ทำให้ลำต้นข้าวอวบอ่อนและขึ้นหนาแน่น

3. การปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง ทำให้แมลงมีอาหารและพืชอาศัยอย่างสมบูรณ์อยู่ตลอดเวลา

4. การปลูกข้าวพันธุ์อ่อนแอ เช่น สุพรรณบุรี 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง แตกกอดี เมล็ดยาวและแกร่งดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น เป็นที่ต้องการของโรงสี แต่ไม่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. สภาพแวดล้อมเกิดการวิกฤติอย่างรุนแรง มีความเหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณและการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

6. การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดอย่างต่อเนื่อง ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันแมลงศัตรูธรรมชาติได้ลดจำนวนลง เนื่องจากการใช้สารเคมี ทำให้จำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไม่มีศัตรูธรรมชาติควบคุมปริมาณให้สมดุล (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2535 ; Chui, 1979)

การป้องกันกำจัด

ในการควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้อยู่ในระดับที่ไม่ทำความเสียหายต่อผลผลิตนั้นมีหลายวิธี ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น

1. การควบคุมโดยวิธีการเขตกรรม (Cultural control)

การควบคุมโดยวิธีเขตกรรม หมายถึง การพัฒนาหรือดัดแปลงวิธีการเพาะปลูกเพื่อลดความชุกชุมของศัตรูพืช หรือทำให้น้อยลง (บรรพต ณ ป้อมเพชร, 2525) สำหรับการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยวิธีนี้สามารถทำได้โดย

1.1. ควรปลูกข้าวไม่เกินปีละ 2 ครั้ง โดยให้มีระยะเวลาที่ไม่ปลูกข้าวในแต่ละปี และควรมีการไถกลบตอซังข้าวหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว

1.2. การใช้ปุ๋ยอย่างระมัดระวัง โดยแบ่งการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 3 ครั้ง ในแต่ละฤดูปลูก โดยใช้ครั้งแรกเมื่อต้นข้าวเป็นต้นกล้าอายุ 20 วันหลังการหว่าน ครั้งที่ 2 เมื่อต้นข้าวอายุประมาณ 35 วันนับจากวันที่หว่านเมล็ด และครั้งสุดท้ายเมื่อต้นข้าวตั้งท้อง หรือประมาณ 60 วัน นับจากวันที่หว่านเมล็ด

1.3. เพื่อเป็นการลดประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ควรปล่อยน้ำออกจากนาเป็นเวลา 3-4 วัน ในช่วงที่พบว่ามีการรบกวนจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

1.4. กำจัดแหล่งของไวรัสในข้าวและวัชพืชโดยการไถกลบตอซัง

1.5.การปลูกข้าวพันธุ์ต้านทานเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ข้าวพันธุ์ต้านทานที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ข้าวพันธุ์ กข9 กข21 กข23

1.6.จัดระบบการปลูกพืชหมุนเวียนในนาและการเขตกรรมในแหล่งชลประทานเพื่อตัดชีพจักรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2535 ; Pathak and Khan, 1994 ; Reissig et al., 1985)

2. การควบคุมโดยการใช้สารเคมี (Chemical control)

ในพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จำเป็นต้องใช้สารเคมีกำจัดแมลง เมื่อสำรวจพบจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 5-10 ตัวต่อข้าว 1 กอ เมื่อข้าวมีอายุ 30 วันหลังการปักดำ ในกรณีที่มีโรคใบหงิกระบาดให้ใช้สารเคมีเมื่อพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 1 ตัวต่อกอ ในการใช้สารเคมีกำจัดแมลง ควรหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีบางประเภทที่มีฤทธิ์กว้าง (board spectrum)ซึ่งจะทำลายแมลงศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Reissig et al., 1985) แต่อย่างไรก็ดี มักปรากฏว่าเกษตรกรใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ทำลายกว้าง และมักใช้ในอัตราที่สูงเกินความจำเป็น ทำให้ศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลถูกทำลาย อีกทั้งยังก่อปัญหาสารพิษตกค้างในดินและแหล่งน้ำ

3. การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control)

บรรพต (2525) ได้ให้ความหมายของการควบคุมโดยชีววิธีว่า เป็นการควบคุมจำนวนพืชหรือสัตว์โดยการทำลายของสิ่งมีชีวิตอื่น ได้แก่ ศัตรูธรรมชาติ (natural enemies) เช่น ตัวห้ำ (predators) ตัวเบียน (parasites) และเชื้อโรค (pathogens) รวมไปถึงการที่มนุษย์นำศัตรูธรรมชาติมาใช้ในการควบคุมจำนวนศัตรูพืช หรือวัชพืช

ศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแหล่งปลูกข้าวของประเทศไทยและประเทศแถบเอเชียมีอยู่หลายกลุ่ม ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการเข้าทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เช่น ตัวเบียนไข่ (egg parasites) ได้แก่แมลงในชั้น Hymenoptera วงศ์ Mymaridae ได้แก่ *Anagrus optabilis* , *Gonatocerus* sp. , *Mymar taprobanicum* และ *Polynema* sp. วงศ์ Trichogramma tidae ได้แก่ *Oligosita* sp. , *Paracentrobia garuda* , *P. yasumutsui* เป็นต้น สำหรับตัวเบียนของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยได้แก่ *Pseudogonatopus hospes* , *Elenchus yasumutsui* และ *Tomosvaryella subviresens* แมลงตัวห้ำได้แก่ *Cyrtorhinus lividipennis* , *Paederus fuscipes* , *Micrapis discolor* และ *M. vincta* (Chui , 1979 ; Pathak and Khan, 1994 ; Gupta and Pawar, 1989 ; Hirashima et al.,1979) แมลงศัตรูธรรมชาติเหล่านี้สามารถควบคุมปริมาณประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ให้อยู่ในระดับที่ไม่ทำความเสียหายต่อผลผลิตของข้าว แต่จากการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอย่างต่อเนื่องและเกินความจำเป็น ทำให้ศัตรูธรรมชาติลดจำนวนลง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจึงแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว

ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยชีววิธีนั้น มักกล่าวถึงการใช้แมลงศัตรูธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ ส่วนเชื้อโรคของแมลงนั้นมีผู้สนใจศึกษาน้อย โดยมีจุดสนใจจากการพบเชื้อโรคบนตัวเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ตาย เช่นในประเทศอินเดีย Srivastava และ Nayak ได้รายงาน

ในปี 1978 ว่าพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยตายเป็นจำนวนมากในกรงเลี้ยง ช่วงระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ปี 1976 พบว่ามีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Beauveria bassiana* และเมื่อนำเชื้อราไปทดสอบกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลปกติในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยมีความชื้นมากกว่า 87% พบว่าเชื้อราสามารถเข้าทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าจะนำไปใช้ในสภาพไร่นาได้ ในปี 1987 Gunathiragaraj และคณะได้พบรา *Absidia colymbifera* เข้าทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในกรงเลี้ยงแมลงเป็นครั้งแรกและพบว่าเชื้อรานี้ 10^6 สปอร์/มล. มีคุณสมบัติในการเป็นเชื้อโรคของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังมีรายงานการสำรวจพบเชื้อราอีกหลายชนิดที่เข้าทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพธรรมชาติได้แก่ *Beauveria bassiana* , *Hirsutella citriformis*, *Metarhizium anisopliae* , *Erynia delphacis* , *Entomophthora fumosa* , *E. delphacis* และ *Conidiobolus* sp. เป็นต้น (Hirashima et al., 1979 ; Chui, 1979 ; Reissig et al ., 1985 ; Li , 1985 ; Gupta and Pawar, 1989 ; Rombach and Robert, 1989 ; Pathak and Khan, 1994)

เชื้อราที่ก่อโรคต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตามธรรมชาติเหล่านี้ ได้มีการนำมาทดสอบความสามารถในการเข้าทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ปกติในสภาพห้องปฏิบัติการ Gillespie (1986) ได้รายงานพบเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* จำนวน 4 สายพันธุ์ และเชื้อรา *Paecilomyces farinosus* 1 สายพันธุ์ เป็นเชื้อโรคอย่างรุนแรงของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่เชื้อรา *Beauveria bassiana* และ *Verticillium lecanii* นั้นกลับเป็นเชื้อโรคที่มีความรุนแรงต่ำและปานกลางซึ่งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อรา และเมื่อนำเชื้อ *M. anisopliae* สายพันธุ์หนึ่งมาทดสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่าไม่สามารถก่อให้เกิดโรคต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล Kuruvilla และ Jacob (1980) ได้ทดสอบความสามารถในการก่อโรคของเชื้อรา *Paecilomyces farinosus* ในสภาพห้องปฏิบัติการ ซึ่งเชื้อราชนิดนี้มีแนวโน้มว่าสามารถเข้าทำลายแมลงได้หลายชนิดรวมทั้งเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล Li (1986) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana* ในสภาพ field cage ในประเทศจีน โดยใช้ในรูปผงฝุ่นที่ผสมสปอร์ในอัตรา $11x10^8$ conidia/g. พบว่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีความอ่อนแอต่อราชนิดนี้ โดยมีอัตราการตาย 91-96% Rombach และคณะ (1986) ได้ทำการทดลองในประเทศฟิลิปปินส์โดยใช้เส้นใยแห้งของ *M. anisopliae* ในอัตรา 700 , 3500 และ 7000 g/ha และใช้สปอร์แขวนลอยในอัตรา $2.5x10^{12}$ conidia/ha สามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ และในปีเดียวกันได้ทดสอบเชื้อราโรคแมลงในกลุ่ม Hyphomycetes ในสภาพไร่นาโดยใช้สปอร์แขวนลอยของ *M. anisopliae* , *M. flavoviride* , *B. bassiana* และ *Hirsutella citriformis* ในอัตราความเข้มข้น $4.5x10^{12}$ conidia/ha และใช้

M. anisopliae และ *Paecilomyces lilacinus* ในรูปของเส้นใยแห้งในอัตรา 1.5-2 kg/ha มีอัตราการตายของแมลงเนื่องจากเชื้อราเข้าทำลายในช่วง 63-98% ในเวลา 3 สัปดาห์ โดยเชื้อราแต่ละสายพันธุ์ให้ผลไม่แตกต่างกัน การใช้เส้นใยจะทำให้เกิดการสร้างสปอร์บนต้นพืช และมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการใช้สปอร์แขวนลอย (Rombach, 1986b) ในประเทศเกาหลี Aguda และคณะ (1987) ได้เคยทดลองใช้เส้นใยแห้งของเชื้อรา *B. bassiana* ในอัตราต่างๆ กัน และใช้สปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *B. bassiana* , *M. anisopliae* และ *M. flavoviride* var. *minus* เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการเข้าทำลายเพลี้ยในสภาพไร่นา เมื่อใช้เส้นใยแห้งในอัตรา 200 และ 2000 g/ha และใช้สปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *B. bassiana* และ *M. anisopliae* ในอัตรา $7.5x10^{12}$ conidia/ha และเชื้อ *M. flavoviride* อัตรา $4x10^{12}$ conidia/ha สามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอย่างชัดเจน ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้น ส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้เพียงวิธีใดวิธีหนึ่งแต่มักจะใช้หลายๆ วิธีร่วมกัน ในประเทศจีนมีการใช้วิธีควบคุมแมลงศัตรูข้าวแบบผสมผสานซึ่งประกอบด้วย การใช้วิธีเขตกรรม การใช้พืชต้านทาน การใช้สารเคมี การควบคุมโดยชีววิธีรวมไปถึงการใช้วิธีกล (Chui, 1984) ซึ่งการควบคุมแมลงศัตรูข้าวแบบผสมผสาน ช่วยลดการใช้สารเคมีลงได้ถึง 49-82% ดังนั้นจึงก่อมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ทั้งยังเป็นการอนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติได้เป็นอย่างดี Yu และคณะ (1989) ได้ทดลองเลี้ยงปลา 3 ชนิด คือ *Ctenopharyngodon idella* , *Cyprinus carpio* [Carp] และ *Tilapia nilotica* ในนาที่ปลูกข้าวก่อนฤดู ทำให้ประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในรุ่นที่ 5 ลดลง 51.2-55.5% ในประเทศฟิลิปปินส์ ได้มีรายงานความสำเร็จในการใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดาในการควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในโครงการควบคุมแบบผสมผสาน (Schmutterer, 1985) โดยน้ำคั้นจากใบสะเดามีคุณสมบัติขับไล่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Teian et al.,1994)

คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่จะนำมาใช้ควบคุมแมลงโดยชีววิธี (Tanada, 1967)

1. พันธุ์และสายพันธุ์

จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคมีหลายกลุ่มได้แก่ รา แบคทีเรีย โปรโตซัว ไวรัส เป็นต้น ในจุลินทรีย์แต่ละกลุ่ม จะมีเพียงไม่กี่พันธุ์หรือสายพันธุ์เท่านั้นที่มีคุณสมบัติเป็นเชื้อโรคของแมลง ดังนั้นในการนำจุลินทรีย์มาใช้ในการควบคุมแมลงจำเป็นต้องคัดเลือกพันธุ์และสายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติดีที่สุด และมีความจำเพาะเจาะจงต่อแมลงเป้าหมาย

2. ความรุนแรงของเชื้อ

ความรุนแรงของเชื้อในการก่อให้เกิดโรคต่อแมลง ถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเชื้อโรคในการเป็น microbial insecticide ซึ่งจะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับความสามารถของเชื้อโรคในการบุกรุก และทำให้เกิดอาการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อและอวัยวะของแมลงที่เป็น host ซึ่งความมีพิษร้ายแรงอาจวัดได้โดยดูจากความรุนแรงของปฏิกิริยาที่แมลงอาศัยแสดงเมื่อได้รับเชื้อ

3. สารพิษ

จุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อสาเหตุโรคส่วนใหญ่ จะสร้างสารที่เป็นพิษ ซึ่งทำอันตรายต่อแมลงและมักเป็นสาเหตุทำให้แมลงตาย แต่ระดับความเป็นพิษของสารเหล่านั้นมักแตกต่างกัน ในขั้นตอนการเลือกใช้จุลินทรีย์จึงควรพิจารณาถึงสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เพราะไม่เพียงแต่จะทำให้สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อแมลงได้เท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปหากสามารถสกัดสารพิษมาใช้โดยตรง เนื่องจากสามารถลดขั้นตอนการใช้จุลินทรีย์ซึ่งยุ่งยากกว่า

4. ความคงทนของเชื้อ

จุลินทรีย์ที่จะใช้ควบคุมโดยชีววิธีได้ ควรจะมีคุณสมบัติที่มีอายุการอยู่รอดนาน สามารถเก็บรักษาไว้ได้ในช่วงเวลาหนึ่ง และคงความรุนแรงในการก่อโรคจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างสปอร์ที่คงทนต่อสภาวะแวดล้อม จะนำไปใช้ได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ เพราะจะนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องพ่นสารเคมีได้ สปอร์ของเชื้อรากลุ่ม Entomogenous Hyphomycetous fungi นั้น การอยู่รอดของเชื้อจะขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความชื้น แสง

5. การฉีดพ่นเชื้อ

ในการใช้เชื้อราในการควบคุมแมลงในทางปฏิบัตินั้น ต้องใช้อุปกรณ์ในการฉีดพ่น ในการใช้จะต้องพึงระวังไว้ว่าเครื่องมืออุปกรณ์จะต้องไม่มีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ ควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงและการใช้ตัวทำละลายที่เป็นพิษ ต้องปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างให้เหมาะสม

6. ปัญหาการทำให้เกิดโรคกับสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังและพืช

ตามปกติแล้วเชื้อก่อโรคต่อแมลงจะไม่ก่อให้เกิดโรคกับคน ยกเว้นบางกรณี เช่น entomogenous fungi บางชนิดก่อให้เกิดโรคในสัตว์มีกระดูกสันหลัง สปอร์ของ *Beauveria bassiana* ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ ปวดหัวและมีอาการแพ้ เชื้อรา *Entomophthora coronata* ซึ่งทำลายแมลงได้หลายชนิด ก่อให้เกิด phycomycosis ในม้าและ nasal granuloma ในเด็กผู้ชาย นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรคพืช เชื้อจุลินทรีย์ที่จะนำมาใช้ไม่ควรเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่อสัตว์มีกระดูกสันหลังและพืช ดังนั้นควรต้องมีการตรวจสอบอย่างรอบคอบก่อนที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ

Roberts และ Yendol (1971) ได้รายงานถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเกิดโรคราของแมลงว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอยู่ 3 ปัจจัยหลัก คือ เชื้อโรค แมลงอาศัย และ สภาพแวดล้อม

1. เชื้อโรค หรือเชื้อราสาเหตุโรค จะเกี่ยวข้องกับการแพร่กระจาย การคงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมของเชื้อรา ปริมาณเชื้อราที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อม และความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อรา หมายถึงจะต้องมีเชื้อราสาเหตุโรคแพร่กระจายอยู่ในสภาพแวดล้อมซึ่งอาจอยู่ในรูปของสปอร์รูปแบบต่างๆ และสามารถคงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อม ความสามารถในการคงชีวิตของสปอร์จะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง (Tanada, 1967) และมีเชื้อราในปริมาณที่เพียงพอในการก่อให้เกิดโรคต่อประชากรแมลง นอกจากนี้เชื้อราสาเหตุโรคต้องมีความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรค (Roberts and Yendol, 1971) ซึ่งความรุนแรงของเชื้อจะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์และสายพันธุ์ เกี่ยวเนื่องกับพันธุกรรมของเชื้อราเอง (มลิวัลย์ ปันยารชุน, 2539) ความสำเร็จในการใช้เชื้อราในการควบคุมปริมาณแมลงนั้นขึ้นอยู่กับการใช้สายพันธุ์ที่มีความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคเป็นส่วนใหญ่ (Veen, 1968 อ้างโดย Daoust and Roberts, 1982)

2. แมลงอาศัย

2.1 ความหนาแน่นของประชากรแมลง การแพร่ระบาดของโรครานั้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากรชนิดไม่สมบูรณ์ กล่าวคือบางครั้งจะพบแมลงที่เป็นโรคราตายกระจัดกระจายทั่วไปในพื้นที่ที่มีประชากรของแมลงชนิดนั้นอยู่ในระดับต่ำ แต่ประชากรแมลงที่มีความหนาแน่นสูง เหมาะแก่การแพร่ระบาดของเชื้อ (Fawcette, 1944)

2.2 ความอ่อนแอต่อโรคของแมลงอาศัยขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของผิวลำตัวแมลง ซึ่งจะแปรผันตามอาหาร และความหนาแน่นเบียดเสียดของแมลง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าแมลงอาศัยจะมีความอ่อนแอต่อโรคเมื่ออยู่ในระหว่างการลอกคราบ (Rockwood, 1950 อ้างโดย Roberts and Yendol, 1971)

3. สภาวะแวดล้อม

ในการเกิดโรคราของแมลง สภาพแวดล้อมที่อยู่รอบๆ เชื้อรามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีอิทธิพลโดยตรงต่อการพัฒนาของโรค ซึ่งได้แก่

3.1 อุณหภูมิ การเจริญของราโดยทั่วๆ ไป มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ 20-30° C ซึ่งจะแปรผันไปตามชนิดของราด้วย (Roberts and Yendol, 1971 : Fawcette, 1944)

3.2 เชื้อรามักต้องการความชื้นสูงๆ (มากกว่า 92.5%) สำหรับการงอก และการก่อให้เกิดโรค (Gillespie and Jimenez, 1990 : Samuels et al.,1989) สปอร์ของเชื้อราต้องการความชื้นสำหรับการแพร่กระจาย และการทำให้เกิดการติดเชื้ออย่างรุนแรงมากขึ้น ซึ่งสปอร์ของรามักถูกสร้างบนซากแมลงที่ตายเมื่อมีความชื้นสูง (Roberts and Yendol. 1971) การติดเชื้อของโรคที่เกิดจากเชื้อราจะเกี่ยวข้องกับช่วงระยะเวลาที่มีความชื้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่มีฝน ผู้วิจัยส่วนใหญ่เห็นพ้องกันว่า ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อเชื้อราสาเหตุโรค แต่ Schaerffenberg (1964) ยืนยันว่าปัจจัยเหล่านี้มีบทบาทไม่มากนัก ยกเว้นในขณะที่มีการงอก ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความชื้นสูง เขาเชื่อว่าความอ่อนแอของแมลงอาศัยและความรุนแรงในการก่อโรคของเชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญในการทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรค

3.3 แสง แสงมีผลกระทบทั้งต่อความคงชีวิตของสปอร์ และการสร้างสปอร์บนแมลงอาศัยหลังจากที่แมลงตายแล้ว (Roberts and Yendol, 1971) นอกจากนี้ยังจำเป็นต่อการสร้างสปอร์ (Fawcette, 1944) แสงอาทิตย์ (ซึ่งหมายถึงรังสี ultra violet) สามารถฆ่าสปอร์ได้ (Muller-Kogler, 1965 อ้างโดย Roberts and Yendol, 1971) ดังนั้นการหลีกเลี่ยงปัญหานี้สามารถทำได้โดยใช้เชื้อราฉีดพ่นหรือวิธีอื่นๆ ในช่วงเวลาเย็น

จากปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น พบว่าในสภาพการปลูกข้าวในเขตร้อน ซึ่งมักปลูกในสภาพดินที่มีน้ำท่วมขัง ทำให้ความชื้นในระหว่างกอข้าวสูง โดยเฉพาะช่วงกลางคืน จึงมีความชื้นสัมพัทธ์พอเหมาะต่อการงอกของสปอร์ของเชื้อรา นอกจากนี้ยังมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 20-35° C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่พอเหมาะสำหรับการงอกและการเจริญอย่างรวดเร็วของสปอร์ของเชื้อรา ดังนั้นจึงเอื้ออำนวยอย่างมากต่อการใช้เชื้อราในการควบคุมปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Gillespie and Jimenez, 1990)

การคงระดับและการเพิ่มระดับความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อรา

ในเชื้อราสาเหตุโรคแมลงบางตัว ความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคอาจเปลี่ยนแปลงไปเมื่อย้ายเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อหลายๆ ครั้ง (Schaerffenberg, 1964) นอกจากนี้ยังทำให้ความสามารถในการสร้างสารพิษของเชื้อราลดลงไปด้วย (West and Briggs, 1968) ดังนั้นสปอร์ของเชื้อราที่เก็บไว้ในระยะเวลาสั้นๆ หลังจากที่แยกได้จากแมลง ควรเก็บไว้เป็นหัวเชื้อสำหรับการผลิตสปอร์ไว้ใช้ต่อไป ซึ่งการเก็บสามารถทำได้โดยเก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำ เช่นเก็บในไนโตรเจนเหลว (Hwang, 1968a,b ; Gillespie and Jimenez, 1990) หรือโดยเทคนิคการทำให้แห้ง (Samson, 1981)

ในเชื้อราสาเหตุโรคของแมลงบางชนิด เมื่อระดับความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคลดลง สามารถทำให้ระดับความรุนแรงกลับสู่ระดับเดิมโดยการนำไปเลี้ยงผ่านบนตัวแมลงหรือการปลูกเชื้อบนตัวแมลงหลายๆครั้ง ก็จะช่วยให้ระดับความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคกลับคืนมาสู่ระดับเดิมได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อราด้วย (Al- Aidroos and Roberts, 1978)

สารพิษของเชื้อราสาเหตุโรคแมลง

เชื้อราก่อโรคต่อแมลงมักพิชิตแมลง หลังจากเจริญอย่างจำกัดใน haemocoel เท่านั้น ดังนั้นจึงสันนิษฐานว่าสารพิษเป็นสาเหตุที่ทำให้แมลงตาย ความสำคัญของสารพิษที่มีต่อความรุนแรงของเชื้อก่อโรคแมลงนั้นประเมินได้ค่อนข้างยาก เพราะการสร้างสารพิษในแมลง จะต้องเกิดขึ้นก่อนการเกิดกิจกรรมอื่นๆ ของเชื้อรา (Roberts, 1981)

เชื้อราสาเหตุโรคมีขั้นตอนการเข้าทำลายแมลงคือเริ่มจาก infective unit ของเชื้อราเข้าประชิดติดลำตัวด้านนอกของแมลง แล้วจึงงอกซึ่งขั้นตอนการงอกจะใช้เวลาประมาณ 8-16 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ สปอร์จะสร้างเอนไซม์ chitinase เพื่อสลาย cuticle ของแมลง ทำให้ราเข้าไปในช่องลำตัวของแมลงได้โดยแทงทะลุผ่านผิวลำตัวแมลง โดยใช้ germ tube โดยตรงหรือโดย infection pegs จาก appressoria (Rombach et al., 1988; Heale et al., 1989) หลังจากนั้นจึงมีการเพิ่มจำนวนของเส้นใยที่มีลักษณะเป็นท่อนคล้ายยีสต์ซึ่งเรียกว่า hyphal bodies ซึ่งจะสามารถแพร่ไปโดยอิสระและเพิ่มจำนวนใน haemocoel ในเชื้อราบางสายพันธุ์อาจมีการสร้างสารพิษที่เพียงพอที่จะทำให้แมลงตาย ในสายพันธุ์ที่สร้างสารพิษอย่างอ่อนเส้นใยที่คล้ายเส้นด้ายจะแตกสาขาไปตามอวัยวะภายใน ทำให้แมลงตาย จากนั้นเชื้อราจึงสร้างก้านชูสปอร์ (conidiophore) แทงทะลุผ่านผนังลำตัวออกมาและสร้างสปอร์บนผิวลำตัวด้านนอกในเชื้อราที่เป็น imperfect fungi มักจะไม่มีการสร้าง conidiophore และ conidia จนกว่าจะมีความชื้นที่เพียงพอ เชื้อราที่ไม่สามารถงอกบนผิวลำตัวแมลงและแทงทะลุผ่านผิวลำตัวแมลงลงไปได้จะเป็นเชื้อราที่มีความรุนแรงต่ำ ถึงแม้จะสามารถสังเคราะห์สารพิษได้สูงก็ตาม (Roberts, 1981 ; Roberts and Yendol, 1971)

สารพิษที่สร้างจากเชื้อราสาเหตุโรคแมลง (Roberts , 1981)

1. *Beauveria*

เชื้อราใน Genus *Beauveria* ที่รู้จักกันดีคือ *Beauveria bassiana* และ *B.brongniartii* จากรายละเอียดข้อมูลของอาการที่แสดงออก บางสายพันธุ์สร้างสารประกอบที่เป็นพิษอย่างชัดเจน

1.1 Beauvericin

beauvericin มีความเกี่ยวข้องกับพวก enniatins สารประกอบนี้ยังไม่มีรายงานถึง LD_{50} แต่มีความเป็นพิษต่อลูกน้ำยุง brine shrimp (*Artemia saline*) ตัวเต็มวัยของแมลงวันบ้านและเซลไข่ของแมลงสาบที่เลี้ยงในสภาพ *in vitro* แต่สารนี้ไม่มีความเป็นพิษต่อตัวอ่อนหนอนไหม เมื่อทดลองผสมในอาหารเทียม 1000 ppm หรือที่ 100 μg ต่อน้ำหนักตัวของตัวอ่อน 1.2 g เมื่อให้สารโดยวิธีฉีด มีรายงานว่าสามารถแยกสารนี้ได้จาก *Paecilomyces fumosoroseus*

1.2 Beauverolides

สารประกอบนี้เป็นสารประกอบ cyclotetradepsipeptides มี 2 ตัวคือ beauverolides H และ I ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันมาก แยกได้จากเส้นใยของ *B. bassiana* สายพันธุ์จากอเมริกาใต้ เคยมีรายงานว่าส่วนประกอบของสารนี้มีความเป็นพิษต่อเซลไข่แมลงสาบในสภาพ *in vitro* แต่ไม่มีพิษต่อยุงและตัวอ่อนแมลงวัน

1.3 Bassianolide

เป็นสาร cyclodepsipeptide แยกได้จากเส้นใยของ *B. bassiana* และ *Verticillium lecanii* ซึ่งเชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้แยกได้จากหนอนไหม (*Bombyx mori*) ที่ตาย สารนี้สามารถฆ่าตัวอ่อนหนอนไหมในระยะที่ 5 ในระดับความเข้มข้น 13 ppm โดยการให้หนอนไหมกินอาหารเทียมที่ผสมสารนี้

1.4 Isarolides

Isarolides A , B และ C เป็น cyclodepsipeptide พบใน *B.brongniartii* จากประเทศนิวซีแลนด์ สารนี้มีความคล้ายคลึงกับสารประกอบที่พบในเส้นใยของ *B.bassiana* และ *B. brongniartii* ในประเทศฝรั่งเศส แต่สารประกอบนี้ยังไม่มีรายงานถึงความเป็นพิษ

1.5 กรด oxalic

B. brongniartii ที่เลี้ยงใน peptone medium จะเปลี่ยนของแข็งใน medium ประมาณ 20 % ไปเป็นกรด oxalic มีรายงานการพบผลึก oxalate บนผิวลำตัวของแมลงที่ตายด้วยเชื้อรา *B. bassiana* จึงอาจเป็นไปได้ว่ากรด oxalic เป็นสารพิษสำคัญใน haemolymph ของแมลงที่ถูก *B. bassiana* เข้าทำลาย

2. *Metarhizium*

จากการศึกษา *Metarhizium anisopliae* ที่เข้าทำลายหนอน elaterid โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเลคตรอน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับ ultrastructure พบว่าเซลไม่ได้ถูกทำลายโดยเชื้อ *M. anisopliae* โดยตรง สันนิษฐานว่าการเปลี่ยนแปลงถูกชักนำโดยสารพิษจากเชื้อรา แต่ไม่ทราบชนิดของสารพิษ สารกรอง (culture filtrate) ของเชื้อรา *M. anisopliae* เป็นพิษต่อ haemocytes ของด้วงแรดมะพร้าว (*Oryctes rhinoceros*) ในสภาพ *in vitro* และยังเป็นพิษต่อหนอนผีเสื้อ wax moth (*Galleria mellonella*) เมื่อทดสอบโดยการฉีดเข้าช่องลำตัว นอกจากนี้สารสกัดจากเส้นใยก็เป็นพิษต่อตัวเต็มวัยแมลงวันบ้านโดยการสัมผัส

สารพิษที่สร้างจาก *Metarhizium* ที่มีการศึกษากันแล้ว ได้แก่

2.1.Destruxins

แบ่งออกได้เป็น Destruxin A , B , C , D , desmethyldestruxin B และ protodestruxin ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เลี้ยงเชื้อไว้ 1 สัปดาห์มักจะพบ Destruxin B เป็นส่วนใหญ่ แต่ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เลี้ยงเชื้อไว้ 3 สัปดาห์จะพบ Destruxin A และ B เป็นจำนวนมาก ทั้ง Destruxin A และ B ถูกสร้างในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี inorganic nitrogen เท่านั้น แมลงแต่ละชนิดจะมีความอ่อนแอต่อ Destruxin แตกต่างกันไปเช่น หนอนไหม จะมี LD_{50} ต่อ Destruxin A หรือ Destruxin B 0.15-0.30 μg/g ในเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อใช้วิธีการฉีดเข้าไปใน haemocoel แต่ในตัวอ่อนของ *Galleria* จะมีความอ่อนแอต่อ Destruxin น้อยกว่านี้ 300 เท่า ใน Destruxin A และ 500 เท่าใน Destruxin B

2.2 Cytochalasins

เป็นสารพิษที่สร้างจากราที่ปัจจุบันพบมีประมาณ 10 ชนิด ซึ่งได้จากราหลายพันธุ์ cytochalasins C และ D แยกได้จาก *M. anisopliae* ที่เลี้ยงไว้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งสารชนิดนี้เป็นอันตรายต่อสัตว์ทดลองและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สาร cytochalasins อาจเป็นพิษต่อแมลงหลายชนิด แต่ยังไม่มีการศึกษา

3. *Nomuraea*

มีสารประกอบบางอย่างที่สกัดได้จากเส้นใยของ *N. rilery* ที่เลี้ยงใน submerge culture เมื่อฉีดสารสกัดนี้เข้าไปในตัวอ่อนของ *Lymantria dispar* ในเวลา 3 วัน มีอัตราการตาย 47 % ในเวลา 7 วันมีอัตราการตาย 60 % และใน 10 วัน อัตราการตาย 63 %

4. *Aspergillus*

Aspergillus spp. เป็นจุลินทรีย์ที่มีการศึกษามากที่สุดในเรื่องการสร้างสารพิษ

4.1 Aflatoxins

เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus flavus* เชื้อก่อโรคของหนอนไหมประมาณ 15 สาย พันธุ์ในกลุ่มนี้สร้าง aflatoxins ในสภาพ *in vitro* และในตัวอ่อนหนอนไหมที่ตายด้วยเชื้อราชนิดนี้ นอกจากนี้ยังพบ aflatoxin B_1 B_2 G_1 และ G_2 ในตัวอ่อนหนอนไหมที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายโดยการสัมผัสกับสปอร์แล้วเป็นเวลา 3 วันและยังไม่ตาย

4.2 Aspochracin

Aspergillus ochraceus สร้างสารที่เป็นพิษต่อตัวอ่อนหนอนไหม ทั้งในสภาพธรรมชาติและสภาพห้องปฏิบัติการ ในเริ่มแรกได้มีการจัดจำแนกสารที่พบนี้ว่าเป็น amino acid anhydrides ต่อมาพบว่าเป็น cyclotripeptide ชนิดใหม่คือ aspochrarin ซึ่งมีพิษต่อแมลงน้อยกว่า destruxin A และ B ปริมาณที่น้อยที่สุดเมื่อฉีดเข้าไปใน haemocoel ของแมลงแล้วทำให้เกิดอาการอัมพาตและตายคือ 17 µg ต่อตัวอ่อนระยะสุดท้ายของ webworm (*Hyphantria cunea*) และมีความเป็นพิษต่ำต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

4.3 Asperentin

Aspergillus flavus สายพันธุ์ที่แยกได้จากดักแด้ของ *Galleria mellonella* ไม่สร้าง aflatoxin ในสภาพ *in vitro* แต่ culture filtrate ของเชื้อนี้เป็นสารฆ่าแมลงจากการวิเคราะห์พบว่ามี phenolic compounds จำนวนมาก นักวิจัยบางคนได้สันนิษฐานว่า phenolic compounds เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการเกิดโรคของ *A. flavus* ใน *Cecropia* ในระยะดักแด้

5. *Verticillium*

Verticillium lecanii เป็นเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคในแมลงในกลุ่ม Homopthora มีการศึกษาพบว่าเส้นใยของ *V. lecanii* มีสารพวก cyclodepsipeptide ซึ่งพบครั้งแรกใน *B.bassiana* คือสาร Bassianolide

6. *Paecilomyces*

สาร Pyridine-2 , 6- dicarboxylic acid แยกได้จาก *Paecilomyces farinosus* และ *P. fumosoroseus* และสาร cyclodepsipeptide beauvericin แยกได้จากเส้นใยของ *P. fumosoroseus*