เอกสารวิชาการ

องค์ความรู้ ปี 2564

เรื่อง เทคโนโลยีการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารวิชาการ องค์ความรู้ ปี 2564

เรื่อง เทคโนโลยีการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืช ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น

กรมวิชาการเกษตร

คำนำ

ในปีงบประมาณ 2564 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 (สวพ.3) ได้คัดเลือกจัดการองค์ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช เพื่อตอบสนองนโยบายรัฐบาลในการขับเคลื่อนการผลิตพืชโดยใช้เทคโนโลยีที่มีความปลอดภัยทั้งต่อเกษตรกรผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นความต้องการของสังคมและผู้เกี่ยวข้องตลอดสายโซ่การผลิต ขณะที่กรมวิชาการเกษตรมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชโดยใช้ชีวภัณฑ์ จนได้ชีวภัณฑ์หลายชนิดที่สามารถควบคุมศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการขยายผลสู่หน่วยงานในภูมิภาคให้เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง ทั้งโดยการนำมาทดสอบและปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาศัตรูพืชในแปลงเกษตรกร การขับเคลื่อนผ่านโครงการตามนโยบายต่างๆ ทำให้เกษตรกรยอมรับและต้องการนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

การจัดการความรู้ เรื่อง “เทคโนโลยีการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน” ซึ่งประกอบด้วย สถานการณ์การผลิตพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน การระบาดและการควบคุมศัตรูพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน การใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืช ชีวภัณฑ์ควบคุมแมลงศัตรูพืช และคำแนะนำการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน นี้ สำเร็จลงได้จากความร่วมมือร่วมใจของคณะทำงานจัดการความรู้ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 และได้รับข้อเสนอแนะและการตรวจแก้ไขจากผู้ทรงความรู้ทั้งภายในและนอกหน่วยงาน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน สังกัด สวพ.3 และ ดร.ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านโรคพืช และนางเสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านศัตรูพืช จากสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ซึ่ง สวพ.3 ขอขอบคุณอย่างยิ่งสำหรับความอนุเคราะห์ และหวังว่าองค์ความรู้ที่จัดทำขึ้นนี้ จะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งต่อนักวิชาการ และเจ้าหน้าที่ของ สวพ.3 และศูนย์วิจัยและพัฒนาเครือข่าย ทั้ง 8 แห่ง เจ้าหน้าที่หน่วยงานราชการและภาคเอกชนที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเกษตรกรและผู้สนใจ ที่สามารถเข้าถึงองค์ความรู้ด้านนี้ได้ จากการเผยแพร่บนหน้าเว็บไซค์ของ สวพ.3

(นายจำลอง กกรัมย์)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3
20 กันยายน 2564

สวพ.3

สารบัญ

หน้า

คำนำ I

สารบัญ II

บทที่ 1 1

สถานการณ์การผลิตพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 1

พืชไร่ 2
ไม้ผล 3
พืชผัก 3
การรับรองแหล่งผลิต GAP พืช ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 4
การรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 5

บทที่ 2 7

การระบาดและการควบคุมศัตรูพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 7

บทที่ 3 26

การใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืช 26

เชื้อรากำจัดศัตรูพืช 27
เชื้อแบคทีเรียกำจัดศัตรูพืช 28
เชื้อไวรัสกำจัดศัตรูพืช 28
1. เชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. 29
2. เชื้อรา *Chaetomium* spp. 35
3. เชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulate* 37
4. เชื้อรา *Paecilomyces lilacinus* 39
5. เห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี 41
การใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียควบคุมโรคพืช 45
เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (Bs) 45
2. เชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp. 49
3. เชื้อแบคทีเรีย *Pasteuria penetrans* 54
4. เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* 55

บทที่ 4 58

ชีวภัณฑ์ควบคุมแมลงศัตรูพืช 58

1. เชื้อราบิวเวอเรีย 58
2. เชื้อราเมตาไรเซียม 63
3. เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* 64
4. เชื้อไวรัสเอ็นพีวี 69

สวพ.3

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 81

คำแนะนำการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 81

ชีวภัณฑ์สำหรับควบคุมโรคพืช 81

1. ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 81

2. ชีวภัณฑ์บีเอส 83

3. ชีวภัณฑ์เห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี 85

ชีวภัณฑ์สำหรับควบคุมแมลงศัตรูพืช 86

1. ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี 86

2. ชีวภัณฑ์บีที 87

3. ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง 89

เอกสารอ้างอิง 90

ภาคผนวก 108

สวพ.3

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ชนิด และอัตราการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและเมลงศัตรูในพืชชนิดต่างๆ ของเกษตรกร อัตรา ตาม คำแนะนำ และสารเคมีที่ใช้ทดแทน 17

ตารางที่ 2 ชีวภัณฑ์และสารสกัดสมุนไพรที่เกษตรกรใช้ป้องกันกำจัดโรคหรือเมลงศัตรูพืช 24

ตารางที่ 3 สูตรผสมชีวภัณฑ์เชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* YT008 ในรูปแบบเม็ด 39

ตารางที่ 4 ชีวภัณฑ์บิวเวอเรีย *Beauveria bassiana* ที่ผลิตเป็นการค้าเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช 62

ตารางที่ 5 การใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทยในการควบคุมแมลงศัตรูพืช 79

ตารางที่ 6 การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช 80

ตารางที่ 7 อัตราการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงควบคุมศัตรูผัก 92

สวพ.3

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 พื้นที่รับผิดชอบของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จำนวน 11 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน..... 1
ภาพที่ 2 จำนวนแปลงที่ได้การรับรองแหล่งผลิต GAP พืช..... 5
ภาพที่ 3 ชนิดพืชที่ได้การรับรองแหล่งผลิต GAP พืช..... 5
ภาพที่ 4 จำนวนแปลงที่ได้การรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์..... 6
ภาพที่ 5 ชนิดพืชที่ได้การรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์..... 6
ภาพที่ 6 ลักษณะอาการของโรคใบด่างในมันสำปะหลัง..... 8
ภาพที่ 7 อ้อยที่แสดงอาการของโรคใบขาว..... 9
ภาพที่ 8 อาการของโรคแส้ดำอ้อย..... 9
ภาพที่ 9 (ก) หนอนกออ้อย (ข) ดักแด้หนอนกออ้อย..... 10
ภาพที่ 10 หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด แมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ที่มาจากต่างถิ่น..... 11
ภาพที่ 11 โรคและแมลงศัตรูไม้ผลที่ระบาดในพื้นที่ (ก) และ (ข) โรคตายพรายกล้วยน้ำว้า (ค) แมลงวันผลไม้กระท้อน (ง) มวนลำไย (จ) เพลี้ยหอย..... 12
ภาพที่ 12 แมลงศัตรูพืชผัก (ก) เพลี้ยไฟ (ข) ไรแดง (ค) แมลงหวี่ขาว (ง) หนอนใยผัก (จ) เพลี้ยอ่อน (ฉ-ช) หนอนเจาะยอดกะหล่ำ (ซ-ญ) ด้วงหมัดผัก..... 13
ภาพที่ 13 โรคของพืชผัก (ก) โรคโคนเน่ารากเน่าของคะน้า (ข) โรคเน่าคอดินของแตงกวา (ค) โรคราน้ำค้างของแมงลัก (ง) โรคราสนิมขาวผักบุ้ง (จ-ฉ) โรคราสนิมขาวผักโขม (ช-ซ) โรคดอกเน่าของบล็อกโคลี่ (ฌ) โรคดอกเน่าของกะหล่ำดอก..... 14
ภาพที่ 14 โรคและแมลงศัตรูพริกและมะเขือ (ก) แมลงหวี่ขาว (ข) และ (ค) เพลี้ยจักจั่นในมะเขือ (ง) หนอนเจาะผลมะเขือเทศ (จ) หนอนเจาะผลพริก (ฉ) หนอนแมลงวันผลไม้ในพริก (ช) และ (ซ) โรคเหี่ยวของพริก (ฌ) โรคแอนแทรคโนสพริก..... 15
ภาพที่ 15 หนอนผีเสื้อชอนใบมะเขือเทศ แมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ที่มาจากต่างถิ่น..... 16
ภาพที่ 16 ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตลาดโลกจำแนกตามชนิดของสิ่งมีชีวิต..... 27
ภาพที่ 17 ลักษณะทางสัณฐานของเชื้อรา *Trichoderma asperellum*; (ก) *chlamydospore*, conidia, *conidiophore* และ *phialide* และ (ข) โคโลนีของเชื้อรา *T. asperellum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 5 วัน 30
ภาพที่ 18 ลักษณะสปอร์ของเชื้อรา *Chaetomium* spp..... 35
ภาพที่ 19 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงให้เห็นไข่ของ *M. incognita* ที่ถูกเชื้อรา *Verticillium chlamydosporium* เข้าทำลาย..... 37
ภาพที่ 20 ลักษาณะสปอร์ของเชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata*..... 38
ภาพที่ 21 ลักษณะสปอร์ของเชื้อรา *Paecilomyces lilacinus*..... 40
ภาพที่ 22 ลักษณะทางสัณฐานของเห็ดเรืองแสง *Omphalotus* sp., (ก) basidia (ข) cleilocystidia และ (ค) basidiospore. (bar = 10 µm)..... 42
ภาพที่ 23 การเข้าทำลายไส้เดือนฝอยของเห็ดที่สร้างสารพิษ (ก) เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ข) ตุ่มพิษ (toxin droplet) บนเส้นใยเห็ด (ค) เมื่อไส้เดือนฝอยเป็นอัมพาต เส้นใยจะเจริญเข้าทางช่องเปิดธรรมชาติ (ง) เส้นใยแทงเข้าทางช่องปาก..... 43

สวพ.3

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 24 ลักษณะเอนโดสปอร์ที่สร้างโดยเชื้อบีเอส-ดีโอเอ 19ง6 ซึ่งจะติดสีเขียวของสารมาลาไซค์ (malachite) 45
ภาพที่ 25 วงจรชีวิตของเชื้อ *Streptomyces* 50
ภาพที่ 26 กลไกการเป็นปรสิตของเชื้อแบคทีเรีย *Pasteuria penetrans* กับ *Meloidogyne incognita* 54
ภาพที่ 27 (ก) เชื้อราบิวเวอเรียที่เจริญบนอาหาร PDA (ข) ลักษณะเส้นใยและโคนิเนียของเชื้อราบิวเวอเรีย 59
ภาพที่ 28 (ก) เชื้อราบิวเวอเรียเจริญบนตัวเพลี้ยอ่อน (ข) เชื้อราสร้างสปอร์คลุมผนังลำตัวเพลี้ยอ่อน 59
ภาพที่ 29 ชีวภัณฑ์เชื้อรา *Beauveria bassiana* แบบผงเปียกน้ำ (ข) ชีวภัณฑ์เชื้อรา *Beauveria bassiana* แบบผงเปียกน้ำ ของบริษัทไทยกรีนอะโกร 61
ภาพที่ 30 (ก) เซลล์แบคทีเรียบีที (ข) สปอร์และผลึกโปรตีนของแบคทีเรียบีที 65
ภาพที่ 31 กลไกของแบคทีเรียบีทีในการเข้าทำลายหนอน 66
ภาพที่ 32 (ก) ชีวภัณฑ์แบคทีเรียบีทีรูปแบบน้ำของกรมวิชาการเกษตร (ข) ชีวภัณฑ์แบคทีเรียบีทีรูปแบบน้ำที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 67
ภาพที่ 33 โครงสร้างวิริออน 70
ภาพที่ 34 กลไกการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อไวรัสเอ็นพีวี 71
ภาพที่ 35 หนอนที่ถูกเชื้อไวรัสเอ็นพีวีทำลาย 71
ภาพที่ 36 ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี ดีโอเอ ไบโอ-วี1 ดีโอเอ ไบโอ-วี2 และ ดีโอเอ ไบโอ-วี3 73
ภาพที่ 37 ไส้เดือนฝอย (ก) *Steinernema siamkayai* Thai strain (KP code) 75
ภาพที่ 38 (ก) หนอนใยผักที่ถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย (ข) ไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่ออกมาจากซากหนอนใยผัก (ค) ไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่ออกมาจากซากด้วงหมัดผัก 76
ภาพที่ 39 (ก) การผลิตขยายไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยในกระปุกพลาสติก (ข) การผลิตขยายไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยในถุงพลาสติก (ค) ลักษณะตาข่ายที่เกิดจากตัวไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่ไปตามผิวด้านในของภาชนะเพาะเลี้ยง 77
ภาพที่ 40 (ก) หัวเชื้อไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* Thai strain รูปแบบเจล (ข) ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* แบบผงละลายน้ำ 78
ภาพที่ 41 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 7 วัน (ข) ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา รูปแบบเชื้อสด 81
ภาพที่ 42 (ก) ชีวภัณฑ์บีเอส-ดีโอเอ 24 (ข) หัวเชื้อบีเอส-ดีโอเอ 19ง6 และ (ค) เชื้อบีเอส-ดีโอเอ19ง6 83
ภาพที่ 43 (ก) หัวเชื้อเห็ดเรืองแสงสิรินรัศมีในเมล็ดข้าวฟ่าง (ข) ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี 85
ภาพที่ 44 ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี 87
ภาพที่ 45 ชีวภัณฑ์บีที 88
ภาพที่ 46 ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (ก) Steinernema siamkayia Thai strain รูปแบบเชื้อสด (ข) S. carpocapsae รูปแบบผง (รัติกาล ยุทธศิลป์) 89

สวพ.3

บทที่ 1
สถานการณ์การผลิตพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

ศิลดา ประนาโส สุพัตรา ชาวกงจักร์
ศศิธร ประพรม และปวีณา ทะรักษา

พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ครอบคลุม 11 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ บึงกาฬ นครพนม มุกดาหาร เลย สกลนคร หนองคาย หนองบัวลำภู และ อุดรธานี ซึ่งเป็นพื้นที่รับผิดชอบของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 (ภาพที่ 1) เป็นพื้นที่ประมาณ 52.76 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 50 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ทำการเกษตร 35.03 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 66.4 พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว พื้นที่ 14.5 ล้านไร่ ยางพารา 4.2 ล้านไร่ มันสำปะหลัง 2.7 ล้านไร่ อ้อยโรงงาน 2.6 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) พื้นที่ปลูกไม้ผล 3 ล้านไร่ และพื้นที่ปลูกพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับ 0.2 ล้านไร่ ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น ปศุสัตว์ พื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นเขตชลประทาน ประมาณ 2.8 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) มีเกษตรกรจำนวน 9,835,125 คน รายได้เฉลี่ย 212,023 บาทต่อคนต่อปี (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562) เกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีรายได้ไม่พอใช้จ่ายตลอดทั้งปี การผลิตภาคการเกษตรถือเป็นโครงสร้างเศรษฐกิจสำคัญที่มีมูลค่าสูง พืชสำคัญที่เกษตรกรปลูกเป็นอาชีพทำรายได้ทางเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ยางพารา สับปะรด มะม่วง ลำไย ไม้ผลยืนต้นอื่นๆ พริก และพืชผัก (ตารางผนวกที่ 1) รวมทั้งพืชพลังงานทดแทน ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน ซึ่งปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) มีสถานการณ์ด้านการผลิต การตลาด ปัญหาการผลิตในพื้นที่ และข้อมูลการปลูกพืชที่สำคัญในแต่ละจังหวัด มีดังนี้

ภาพที่ 1 พื้นที่รับผิดชอบของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จำนวน 11 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

สถานการณ์การผลิตพืชเศรษฐกิจ (พืชไร่ ไม้ผล พืชผัก)

พืชไร่

พืชไร่เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วลิสง ประมาณ 7.6 ล้านไร่ การเพิ่มผลผลิตพืชไร่ จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีการผลิต ด้านพันธุ์ การเขตกรรม และการอารักขาพืชที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ผลผลิตและคุณภาพของพืชไร่แต่ละชนิด มีความแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศ พันธุ์ และการจัดการผลิตที่ถูกต้องและเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการวิจัยมาสนับสนุนและช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีการผลิตให้เหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งผลผิตพืชกลุ่มนี้เป็นสินค้าเกษตรขั้นต้น (Primary Product) ที่สำคัญอย่างยิ่งในระบบอุตสาหกรรมต่อเนื่องของประเทศที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อเพิ่มมูลค่าโดยการแปรรูปเป็นสินค้าสำคัญต่างๆ ให้มีคุณภาพและปลอดภัยตามมาตรฐานการผลิตพืชปลอดภัย

มันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 2.7 ล้านไร่ ในปี 2562 เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง เกษตรกรบางรายจึงต้องมีการปลูกซ่อมหรือไถทิ้งแล้วปลูกใหม่ในช่วง เดือนพฤษภาคม -กรกฎาคม ทำให้มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าปีปกติ ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ลดลง ในปี 2563 มีเนื้อที่เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากมันสำปะหลังมีราคาดีอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับภาครัฐจัดทำโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ปีเพาะปลูก 2562/2563 ทำให้เกษตรกรมีแรงจูงใจเพิ่มขึ้น ส่วนปัญหาการผลิตในปัจจุบันคือมีการระบาดของโรคใบด่างมันสำหลังในหลายพื้นที่ถึงแม้ภาครัฐ จะมีมาตรการเฝ้าระวังการระบาด โดยควบคุมการขนย้ายท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง กรมส่งเสริมการเกษตรและกรมวิชาการเกษตรจึงมีโครงการส่งเสริมการผลิตท่อนพันธุ์สะอาด เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรได้ใช้พันธุ์มันสำปะหลังที่ปลอดโรค อีกทั้งยังมีโครงการปรับปรุงพันธุ์ทนทานโรคใบด่าง และโครงการป้องกันและกำจัดโรคใบด่างในพื้นที่ที่มีการระบาด ในด้านการตลาด ปี 2563 พบว่าภายในประเทศมีความต้องการใช้มันสำปะหลังประมาณร้อยละ 30 อีกร้อยละ 70 เป็นการส่งออก จำนวน 6,941,417 ตัน มูลค่า 82,312.60 ล้านบาท ตลาดส่งออกที่สำคัญของไทยส่วนใหญ่อยู่ในทวีปเอเชีย ปี 2563 ราคามันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ ลดลงจากปี 2562 และ 2561 เนื่องจากจีนซึ่งเป็นประเทศคู่ค้าแป้งมันสำปะหลังที่สำคัญ ของไทย นำเข้าแป้งมันสำปะหลังจากประเทศเวียดนามมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564)

อ้อยโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนมีพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน 2.6 ล้านไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับปีการผลิต 2562/2563 พบว่าพื้นที่การผลิตลดลงเนื่องจากนโยบายภาครัฐที่จัดทำโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ทำให้เกษตรกรหันปลูกมันสำปะหลังแทนการปลูกอ้อยโรงงาน และในปี 2562/2563 เกิดปัญหาภัยแล้งในช่วงเพาะปลูกต่อเนื่อง อ้อยในบางพื้นที่แห้งตาย ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ หรือมีคุณภาพต่ำ ผลผลิตต่อไร่ลดลง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ปัญหาการผลิตอ้อยในภาพรวม คือ 1) ปริมาณของฝนไม่แน่นอน 2) เกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ส่วนใหญ่ยังใช้ปุ๋ยไม่เหมาะสมทั้งชนิด อัตรา ระยะเวลา และวิธีการใส่ 3) ดินขาดการปรับปรุงให้มีกายภาพและชีวภาพ ที่เหมาะสมกับการผลิตอ้อย 4) การขาดแคลนพันธุ์ดีและเหมาะสมกับพื้นที่ 5) การเขตกรรม เช่น การควบคุมวัชพืช ระยะปลูกที่เหมาะสม และ 6) โรคและแมลงระบาด ได้แก่ โรคใบขาวอ้อย หนอนกออ้อย เป็นต้น (โอชา และคณะ, 2535) ปี 2563 มีปริมาณ 5,890,701 ตัน มูลค่า 57,620.98 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564)

ไม้ผล

สถานการณ์การผลิตไม้ผลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มีการปลูกไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีมูลค่าการส่งออกสูงเป็นที่นิยมบริโภคในต่างประเทศ ได้แก่ มะม่วง ส้มโอ สับปะรด และมะขาม นอกจากนี้ยังมีไม้ผลที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจหรือเป็นไม้ผลท้องถิ่น มีการบริโภคภายในประเทศมากกว่าการส่งออก ได้แก่ พุทรา ฝรั่ง ขนุน มะนาว และกล้วย จังหวัดที่มีการปลูกมะม่วง ได้แก่ ชัยภูมิ ขอนแก่น กาฬสินธุ์ และอุดรธานี โดยจังหวัดที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ ชัยภูมิ สับปะรดโรงงานปลูกมากในจังหวัดเลย อุดรธานี หนองคาย บึงกาฬ นครพนม และชัยภูมิ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมะขามมาก ได้แก่ เลย ชัยภูมิ ขอนแก่น อุดรธานี หนองบัวลำภู และมุกดาหาร ส่วนกล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม ปลูกมากที่จังหวัดเลย นครพนม หนองคาย สกลนคร ชัยภูมิ ขอนแก่น อุดรธานี และกาฬสินธุ์ (ตารางผนวกที่ 1) ข้อได้เปรียบของเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนคืออยู่ใกล้กับเส้นทางการส่งออกผลไม้ที่สำคัญหลายเส้นทาง คือ สะพานมิตรภาพ 1 (หนองคาย - เวียงจันทร์) สะพานมิตรภาพ 2 (มุกดาหาร - สะหวันนะเขต) สะพานมิตรภาพ 3 (นครพนม - คำม่วน) และสะพานมิตรภาพ 5 (บึงกาฬ - บอลิคำไซ) เป็นโอกาสดีของเกษตรกรที่มีช่องทางในการส่งออกไม้ผลไปยังต่างประเทศ โดยเฉพาะเส้นทางสะพานมิตรภาพ 3 ที่จังหวัดนครพนม เป็นเส้นทางสำคัญในการส่งผลไม้ไปยังประเทศจีน เวียดนาม และ ลาว ปัจจุบันจีนตอนใต้ใช้เส้นทางนี้ในการเชื่อมโยงเข้าสู่อาเซียน ชนิดของผลไม้ที่ส่งออกมาก ได้แก่ ทุเรียน มังคุด ลำไย เสาวรส ส้มโอ ขนุน มะพร้าว และ ชมพู่ คาดว่าจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากมีความสะดวก ระยะทางใกล้ ส่งได้รวดเร็ว และรักษาคุณภาพความสดใหม่ได้ดีกว่าการขนส่งทางเรือ แต่ผลไม้เหล่านี้มาจากพื้นที่ต่างๆ ของประเทศทั้งภาคเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ ซึ่งหากสามารถปลูกไม้ผลเหล่านี้ในพื้นที่ได้นอกจากจะเป็นการสร้างอาชีพให้กับเกษตรกรในพื้นที่แล้ว ยังส่งผลต่อการลดต้นทุนสินค้าเกษตรได้อีกทางหนึ่ง จากข้อมูลการส่งออกผลไม้และผลิตภัณฑ์ ปี 2563 มีปริมาณ 2,417,384 ตัน มูลค่า 141,130.47 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกผลไม้ของประเทศไทย หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนการรักษามาตรฐานและคุณภาพของผลไม้ ทั้งการตรวจสอบ ดูแล และการรับรองสวนผลไม้ให้มีการผลิตตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice : GAP) เพื่อให้ผลิตผลได้มาตรฐานปลอดภัย ปลอดศัตรูพืช และคุณภาพดี และการตรวจสอบดูแลโรงคัดบรรจุผลไม้ให้ได้มาตรฐานสินค้าเกษตรการปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงคัดบรรจุผักและผลไม้สด (Good Manufacturing Practices for packing House of Fresh Fruits and Vegetables : GMP) เพื่อให้ผลไม้ไทยสามารถส่งออกไปยังตลาดส่งออกที่มีความเข้มข้นของมาตรการทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษี (Non - Tarrif Measures : NTMs) เช่น ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และจีน เพิ่มมากขึ้น (สาคร, 2563)

พืชผัก

สถานการณ์การผลิตพืชผัก (เป็นพืชอายุสั้นที่สำคัญในการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน) การปลูกผักเดิมเป็นการปลูกเพื่อเป็นพืชเสริมรายได้ในช่วงหลังฤดูทำนาหรือปลูกทดแทนพืชเศรษฐกิจเดิม เช่น ข้าว มันสำปะหลัง และอ้อย แต่ปัจจุบันเกษตรกรปลูกผักเป็นอาชีพหลักเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ปลูกพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับมีประมาณ 0.2 ล้านไร่ การปลูกพืชผักที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวโพดฝักสด มะเขือเทศโรงงาน พริก กะหล่ำปลี คะน้า แตงร้าน และผักชี (ตารางผนวกที่ 1) ปัญหาการผลิตพืชผักในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ ความไม่เหมาะสมของสถานที่ปลูก อันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อม ปัญหาเกี่ยวกับภูมิประเทศและลักษณะของดินปลูก ต้นทุนในการผลิตสูง ระยะทาง

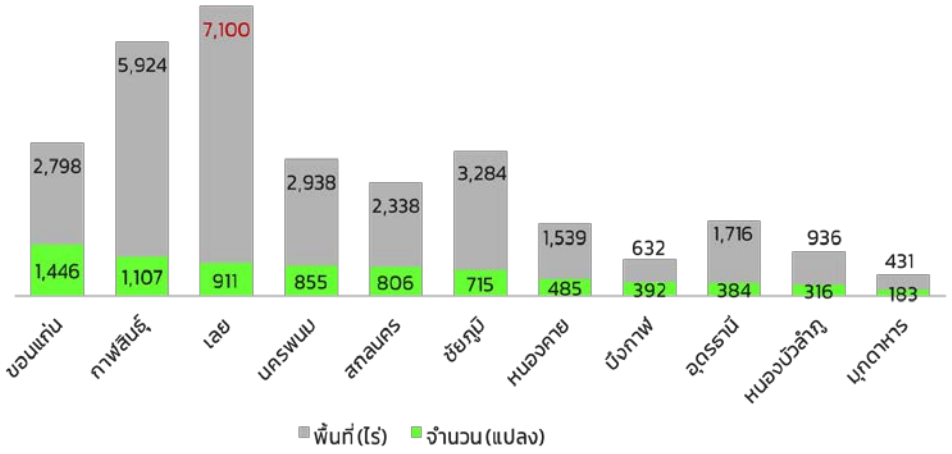
และการขนส่งรวมถึงอายุการเก็บรักษาของผักหลังเก็บเกี่ยวสั้น ปัญหาพ่อค้าคนกลางและการตลาด ภัยจากธรรมชาติ เช่น ภัยจากน้ำท่วม ลมพายุ และลูกเห็บ ปัญหาสำคัญที่สุด คือ การเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช ก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชทั้งปริมาณและคุณภาพ บางชนิดเป็นศัตรูพืชชนิดใหม่ที่เข้ามาระบาดในประเทศไทย เกษตรกรยังใช้สารเคมีและวิธีการเดิม ทำให้ไม่สามารถกำจัดศัตรูพืชได้ จึงเพิ่มปริมาณการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อสารพิษตกค้าง และจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันเกษตรกรและผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงความปลอดภัยมากขึ้น เกษตรกรมีการรวมกลุ่มผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิตพืชปลอดภัย (GAP)/อินทรีย์ ตามนโยบายของรัฐบาล ส่วนผู้ประกอบการจะรับซื้อผลผลิตที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน (GAP/อินทรีย์) เช่น ตลาดโมเดิร์นเทรด ตลาดค้าส่งผัก หรือร้านอาหาร และรวมถึงผู้บริโภค ที่ใส่ใจต่อสุขภาพด้วย ในปี 2563 ประเทศไทยส่งออกผักปริมาณ 6,202 ตัน มูลค่า 645.16 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564)

การรับรองแหล่งผลิต GAP พืช ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

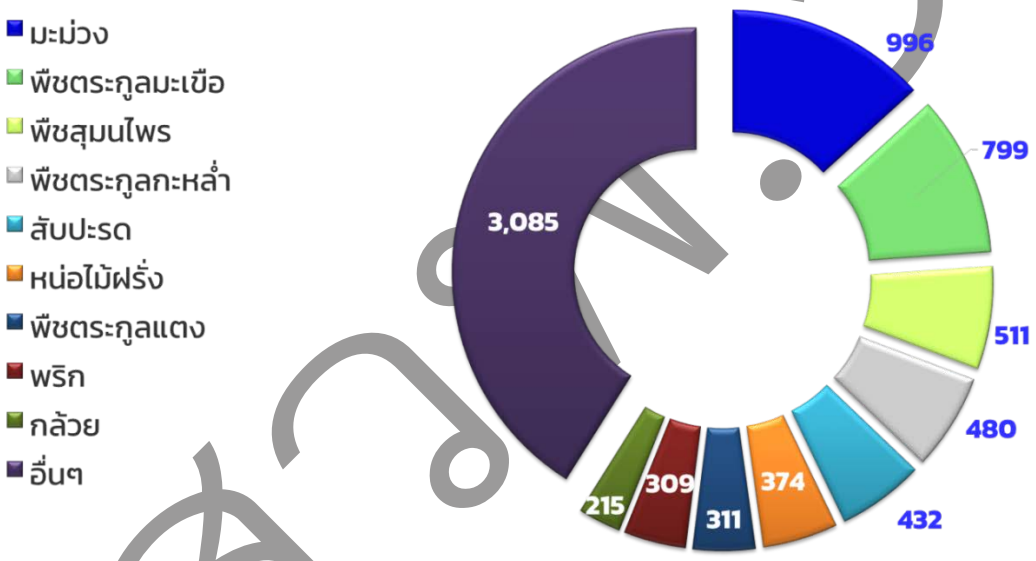
จากรายงานผลการดำเนินงานตรวจรับรองแหล่งผลิต GAP พืช ชุลีกร (2563) พบว่า สถานการณ์การผลิตพืชตามมาตรฐาน GAP มีแปลงที่ได้รับการรับรองสะสมระหว่างปี 2556–2563 ดังนี้ จำนวนแปลงที่ได้รับการรับรองแต่ละปี 12,164 11,589 9,998 10,269 7,742 7,865 8,084 และ 7,609 แปลง ตามลำดับ พื้นที่ที่ได้รับการรับรอง 60,888 50,805 43,835 38,029 35,046 31,953 31,848 และ 30,280 ไร่ ตามลำดับ พืชที่ได้การรับรองมากที่สุด คือ มะเขือเทศ มะม่วง พริก หน่อไม้ฝรั่ง และข้าวโพดฝักสด ตามลำดับ จำนวนแปลงและพื้นที่ที่ได้การรับรองมีแนวโน้มลดลงทุกปี พืชที่ใช้พื้นที่ในการผลิตมาก เช่น พริก ข้าวโพดฝักสด สับปะรด มะขาม ถั่วลิสง ลำไย เป็นต้น มีแนวโน้มได้การรับรองลดลง เนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนมาปลูกพืชชนิดอื่นแทน เช่น อ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ยางพารา เป็นต้น ซึ่งเป็นพืชนอกขอบข่ายการตรวจรับรองของกรมวิชาการเกษตรในเวลานั้น

ในปี 2564 มีแปลงที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน 7,512 แปลง พื้นที่ 29,330 ไร่ จังหวัดที่มีจำนวนแปลงที่ได้รับการรับรองแหล่งผลิต GAP พืช มากที่สุด ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ เลย สกลนคร และชัยภูมิ จำนวนแปลงที่ได้รับการรับรอง 1,446 1,107 911 855 806 และ 715 แปลง ตามลำดับ มีพื้นที่ที่ได้รับการรับรอง 2,798 5,924 7,100 2,938 2,338 และ 3,284 ไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 2) สำหรับพืชที่ได้การรับรองมากที่สุด คือ มะม่วง พืชตระกูลมะเขือ สมุนไพร พืชตระกูลกะหล่ำ สับปะรด หน่อไม้ฝรั่ง พืชตระกูลแตง พริก กล้วย และอื่นๆ (กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3, 2564) (ภาพที่ 3)

สวพ.3



ภาพที่ 2 จำนวนแปลงที่ได้การรับรองแหล่งผลิต GAP พืช

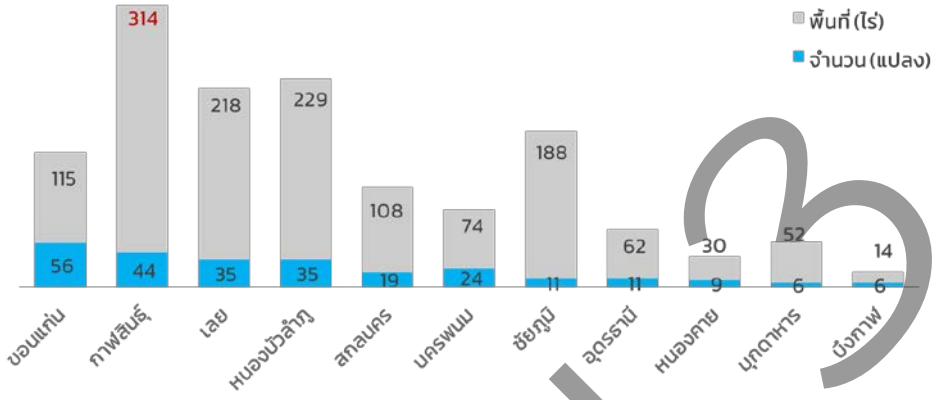


ภาพที่ 3 ชนิดพืชที่ได้การรับรองแหล่งผลิต GAP พืช

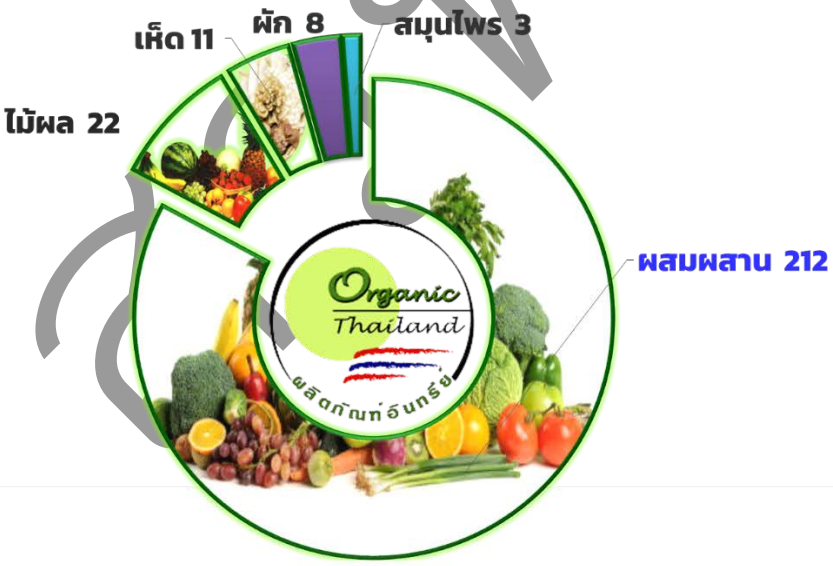
การรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

ปี 2564 พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน แบบสะสมถึงปัจจุบัน มีแปลงที่ได้รับการรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ จำนวน 256 แปลง (รวมระยะปรับเปลี่ยน) (ข้อมูล ณ เดือนพฤษภาคม 2564) พื้นที่ 1,404 ไร่ จังหวัดที่มีจำนวนแปลงที่ได้รับการรับรองมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ เลย หนองบัวลำภู นครพนม และสกลนคร จำนวนแปลงที่ได้รับการรับรอง 56 44 35 35 24 และ 19 แปลง ตามลำดับ เป็นพื้นที่ 155 314 218 229 74 และ 108 ไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ส่วนพืชที่ได้การรับรองมากที่สุด คือ ไม้ผล เห็ด ผัก สมุนไพร และพืชผสมผสาน (กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3, 2564) (ภาพที่ 5) สาเหตุสำคัญที่ทำให้การผลิตพืชของเกษตรกรไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน คือ 1) ที่ดินไม่มีเอกสารสิทธิ์ 2) เป็นแปลงผลิตพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เช่น พืชผักและพืช

สมุนไพร หรือมีการปลูกที่ไม่ต่อเนื่องและเป็นพืชที่ผลิตเพื่อบริโภคในพื้นที่ 3) เรื่องการบันทึกข้อมูล เนื่องจากเกษตรกรไม่เห็นความสำคัญ และส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่สูงอายุไม่สะดวกในการบันทึกข้อมูล 4) เกษตรกรไม่มีสถานที่เก็บสารเคมี หรือวัตถุอันตรายทางการเกษตร หรือที่เก็บไม่เหมาะสมเสี่ยงต่อการปนเปื้อนทั้งตนเองและสิ่งแวดล้อม 5) เกษตรกรใช้ในปริมาณและช่วงเวลาที่ไม่ถูกต้อง ทำให้ตรวจพบสารเคมีตกค้างในผลผลิตเกินค่ามาตรฐาน และ 6) การป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ไม่ถูกต้องเหมาะสม (กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3, 2559)



ภาพที่ 4 จำนวนแปลงที่ได้การรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์



ภาพที่ 5 ชนิดพืชที่ได้การรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์

บทที่ 2
การระบาดและการควบคุมศัตรูพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

ณัฐฏา ดีรักษา วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล
และบุญญาภา ศรีหาตา

สภาพแวดล้อมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและอุ้มน้ำได้ไม่ดี จึงทำให้พืชเกิดสภาวะเครียดและอ่อนแอต่อศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมาสภาพอากาศที่แปรปรวนเนื่องจากผลกระทบของสภาวะโลกร้อน ทำให้การระบาดของศัตรูพืชรุนแรงมากยิ่งขึ้น จากรายงานสถานการณ์การระบาดศัตรูพืชไร่ในปี 2564 ของกลุ่มพยากรณ์และเตือนการระบาดศัตรูพืช กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย กรมส่งเสริมการเกษตร (2563) และข้อมูลการสำรวจการระบาดของศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนตั้งแต่ปี 2561 จนถึงปัจจุบัน ของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 และ ศูนย์เครือข่าย พบการระบาดของศัตรูพืชในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ดังนี้

พืชไร่

มันสำปะหลัง

ในปี 2561 มีการสำรวจพบโรคอุบัติใหม่ในประเทศไทย คือโรคใบด่างมันสำปะหลัง ซึ่งเกิดจาก เชื้อไวรัส 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อ Indian cassava mosaic virus (ICMV) พบรายงานระบาดในประเทศอินเดีย และเชื้อ Sri Lankan cassava mosaic virus (SLCMV) พบรายงานการระบาดในประเทศศรีลังกา อินเดีย จีน เวียดนาม กัมพูชา รวมถึงประเทศไทย ลักษณะต้นมันสำปะหลังที่เป็นโรคจะแสดงอาการชัดเจนที่ส่วนยอดและใบ โดยพบอาการใบด่าง ใบหงิกงอ เสียรูปทรง ลำต้นแคระแกร็น (ภาพที่ 6) และหัวมันมีขนาดเล็กกว่าต้นมันสำปะหลังปกติ สามารถแพร่ระบาดผ่านทางท่อนพันธุ์ และมีแมลงหวี่ขาวยาสูบเป็นพาหะนำโรค ในปี 2564 พบพื้นที่ระบาด 74,853 ไร่ ใน 18 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี นครสวรรค์ บุรีรัมย์ ปราจีนบุรี ระยอง ลพบุรี สระบุรี สุพรรณบุรี อุทัยธานี นครราชสีมา ศรีสะเกษ อุบลราชธานี รวมทั้งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ ขอนแก่น ชัยภูมิ และอุดรธานี กรมวิชาการเกษตรจึงต้องให้ความรู้เกี่ยวกับโรคนี้และการเฝ้าระวัง และร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำรวจการระบาด และวินิจฉัยโรค เกษตรกรที่ยินยอมให้ทำลายแปลงมันสำปะหลังที่เป็นโรค จะได้รับค่าชดเชย ไร่ละ 2,160 บาท และได้รับการสนับสนุนท่อนพันธุ์มันสะอาด 500 ลำต่อไร่ ซึ่งเป็นมาตรการช่วยเหลือของรัฐบาล แต่หากเกษตรกรไม่ยินยอมให้ทำลายต้นมันสำปะหลังที่เป็นโรค จะมีความผิดตาม พ.ร.บ.กักพืช พ.ศ.2507 มาตรา 20 ตรี ระวางโทษปรับไม่เกิน 20,000 บาท มาตรา 24 จำคุกไม่เกิน 6 เดือน หรือปรับไม่เกิน 10,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ (วิชัย, 2564) นอกจากนี้ยังพบศัตรูมันสำปะหลังอีกหลายชนิด ได้แก่ เพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง ไรแดง แมลงหวี่ขาวยาสูบ โรคใบไหม้ ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* โรคโคนเน่าหัวเน่า โรคแอนแทรกโนส จากเชื้อรา *Colletotrichum* spp.

สวพ.3

ภาพที่ 6 ลักษณะอาการของโรคใบด่างในมันสำปะหลัง (ศิริพร ถินวิชัย และปวีนา ทะรักษา)

อ้อย

ศัตรูอ้อยที่พบระบาดในพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ โรคใบขาวอ้อยที่จากเชื้อไฟโตพลาสมา หนอนกออ้อย และด้วงหนวดยาว ส่งผลให้อ้อยไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเป็นปกติ ทำให้ผลผลิตลดลง ส่งผลเสียต่อเกษตรกรชาวไร่อ้อยที่ต้องมีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

โรคใบขาวอ้อย

โรคใบขาวอ้อยถือเป็นโรคที่มีผลกระทบร้ายแรงต่อการปลูกอ้อยของประเทศไทย สร้างความเสียหายประมาณ 30–40 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี และมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจมากถึง 10 เท่าของความเสียหายต่อปี ซึ่งรวมถึงผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอ้อยที่เกี่ยวข้องด้วย นอกจากนี้โรคใบขาวอ้อย ยังแพร่ระบาดไปยังพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศอื่นๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น (ยุพาและคณะ, 2564) มีรายงานการพบโรคใบขาวของอ้อยครั้งแรกในประเทศไทยตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2497 โดยมีพื้นที่ระบาดอยู่ในวงแคบ ในพื้นที่อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง จนกระทั่งกลายมาเป็นปัญหาสำคัญกับการผลิตอ้อยในประเทศไทย ในช่วงปี 2505-2506 ซึ่งพบว่ามีพื้นที่ระบาดเพิ่มขึ้นถึง 10 เท่า ผลผลิตอ้อยลดลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะในเขตปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางพื้นที่ในของภาคตะวันออก และตะวันตก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ๆ เป็นดินทรายหรือร่วนทราย ต่อมาในปี 2532 พบว่ามีการระบาดรุนแรงในพื้นที่จังหวัดอุดรธานีมีพื้นที่เสียหายกว่า 50,000 ไร่ และพบว่าความเสียหายจากโรคใบขาวเกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง โดยในปีการผลิต 2550/51 พบการระบาดของโรคใบขาวอ้อยกว่า 180,000 ไร่ กระจายไปในพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศ แต่พบมากที่สุดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กว่า 105,000 ไร่ ในปีการผลิต 2554/55 พบว่ามีพื้นที่การระบาดของโรคใบขาวอ้อยในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือไม่น้อยกว่า 200,000 ไร่ (ธวัช, 2556)

โรคใบขาวอ้อยเกิดจากเชื้อไฟโตพลาสมา สามารถพบได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของอ้อย โดยอาการปรากฏให้เห็นได้ชัดเจนในระยะกล้าที่กำลังแตกกอมีหน่อเล็กๆ จะมีใบสีขาวจำนวนมาก คล้ายกอหญ้า ทำให้หน่อไม่พัฒนาเป็นลำ หากอาการโรครุนแรงอ้อยจะแห้งตายทั้งกอในที่สุด แต่หากหน่ออ้อย

สวพ.3

พัฒนาไปเป็นลำก็จะได้ลำอ้อยที่ไม่สมบูรณ์อาจมีใบขาวที่ปลายยอด หรือมีหน่อขาวเล็กๆ งอกจากตาข้างของลำ อาการของโรคอาจจะปรากฏทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอ และบางครั้งพบว่าอ้อยเป็นโรคตั้งแต่เริ่มปลูก (ภาพที่ 7) หรือพบเมื่อเป็นอ้อยตอ สามารถแพร่ระบาดผ่านทางท่อนพันธุ์ และโดยแมลงพาหะนำโรค คือ เพลี้ยจักจั่นสีน้ำตาล (*Matsumuratettix hiroglyphicus*) ซึ่งพบจำนวนมากในช่วงฤดูฝน (ธวัช, 2556)

ภาพที่ 7 อ้อยที่แสดงอาการของโรคใบขาว
ที่มา : ธวัช (2556)

โรคแส้ดำ

สาเหตุของโรคเกิดจากเชื้อรา *Ustilago scitaminea* อ้อยที่เป็นโรคจะมีลักษณะแคระแกร็น แตกกอคล้าย ตะไคร้ ใบแคบและเล็ก ลำผอมเรียวข้อสั้นเตี้ย ส่วนยอดสุดของหน่อหรือลำอ้อยเป็นโรค หรือยอดสุดของหน่ออ้อยที่งอกจากตาข้างของลำเป็นโรค มีลักษณะคล้ายแส้ยาวสีดำ ซึ่งเกิดจากการที่เชื้อราสร้างสปอร์สีดำ จำนวนมาก รวมกันแน่นอยู่ภายในเนื้อเยื่อผิวของใบยอดสุดที่ม้วนอยู่ ระยะแรกจะเห็นเยื่อบางๆ สีขาวหุ้มแส้ดำเอาไว้จนเมื่อสปอร์มีจำนวนมากจะดันเยื่อที่หุ้มอยู่ให้หลุดออก เห็นผงสปอร์สีดำจำนวนมากปกคลุม ส่วนของใบยอดที่ม้วนแน่นจนมีลักษณะเป็นก้านแข็งยาว (ภาพที่ 8) แส้ดำที่ปรากฏอาจตั้งตรง หรือม้วนเป็นวง กออ้อยที่เป็นโรครุนแรงจะแคระแกร็น แตกกอมาก ลักษณะเป็นพุ่มเหมือนกอหญ้า ใบเล็กแคบ อ้อยไม่ย่างปล้อง ถ้าเป็นรุนแรงมาก อ้อยอาจแห้งตายทั้งกอ อาการจะปรากฏรุนแรงในอ้อยตอมากกว่าอ้อยปลูก สามารถแพร่ระบาดได้โดยลมพัดพาสปอร์ หรือกระจายไปกับน้ำฝน หรือท่อนพันธุ์อาจได้รับเชื้อโดยตรง หรือจากสปอร์ ที่มีอยู่ในดิน (ธวัช, 2559)

ภาพที่ 8 อาการของโรคแส้ดำอ้อย (ศวร.นครสวรรค์)

หนอนกออ้อย

การแพร่ระบาดของหนอนกออ้อย ซึ่งทำลายอ้อยทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะอ้อยแตกกอทั้งอ้อยปลูกใหม่และอ้อยตอ ระบาดรุนแรงในสภาพที่อุณหภูมิสูง ความชื้นต่ำ ภาวะแห้งแล้งที่เกิดจากฝนทิ้งช่วง นับเป็นศัตรูสำคัญที่เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในแหล่งปลูกที่สำคัญของประเทศไทย ต้องเฝ้าระวัง (ศูนย์ติดตามและแก้ไขปัญหาภัยพิบัติด้านการเกษตร, 2564) หนอนกออ้อย ที่พบการเข้าทำลายอ้อยมี 3 ชนิด คือ หนอนกอลายจุดเล็ก หนอนกอสีขาว และหนอนกอสีชมพู

หนอนกอลายจุดเล็ก เข้าทำลายโดยหนอนเจาะเข้าไปตรงส่วนโคนระดับผิวดิน กัดกินส่วนที่กำลังเจริญเติบโตภายในหน่ออ้อย ทำให้ยอดแห้งตาย การเข้าทำลายของหนอนกอลายจุดเล็กจะทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง 5-40 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้หนอนยังเข้าทำลายอ้อยในระยะย่างปล้อง โดยเจาะเข้าไปกัดกินอยู่ภายในลำต้นอ้อย (ภาพที่ 9) ทำให้อ้อยแตกแขนงใหม่ และแตกยอดเป็นพุ่ม

หนอนกอสีขาว หนอนเจาะไชจากส่วนยอดเข้าไปกัดกินส่วนโคนยอดที่กำลังเจริญเติบโต ทำให้ยอดแห้งตายโดยเฉพาะใบที่ยังม้วนอยู่ ส่วนใบยอดอื่นๆ ที่หนอนเข้าทำลายจะมีลักษณะหงิกงอ และมีรูพรุน เมื่ออ้อยมีลำแล้วหนอนจะเข้าทำลายส่วนที่กำลังเจริญเติบโต ทำให้ไม่สามารถสร้างปล้องอ้อยให้สูงขึ้นไปได้อีก ตาอ้อยที่อยู่ต่ำกว่าส่วนที่ถูกทำลายจะแตกหน่อขึ้นมาทางด้านข้าง เกิดอาการแตกยอดเป็นพุ่ม

หนอนกอสีชมพู หนอนเจาะเข้าไปตรงส่วนโคนของหน่ออ้อย ระดับผิวดิน เข้าไปทำลายส่วนที่กำลัง เจริญเติบโตภายในหน่ออ้อย ทำให้ยอดแห้งตาย ถึงแม้หน่ออ้อยที่ถูกทำลายจะสามารถแตกหน่อใหม่เพื่อชดเชยหน่ออ้อยที่เสียไป แต่หน่ออ้อยที่แตกใหม่เพื่อชดเชยในระยะหลังจะมีอายุสั้นลง ทำให้ผลผลิตและคุณภาพของอ้อยลดลง

ภาพที่ 9 (ก) หนอนกออ้อย (ข) ดักแด้หนอนกออ้อย
ที่มา : สำนักงานเกษตรอำเภอแวงใหญ่ จังหวัดขอนแก่น

ข้าวโพด

ปัจจุบันการผลิตข้าวโพดได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงขึ้น โดยเฉพาะภัยแล้งและปัญหาศัตรูพืช ได้แก่ หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด หนอนเจาะฝักข้าวโพด โรคราน้ำค้างจากเชื้อรา *Peronosclerospora sorghi* โรคราสนิมจากเชื้อรา *Puccinia polysora* Underw และโรคใบไหม้แผลใหญ่จากเชื้อรา *Exserohilum turcicum* สำหรับหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด (fall armyworm) (ภาพที่ 10) เป็นแมลงศัตรูพืชสำคัญที่เพิ่งเข้ามาในประเทศไทย เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของข้าวโพด สามารถบินข้ามพรมแดนไปได้ไกล เดิมพบระบาดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ แล้วข้ามไประบาดในอเมริกาเหนือ เมื่อต้นปี 2559 มีรายงานการระบาดทางตะวันตกของประเทศไนจีเรีย จากนั้นแพร่กระจาย

ออกไปหลายประเทศเกือบทั่วทวีปแอฟริกา ส่วนในทวีปเอเชียมีรายงานพบการระบาดครั้งแรกในปี 2561 ทำลายข้าวโพดในพื้นที่ประเทศอินเดีย 45 รัฐ ทำให้ข้าวโพดเสียหายทั้งหมด และมีรายงานพบหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดในบางประเทศของทวีปยุโรป หนอนชนิดนี้สามารถทำลายพืชอาหารได้มากกว่า 80 ชนิด นอกจากจะกัดกินข้าวโพดแล้วยังมีพืชอาศัยที่เป็นแหล่งอาหารอื่นอีก ได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี อ้อย ฝ้าย ทานตะวัน ถั่วเหลือง มะเขือเทศ มันฝรั่ง ขิง กล้วย กระเทียม มันหวาน พริกหยวก พืชวงศ์กะหล่ำ พืชวงศ์แตง พืชวงศ์ถั่ว พืชวงศ์หญ้า และพืชผักอีกหลายชนิด (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2562)

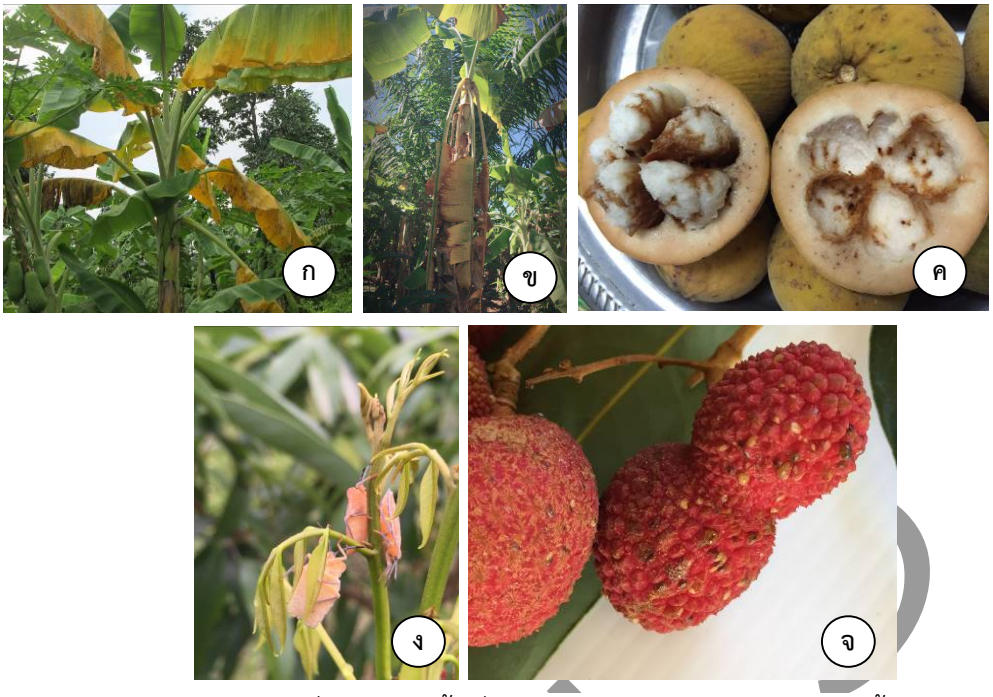
ภาพที่ 10 หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด แมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ที่มาจากต่างถิ่น

ที่มา : https://www.doa.go.th/plprotect/

พืชสวน

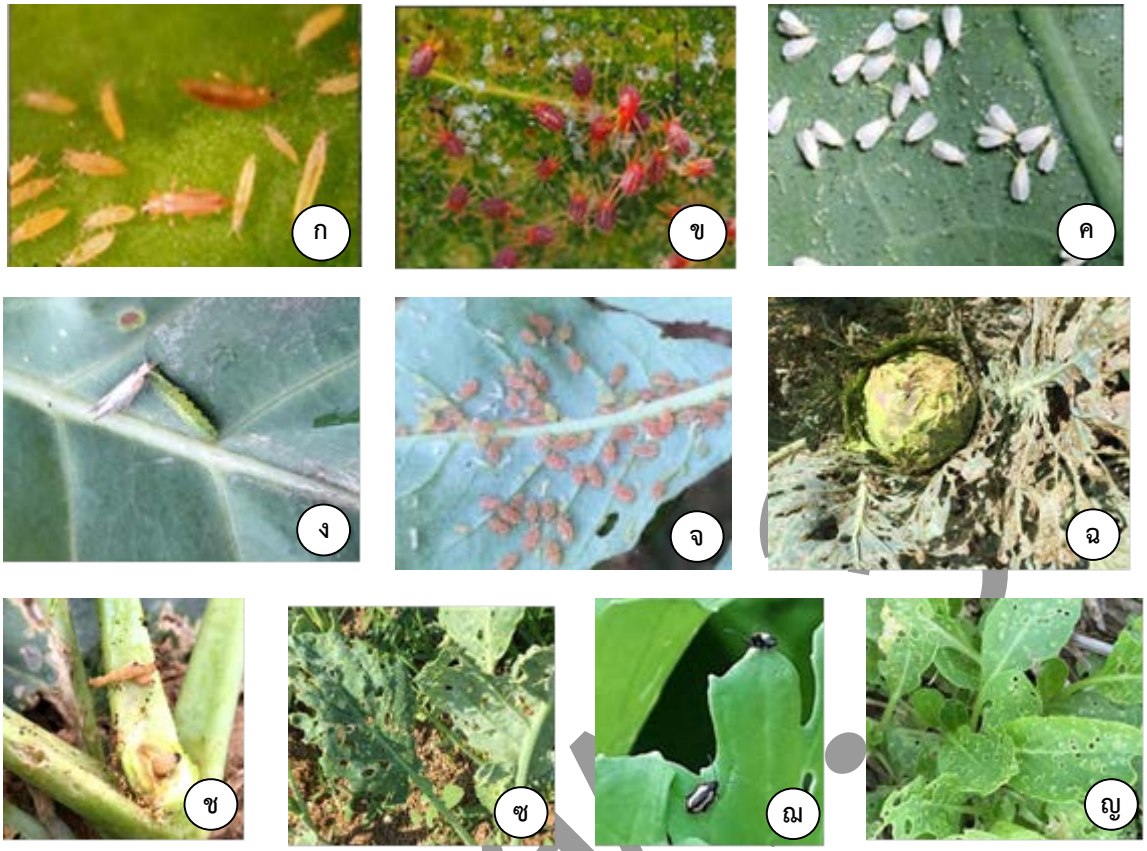
ศัตรูไม้ผล ได้แก่ โรคตายพรายของกล้วยจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* แมลงวันผลไม้กระท้อน มวนลำไย และเพลี้ยหอยในลิ้นจี่ (ภาพที่ 11) เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง และเพลี้ยหอยในมะม่วง

สวพ



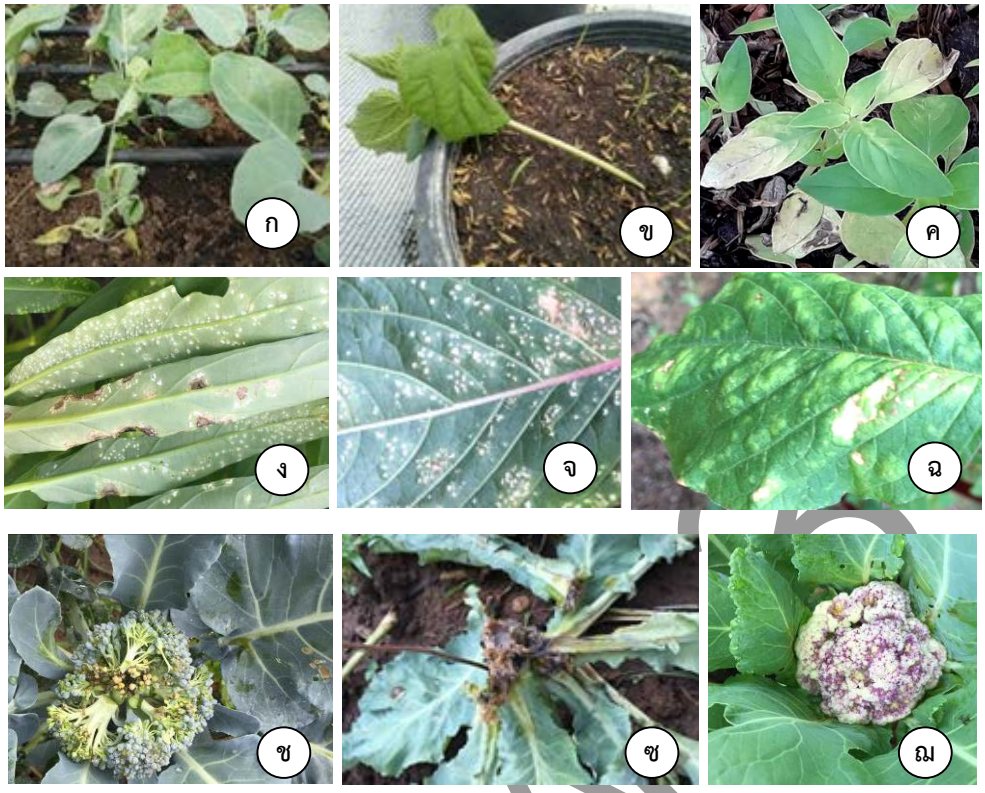
ภาพที่ 11 โรคและแมลงศัตรูไม้ผลที่ระบาดในพื้นที่ (ก) และ (ข) โรคตายพรายกล้วยน้ำว้า (ค) แมลงวันผลไม้กระท้อน (ง) มวนลำไย (จ) เพลี้ยหอย (นิยม ไข่มุกข์)

ศัตรูพืชผัก พืชผักเป็นพืชอายุสั้นที่มีความอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรูพืช เกษตรกรผู้ปลูกผักจึงมักประสบปัญหาการระบาดของศัตรูพืชชนิดต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ได้แก่ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ ไรแดง ด้วงหมัดผัก แมลงหวี่ขาว และหนอนใยผัก (ภาพที่ 12) โรครากเน่าโคนเน่า ที่เกิดจากเชื้อราในสกุล *Fusarium* spp. *Pythium* sp. และ *Rhizoctonia* sp. โรคราสนิมขาวจากเชื้อรา *Albugo ipomoea-aquaticae* Sawada โรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อรา *Cercospora* spp. และโรคราน้ำค้างจากเชื้อรา *Peronospora parasitica* (ภาพที่ 13) ในพืชตระกูลขิง (ขิง กระชายดำ ขมิ้นชัน และไพล) มักพบการระบาดของ เพลี้ยหอย และโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum*



ภาพที่ 12 แมลงศัตรูพืชผัก (ก) เพลี้ยไฟ (ข) ไรแดง (ค) แมลงหวี่ขาว (https://www.doa.go.th/plprotect/) (ง) หนอนใยผัก (จ) เพลี้ยอ่อน (ฉ-ช) หนอนเจาะยอดกะหล่ำ (ซ-ญ) ด้วงหมัดผัก (นิยม ไข่มุกข์)

สวพ.



ภาพที่ 13 โรคของพืชผัก (ก) โรคโคนเน่ารากเน่าของคะน้า (ข) โรคเน่าคอดินของแตงกวา (ค) โรคราน้ำค้างของแมงลัก (ง) โรคราสนิมขาวผักบุ้ง (จ-ฉ) โรคราสนิมขาวผักโขม (ช-ซ) โรคดอกเน่าของบล็อกโคลี่ (ฌ) โรคดอกเน่าของกะหล่ำดอก (นิยม ไข่มุกข์)

ในกลุ่มพืชตระกูลมะเขือ (พริก มะเขือ และมะเขือเทศ) พบการระบาดของ ไรแดง ไรขาว เพลี้ยไฟ แมลงหวี่ขาว แมลงวันพริก หนอนเจาะผล หนอนเจาะสมอฝ้าย เพลี้ยจักจั่นฝ้าย โรครากปมจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. โรคเหี่ยวเขียวจากเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* โรคเหี่ยวจากเชื้อรา *Fusarium* spp. หรือ *Sclerotium rolfsii* โรคแอนแทรคโนสจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. (ภาพที่ 14)

ภาพที่ 14 โรคและแมลงศัตรูพริกและมะเขือ (ก) แมลงหวี่ขาว (ข) และ (ค) เพลี้ยจักจั่นในมะเขือ (ง) หนอนเจาะผลมะเขือเทศ (จ) หนอนเจาะผลพริก (ฉ) หนอนแมลงวันผลไม้ในพริก (ช) และ (ซ) โรคเหี่ยวของพริก (ฌ) โรคแอนแทรคโนสพริก (นิยม ไข่มุกข์)

ในปี 2562 พื้นที่ปลูกมะเขือเทศของจังหวัดสกลนคร หนองคาย บึงกาฬ และมุกดาหาร เริ่มพบหนอนผีเสื้อชอนใบมะเขือเทศ (ภาพที่ 15) เป็นแมลงศัตรูพืชสำคัญที่สร้างความเสียหายต่อพืชเศรษฐกิจในหลายประเทศ โดยเฉพาะพืชวงศ์มะเขือ เช่น มะเขือเทศ มะเขือ มันฝรั่ง พริก ยาสูบ รวมทั้งพืชวงศ์ถั่ว และกะหล่ำ โดยการกัดกิน ชอนไชใบ ลำต้น และผล ทำให้ ผลผลิตลดลงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ จากสถานการณ์การระบาดอย่างรวดเร็ว และสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงในแหล่งปลูกมะเขือเทศหลายประเทศในทวีปอเมริกาใต้และทวีปยุโรป รวมทั้งเริ่มพบการระบาดในทวีปเอเชีย และเป็นแมลงที่ต้านทานต่อสารกำจัดศัตรูพืช ทำให้ป้องกันกำจัดได้ยาก และเสียค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดสูง เกษตรกรต้องใช้สารป้องกันกำจัดในปริมาณมากและใช้ถี่ขึ้น และอาจเกิดการดื้อยาของแมลงเพิ่มมากขึ้น จึงเป็นศัตรูพืชอีกชนิดหนึ่งที่ต้องมีการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดไม่ให้เกิดการระบาดเป็นวงกว้าง

ภาพที่ 15 หนอนผีเสื้อชอนใบมะเขือเทศ แมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ที่มาจากต่างถิ่น (https://www.doa.go.th/plprotect/)

การควบคุมศัตรูพืช

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรที่ขอการรับรองแหล่งผลิตพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชจำนวนมาก เกษตรกรบางรายเชื่อว่าต้องฉีดสารเคมีป้องกันไว้ก่อน ทั้งที่ยังไม่พบการเกิดโรคหรือการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช โดยเกษตรกรใช้สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชมากกว่าสารป้องกันกำจัดโรคพืช แต่ในปัจจุบัน มีการปรับเปลี่ยนมาใช้ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืชทดแทน หรือผสมผสานกับการใช้สารเคมีเพิ่มมากขึ้น สำหรับสารเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้แบ่งเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

1. **กลุ่มที่ใช้ป้องกันกำจัดหนอนและแมลง** ได้แก่ คาร์บาริล (85% WP) อิมิดาโคลพริด (70% WG) ไซเพอร์เมทริน (35% EC) คาร์โบซัลแฟน (20% EC) อะซีทามิพริด (20% SP) แลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน (10.6%) + ไทอะมีทอกแซม (14.1% ZC) คลอแรนทรานิลิโพรล (5.17% SC) อีมาเม็คตินเบนโซเอท (1.92% EC) หรือ (5% WG) และ สไปนีโทแรม (12% SC)
2. **กลุ่มที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลงปากดูด ไรแดง** ได้แก่ อะบาเม็กติน (1.8% EC) อิมิดาโคลพริด (70% WG) และไซเพอร์เมทริน (35% EC)
3. **กลุ่มที่ใช้ป้องกันกำจัดเชื้อรา** ได้แก่ แมนโคเซบ (80% WP) อีทาบอกแซม (10.4% SC) เบนโนมิล (50% WP) กำมะถันผง ปูนขาว เมตาแลคซิล+แมนโคเซบ (72%) และ ไอโพรไดโอน (50%)

ตารางที่ 1 ชนิด และอัตราการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและเมลงศัตรูในพืชชนิดต่างๆ ของเกษตรกร อัตราตาม คำแนะนำ และสารเคมีที่ใช้ทดแทน

พืช	ชื่อสารออกฤทธิ์	ชนิดของศัตรูพืชที่ใช้ป้องกันกำจัด	อัตราการใช้[1/] ของเกษตรกร	ความถี่ในการใช้	อัตราแนะนำ[2/]
พืชผัก					
ข้าวโพด	อีมาเมกตินเบนโซเอต 5% WG	หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (2 ครั้ง)
	คลอแรนทรานิลิโพรล 5.17% SC	หนอนเจาะฝักข้าวโพด	45 มลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร (2 ครั้ง)
หน่อไม้ฝรั่ง	คาร์โบซัลแฟน 20% EC	แมลงปากดูด	50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	5 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้พิโพรนิล 5% SC 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	หนอนและแมลง	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้สไปนีโทแรม 12% SC 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กระเทียม	อิมาเมกตินเบนโซเอต 1.92% EC	หนอนหลอดหอม	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	4 ครั้ง/รอบการผลิต	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร (ไม่ควรเกิน 3 ครั้ง)
ต้นหอม	คลอแรนทรานิลิโพรล 5.17% SC	หนอนหลอดหอม	40 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
คะน้า	สไปนีโทแรม 12 % SC	หนอนใยผัก	40-60 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	2 ครั้ง/รอบการผลิต	40-60 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร
บล็อคโคลี่	อิมาเมกตินเบนโซเอต 1.92% EC	หนอนกระทู้ผัก	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
พืชตระกูลกะหล่ำ	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	หนอนและแมลง	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้สไปนีโทแรม 12% SC 20-60 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร

สวพ.3

	อะบาเม็กติน 1.8% EC	แมลงปากดูด	20-30 มลิตร/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้อิมิดาโคลพริด 70% WG 15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
ผักกาดหอม	อะซีทามิพริด 20% SP	ด้วงหมัดผัก	20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	2 ครั้ง/รอบการผลิต	20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
ขึ้นฉ่าย	อิมาเมกตินเบนโซเอต 1.92% EC	หนอนชอนใบ	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
ฟักทอง	คาร์บาริล 85% WP	หนอนและแมลง	20-30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
ถั่วฝักยาว	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	หนอนและแมลง (เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง เพลี้ยอ่อน)	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	5 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้สไปนีโทแรม 12% SC 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
กะเพรา โหระพา แมงลัก	อะบาเมกติน 1.8% EC อิมาเมกตินเบนโซเอต 1.92% EC	แมลงปากดูด หนอนเจาะยอด	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต 2 ครั้ง/รอบการผลิต	10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
พืชตะกูลแตง	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	หนอนและแมลงกัดกินใบ	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้สไปนีโทแรม 12% SC 20-60มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	อิมาเมกตินเบนโซเอต 1.92% EC	เพลี้ยและแมลงปากดูด	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
มะเขือเทศ	คลอแรนทรานิลิโพรล 5.17% SC	หนอนเจาะผล หนอนชอนใบ	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	แลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน 2.5 % EC	หนอนและแมลงปากดูด	10-15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	2-3 ครั้ง/รอบการผลิต	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
พริก	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	หนอนและแมลงปากดูด	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้สไปนีโทแรม 12%SC 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร

สวพ.3

	อะบาเม็กติน 1.8% EC	เพลี้ยไฟและไรแดง	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
มะเขือเปราะ มะเขือยาว	ไอโพรไดโอน 50% WP	ใบจุดดวง	20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	2 ครั้ง/รอบการผลิต	30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	แมนโคเซบ 64% + เมตาเลคซิล 4% WG	ใบไหม้	50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้งต่อรอบการผลิต	40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	ปูนขาว	ใบเหี่ยว	200-400 กิโลกรัม/ไร่	1-2 ครั้ง/รอบการผลิต	ใช้ร่วมกับ ยูเรีย อัตรา 10:1 พื้นที่ 1ไร่ ใช้ 700 : กิโลกรัม 70 กิโลกรัม
	อิมิดาโคลพริด 70% WG	เพลี้ยไฟ	2-5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	อะซีทามิพริด 20% SP	หนอนชอนใบ หนอนเจาะผล	5-10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้อิมาเมกตินเบนโซเอต 1.92% EC 10 มลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	คาร์โบซัลแฟน 20% EC	แมลงปากดูด	50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	10-15 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
มะนาว	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	หนอนและแมลง	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้ฟิโฟรนิล 5% SC 30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	อะบาเม็กติน 1.8% EC	แมลงปากดูด	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
ไม้ผล					
เงาะ	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	ศัตรูพืช เพลี้ยแป้ง เพลี้ยไฟ หนอนกัดกินช่อดอกเงาะ แมลงวันผลไม้ และหนอนเจาะขั้ว	30-50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้ฟิโพรนิล 5% SC 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร

สวพ.3

	กำมะถันผง (80%WP)	โรคราแป้ง โรคราดำ และโรคผลเน่า	40-50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	2-3 ครั้ง/รอบการผลิต	40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (เมื่อพบการเข้าทำลาย)
	เบนโนมิล 50% WP	โรคราแป้ง โรคราดำ และโรคผลเน่า	10-20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	2 ครั้ง/รอบการผลิต	30 กรัม/น้ำ 20ลิตร (เมื่อพบการเข้าทำลาย)
แตงโม	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	แมลง	30-40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้คาร์บาริล 85% WG 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	อิมิดาโคลพริด 70% WG	เพลี้ยไฟ	2-5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	4 ครั้ง/รอบการผลิต	15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
ทุเรียน	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	ศัตรูพืช เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอยและไรแดง	30-50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้งต่อรอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้ไดโนทีฟูแรน 10% WP 15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	เบนโนมิล 50% WP	โรค ราแป้ง โรคราดำ และโรคผลเน่า	10-20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	แมนโคเซบ 80% WP	เชื้อรา โรคราก เน่า โคนเน่า	20-30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
มังคุด	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	แมลงและเพลี้ยไฟ	30-50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้อิมิดาโคลพริด 10% SL 10มิลลิตร/น้ำ20 ลิตร
เมล่อน	แมนโคเซบ 80% WP	เชื้อรา	30-50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	อีทาบอกแซม 10.4% SC	โรคราน้ำค้าง	10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	6 ครั้ง/รอบการผลิต	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	อิมิดาโคลพริด 70% WG	แมลงปากดูด	2-5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	4 ครั้ง/รอบการผลิต	15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	อะซีทามิพริด 20% SP	หนอนชอนใบ หนอนเจาะผล	5-10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	คาร์โบซัลแฟน 20% EC	แมลง	50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	2-3 ครั้ง/รอบการผลิต	40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
ส้มและส้มโอ	แมนโคเซบ 80% WP	เชื้อรา	30-50 กรัม/น้ำ20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

สวพ.2

	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	หนอนและแมลง	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	2-3 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้ ฟิโฟรนิล 5% SC 30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	อะบาเม็กติน 1.8% EC	แมลงปากดูด	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	4 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้อิมิดาโคลพริด 70% WG 15 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
พุทรา	คาร์บาริล 85% WP.	หนอนชอนใบ	45 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	45 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (เมื่อพบการเข้าทำลาย)
ลำไยและลิ้นจี่	ไซเพอร์เมทริน 35% EC	หนอนและแมลงแมลงปากดูด (เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง)	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้อิมิดาโคลพริด 10% SL 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	คาร์บาริล 85% WP	หนอนและแมลง (เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง)	20-30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบการผลิต	45 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (เมื่อพบการเข้าทำลาย)
องุ่น	อิมิดาโคลพริด 70% WG	เพลี้ยไฟ	2-5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	ใช้ 10% SL 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
มะม่วง	อะบาเม็กติน 1.8% EC	แมลงปากดูด	20-30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร (เมื่อพบการเข้าทำลาย)
	อิมิดาโคลพริด 70% WG	หนอนเจาะผลมะม่วง	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	4 ครั้ง/รอบการผลิต	ใช้ 10% SL 10 มิลลิลิตร/น้ำ20 ลิตร
ฝรั่ง	อิมิดาโคลพริด 70% WG	หนอนเจาะผล	10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	4 ครั้ง/รอบการผลิต	5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
มะละกอ	อิมิดาโคลพริด 70% WG	เพลี้ยแป้ง	5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบการผลิต	4 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	อะบาเม็กติน 1.8% EC	ไรแดง	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบการผลิต	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
มะพร้าว	คาร์บาริล 85% WP	หนอนกินใบ	30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	5 ครั้ง/รอบการผลิต	อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (เมื่อพบการเข้าทำลาย)

สวพ.3

พืชไร่					
มัน สำปะหลัง	อิมิดาโคลพริด 70% WG	เพลี้ยแป้ง ไรแดง	5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	5-7 ครั้ง/รอบ การผลิต	4 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (เมื่อพบการเข้าทำลาย)
	คาร์บาริล 85% WP	หนอนและ แมลงปากดูด	20-30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	6 ครั้ง/รอบ การผลิต	อัตรา 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (เมื่อพบ การเข้าทำลาย)
อ้อย	คาร์บาริล 85% WP	หนอนและ แมลง	20-30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	5-6 ครั้ง/รอบ การผลิต	10-80 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (ชนิดของแมลง)
ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์	คลอแรนทรานิลิโพรล 5.17% SC	หนอนกระทู้	40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบ การผลิต	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร (3 ครั้ง)
	อิมาเมกตินเบนโซเอต 1.92% EC	หนอนกระทู้ผัก	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3 ครั้ง/รอบ การผลิต	20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร (3 ครั้ง)
ถั่วลิสง	คาร์โบซัลแฟน 20% EC	แมลง (เพลี้ยไฟ ไรแดง)	50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	4-5 ครั้ง/รอบ การผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้เมทิโอคาร์บ 50% WP 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
	อะบาเม็กติน 1.8% EC	หนอนชอนใบ เพลี้ยอ่อน	30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบ การผลิต	ไม่มีคำแนะนำ ใช้ไตรอะโซฟอส 40% EC 40 มลิตร/น้ำ 20 ลิตร
	ไอโพรไดโอน 50% WP	ใบจุด	20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	3-4 ครั้ง/รอบ การผลิต	30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

ที่มา : [1/] ข้อมูลจากเกษตรกรผู้ขอการรับรองแหล่งผลิตพืช (GAP พืช) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน
[2/] ข้อมูลจาก เอกสารวิชาการคำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างปลอดภัย ข้อมูลจากงานวิจัย 2563 และคำแนะนำจากฉลากของบริษัทที่ผลิต

จากข้อมูลการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังใช้สารเคมีไม่ตรงกับชนิดของศัตรูพืช และใช้ในปริมาณมากกว่าคำแนะนำ และพ่นบ่อยครั้งกว่า ซึ่งมาจากความเชื่อของเกษตรกรว่า การใช้ตามคำแนะนำไม่สามารถกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชได้ นอกจากนี้ชนิด

สวพ.3

ของศัตรูพืชที่ระบาดมีความหลากหลายมากขึ้น เกษตรกรส่วนใหญ่จึงใช้สารเคมีตามที่ร้านค้าสารเคมีแนะนำ และใช้ตามเกษตรกรรายอื่นๆ

ปัจจุบันเกษตรกรบางรายมีการใช้ชีวภัณฑ์ หรือสารสกัดจากสมุนไพรในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช และใช้น้ำหมักสมุนไพรที่ช่วยไล่แมลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีการผลิตพืชแบบปลอดภัย โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเกษตรกรที่ขอการรับรองการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งไม่สามารถใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีในการผลิต พืชสมุนไพรที่เกษตรกรนำมาผลิตเป็นน้ำหมักสูตรต่างๆ เช่น ข่าแก่ สะเดา สาบเสือ ยาสูบ ฝักคูณ บอระเพ็ด หางไหล กระเทียม ใบน้อยหน่า ใบยอ รากหม่อน พริก หนอนตายยาก ตะไคร้ หัวกลอย ขมิ้นชัน ต้นลำโพง และเปลือกต้นแค เป็นต้น (ตารางที่ 2)

สวพ.3

ตารางที่ 2 ชีวภัณฑ์และสารสกัดสมุนไพรที่เกษตรกรใช้ป้องกันกำจัดโรคหรือแมลงศัตรูพืช

พืช	ชีวภัณฑ์และสูตรน้ำหมัก	ชนิดของศัตรูพืชที่ใช้การป้องกันกำจัด	อัตราการใช้	ความถี่ในการใช้
พืชผัก	เชื้อไตรโครเดอร์มา	ป้องกันกำจัดโรคพืชที่เกิดจากเชื้อรา	อัตรา 200-250 กรัม/น้ำ 20 ลิตร	ทุก 7 วัน ในระยะต้นกล้า
พืชผัก	1.เศษพืชผักสมุนไพร 25 กิโลกรัม 2. กากน้ำตาล 5 ลิตร 3. พด.7 2 ซอง 4. น้ำเปล่า 100 ลิตร	ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช	อัตรา 30-50 มิลลิลิตร/ น้ำ 20 ลิตร	ใช้เมื่อสำรวจพบการเข้าทำลายของแมลง
พืชผัก	1. ข่าแก่ ฝักคูณ ยาสูบ บอระเพ็ด สะเดา 5 กิโลกรัม 2. เหล้าขาว ½ ขวด 3. น้ำส้มควันไม้ ½ ขวด 4. น้ำเปล่า 20 ลิตร	ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช	อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	ใช้เมื่อสำรวจพบการเข้าทำลายของแมลง
พืชผัก	1. สมุนไพร 3 กิโลกรัม 2. กากน้ำตาล 1 กิโลกรัม 3. พด. 7 1 ซอง 4. น้ำเปล่า 10 ลิตร	สมุนไพรไล่แมลง	อัตรา 60 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	ฉีดพ่นทุก 5 วัน ก่อนที่แมลงจะเข้าทำลายพืช
พืชผักและไม้ผล	1. พริก ½ กิโลกรัม 2. ขี้เถ้า ½ กิโลกรัม 3. เหล้าขาว ½ ขวด 4. น้ำเปล่า 5 ลิตร	ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช	อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	ใช้เมื่อสำรวจพบการเข้าทำลายของแมลง
พืชผักและไม้ผล	1. น้ำส้มสายชู 2 ช้อนโต๊ะ 2. กาแฟดำ 1 ช้อนโต๊ะ 3. นมเปรี้ยว 1 ขวดเล็ก 4. ยาสูบ (ยาเส้น) 1 ซอง	ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช	อัตรา 400 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร	ใช้เมื่อสำรวจพบการเข้าทำลายของแมลง
พืชผักและไม้ผล	1. กระเทียม 200 กรัม 2. ยาสูบ 1 ซอง 3. น้ำร้อน ½ ลิตร	ป้องกันเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ ไรแดง และแมลงหวี่ขาว	อัตรา ½ ลิตร/น้ำ 5 ลิตร	ใช้เมื่อพืชแตกใบอ่อน

ที่มา : ข้อมูลจากเกษตรกรผู้ขอการรับรองแหล่งผลิตพืช (GAP พืช) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

เกษตรกรได้ความรู้ในการใช้ชีวภัณฑ์และสารสกัดสมุนไพรในการป้องกันกำจัดโรคหรือแมลงศัตรูพืช จากหน่วยงานราชการที่เข้ามาให้คำแนะนำ เช่น กรมพัฒนาที่ดินส่งเสริมการใช้สาร พด.ชนิดต่างๆ ในการผลิตปุ๋ยหมักและน้ำหมัก กรมวิชาการเกษตรให้ความรู้ในการผลิตและการใช้เชื้อไตรโครเดอร์มา ป้องกัน

สวพ.3

กำจัดเชื้อราสาเหตุโรคพืช กรมส่งเสริมการเกษตรนำหัวเชื้อไตรโครเดอร์มา แจกให้เกษตรกร นอกจากนี้ เกษตรกรยังศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในการผลิตน้ำหมักสมุนไพรจากเกษตรกรที่ผลิตพืชอินทรีย์ รวมทั้งหาข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตและสื่อออนไลน์ต่างๆ

จากนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ส่งเสริมให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมี ผลิตพืชแบบยั่งยืน หรือผลิตแบบอินทรีย์ ทำให้เกษตรกรหันมาสนใจทำการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจัยหลักที่เกษตรกรหันมาทำการผลิตพืชในระบบอินทรีย์ คือปัญหาด้านสุขภาพของเกษตรกรเนื่องจากการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชปริมาณมาก ทำให้เกิดสารเคมีสะสมในร่างกาย ที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ อาการระคายเคืองที่ผิวหนัง เป็นผื่นแดง แสบจมูก หายใจติดขัด เกิดจากการที่เกษตรกรใช้สารเคมีโดยไม่มีการป้องกันสารเคมีเข้าสู่ร่างราย ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน คำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรในการใช้อุปกรณ์ป้องกันสารเคมี ได้แก่ การสวมชุดป้องกันที่เหมาะสม ซึ่งชุดที่ได้มาตรฐานต้องเป็นชุดที่ปกคลุมทุกส่วนของร่างกาย ถุงมือที่ทำจากพลาสติกผสมยางจะป้องกันสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ สวมรองเท้าหุ้มข้อหรือรองเท้าบู๊ท ที่มีความสูงปิดถึงครึ่งน่อง กระชับ และไม่มีซับใน มีความสะดวกต่อการเดิน โดยต้องสวมให้ขากางเกงคลุมไว้ภายนอก เพื่อป้องกันไม่ให้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชไหลซึมลงภายในรองเท้า อุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจควรมีชั้นแผ่นกรองป้องกันละอองของสารเคมี แว่นตานิรภัยสามารถป้องกันสารเคมีซึมผ่านผิวหนังบริเวณรอบดวงตาได้ ชุดปฏิบัติงาน ควรเป็นชุดเสื้อแขนยาว กางเกงขายาว ทำด้วยผ้าฝ้ายหรือใยสังเคราะห์ที่ป้องกันละอองสารเคมีที่จะสัมผัสกับผิวหนังได้ ควรสวมหมวกเพื่อป้องกันสารเคมีตกลงบนศีรษะ แต่เกษตรกรเห็นว่าการใช้อุปกรณ์ป้องกันสารเคมีตามคำแนะนำ มีความยุ่งยากและไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน จึงหาวิธีอื่นมาใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน การป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยชีววิธี การจัดการด้วยวิธีเขตกรรม และการปลูกพืชให้มีความหลากหลาย เพื่อลดการใช้สารเคมี

สวพ.3

บทที่ 3

การใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืช

ศิริพร ถินวิชัย รัติกาล ยุทธศิลป์
สุทธินันท์ ประสาธน์สุวรรณ์ และแคทลิยา เอกอุ่น

การใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืชหมายถึง การใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีชีวิตเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุในการลดการเกิดโรคพืช ช่วยลดความรุนแรงของโรคพืชโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาใช้ควบคุมโรคพืชในปัจจุบันจัดว่าเป็นวิธีที่มีศักยภาพทั้งนี้เพราะผู้บริโภคสินค้าเกษตรได้ตระหนักถึงพิษตกของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งในหลายประเทศมีการห้ามใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดที่มีพิษสูงและเฉียบพลัน ปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรมีการศึกษาการนำเชื้อจุลินทรีย์รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากเชื้อจุลินทรีย์มาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืช เช่น เชื้อราไตรโคเดอร์มา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ DOA-TH50 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคตายพรายของกล้วย ที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* เห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี *Neonothopanus nambi* มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปม ที่มีสาเหตุจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp. และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA24 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรียในพืชตระกูลมะเขือ เช่น พริก มะเขือเทศ มะเขือเปราะ มะเขือยาว มันฝรั่ง และพืชตระกูลขิง เช่น ขิง ไพล ปทุมมา ขมิ้น *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ 20W1 มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคใบจุดสาเหตุจากเชื้อรา *Alternaria brassicicola* และ *A. brassicae* ในพืชตระกูลกะหล่ำ เช่น คะน้า กะหล่ำปลี ผักกาดขาวปลี *B. subtilis* สายพันธุ์ 20W16 และ 20W33 มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนส หรือโรคกุ้งแห้งของพริก โดยมีการพัฒนาจนเป็นการผลิตมวลชีวภาพเพื่อพัฒนาเป็นรูปการค้า

สำหรับผลิตภัณฑ์ควบคุมโรคพืช แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1) จุลินทรีย์ เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส

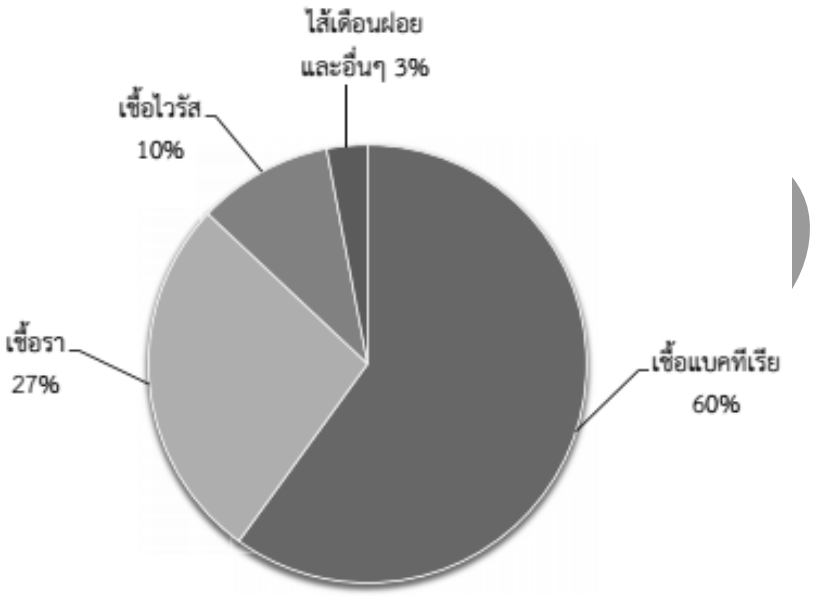
2) สารทางชีวเคมี เช่น สารสกัดจากพืช ได้แก่ essential oil เช่น สารสกัดจากข่า ขมิ้นชัน

3) สารที่เชื้อจุลินทรีย์ผลิตขึ้นหลายชนิด เช่น ไคติน (chitin) และไคโตซาน (chitosan)

สารทางชีวภาพดังกล่าวนี้มีข้อดีหลายอย่าง เช่น คงฤทธิ์อยู่ได้นาน นอกจากนั้นกลไกการออกฤทธิ์ยังแตกต่างจากสารเคมีควบคุมศัตรูพืช ไม่ทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืชดื้อหรือต้านทานต่อสารเคมี และสามารถใช้สลับกับสารเคมี การใช้สารชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืช มีบทบาทสำคัญและได้รับการยอมรับให้มีการนำมาใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการศัตรูพืชในระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ การจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน (Integrated Pest Management) นั้น ต้องการความรู้ความเข้าใจที่ครอบคลุมถึงวงจรชีวิตของศัตรูพืช และปฏิสัมพันธ์ของศัตรูพืชต่อสิ่งแวดล้อม (วีระศักดิ์, 2560)

สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้อาจเป็นสปอร์หรือตัวเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง โดยทั่วไปเป็นการใช้ตัวของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและเป็นปฏิปักษ์ต่อศัตรูพืชเป้าหมาย เช่น จุลินทรีย์กำจัดเชื้อราสาเหตุโรคพืช (biofungicides) ได้แก่ *Trichoderma* *Bacillus* *Pseudomonas* จุลินทรีย์กำจัดวัชพืช (bioherbicides) ได้แก่ *Myrothecium roridum* และจุลินทรีย์กำจัดแมลง (bioinsecticide) เช่น *Bacillus thuringiensis* (Bt)

เป็นต้น จุลินทรีย์เหล่านี้อาจแยกได้จากธรรมชาติหรือได้จากการดัดแปรพันธุกรรม สำหรับการควบคุมศัตรูพืชอาจเกิดจากสารพิษหรือสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่ผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์อาจเป็นพิษแบบจำเพาะเจาะจงต่อศัตรูพืช หรือมีผลทางอ้อมโดยยับยั้งการเจริญและการสร้างประชากรของศัตรูพืชโดยวิธีการแก่งแย่งแข่งขันในด้านอาหารและที่อยู่อาศัย หรือกลไกอื่นๆ อีกหลายอย่างที่ไม่เอื้อต่อการเจริญของศัตรูพืช (Clemson, 2007) สำหรับส่วนแบ่งการตลาดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางชีวภาพนั้นมีการแบ่งผลิตภัณฑ์ชีวภาพเป็นสัดส่วน ดังนี้ คือ แบคทเรีย 60 เปอร์เซ็นต์ เชื้อรา 27 เปอร์เซ็นต์ ไวรัส 10 เปอรซ็นต์ และอื่นๆ เช่น ไส้เดือนฝอย 3 เปอร์เซ็นต์ (Thakore, 2006) ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตลาดโลกจำแนกตามชนิดของสิ่งมีชีวิต

(ดัดแปลงจาก Kabuluk *et al*., 2010)

เชื้อรากำจัดศัตรูพืช

เชื้อราที่นำมาใช้ในการกำจัดศัตรูพืช ส่วนใหญ่เป็นการนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชและโรคพืช ซึ่งมีผลิตจำหน่ายในรูปแบบการค้า เชื้อราควบคุมศัตรูพืช (fungal biopesticides) มีส่วนแบ่งการตลาด 27 เปอร์เซ็นต์ จากสารชีวภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั่วโลก โดยมีจำหน่ายเป็นแบบการค้าในทวีปยุโรป อเมริกา และเอเชีย เชื้อราที่นำมาผลิตเพื่อควบคุมแมลงส่วนใหญ่เป็นเชื้อราในสกุล *Metarhizium Beauveria Lecanicillium* และ *Verticillium* เป็นต้น ส่วนที่ผลิตเพื่อควบคุมโรคพืชนั้นส่วนใหญ่อยู่ใน genus *Trichoderma Gliocladium Ampelomyces Paecilomyces* และ *Pochonia* เป็นต้น ซึ่งเชื้อราดังกล่าวนั้นผลิตขึ้นเพื่อนำไปควบคุมเชื้อราและไส้เดือนฝอยศัตรูพืช สำหรับราสาเหตุโรคแมลง อาทิ *Metarhizium* และ *Beauveria* นั้น สามารถนำไปใช้ในการควบคุมโรคพืชได้เช่นกัน โดยสามารถออกฤทธิ์ต่อไส้เดือนฝอยรากปม รวมทั้งมีรายงานว่า *B. bassiana* นั้นเป็นเชื้อราเอนโดไฟต์ (endophyte) ที่มีกลไกในการกระตุ้นความต้านทานโรคพืชได้อีกด้วย (Ownley et al., 2010)

เชื้อแบคทีเรียกำจัดศัตรูพืช

แบคทีเรียที่นำมาผลิตเป็นสารกำจัดศัตรูพืชมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับศัตรูพืชเป้าหมาย แบคทีเรียที่ใช้ควบคุมศัตรูพืช (bacterial biopesticides) ส่วนใหญ่อยู่ในสกุล Bacillus ซึ่งออกฤทธิ์ได้ทั้งกับแมลงศัตรูและจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืช แบคทีเรียที่มีการผลิตจำหน่ายมากที่สุดในประเทศสหรัฐอเมริกาได้แก่ *Bacillus thuringiensis* (Bt) ซึ่งมีการผลิตเป็นการค้าประมาณ 90 เปอรเซ็นต์ ของสารชีวภาพกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด โดย Bt ออกฤทธิ์ด้วยการสร้างสารพิษ delta-endotoxin หรือที่เรียกว่า Cry protein ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าแมลง สำหรับสายพันธุ์สำคัญๆ ที่ออกฤทธิ์ต่อหนอนผีเสื้อ ได้แก่ *B. thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) นอกจากนี้ยีนที่กำหนดการสร้างสารพิษนี้ สามารถส่งถ่ายไปยังพืชเศรษฐกิจบางชนิดได้ เช่น ฝ้าย ข้าวโพด มะเขือเทศ และมะเขือยาว เป็นต้น ซึ่งทำให้พืชมีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช และเนื่องจาก Bt มีความจำเพาะสูงต่อแมลงเป้าหมายและมีความปลอดภัย จึงมีการนำมาใช้เป็นทางเลือกและใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดแมลงได้อย่างดีอีกทางหนึ่ง (Kumar, 2012) ในส่วนของการควบคุมโรคพืช โดยเฉพาะที่มีสาเหตุที่เกิดจากเชื้อราในกลุ่ม Oomycota ซึ่งเชื้อ *Bacillus* หลายชนิดสามารถนำมาใช้ควบคุมได้ เช่น *B. amyloliquefaciens B. licheniformis B. pumilis* และ *B. subtilis* โดยได้มีการนำมาผลิตเป็นการค้าซึ่งออกฤทธิ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชโดยการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคและกระตุ้นความต้านทานของพืชต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช ในบางกรณีสามารถควบคุมโรครากเน่าในพืชหลายชนิด โดยเฉพาะ *B. subtilis* ซึ่งมีหลายรูปแบบการค้า แต่ที่มีชื่อเสียงในประเทศสหรัฐอเมริกาได้แก่ Ballad® Plus และ Kodiak® เป็นต้น (Stewart *et al*., 2011) นอกจากเชื้อ *Bacillus* แล้ว ยังมีเชื้อแบคทีเรียที่มีการเจริญได้ดีบริเวณรากพืช ได้แก่ *Pseudomonas* ซึ่งมีหลายชนิดที่นำมาใช้ในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี บางชนิดอาศัยอยู่ที่รากพืชซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth promoting rhizobacteria, PGPR) และมีหลายชนิดที่นำมาผลิตเป็นการค้า เช่น *P. fluorescence P. aeroginosa P. syringae* บางสายพันธุ์ของเชื้อ *P. aureofaciens* ได้นำมาใช้ในการควบคุมโรคเน่าคอดินและโรคเน่าเละ (Kloepper *et al*. 2004; Berg,, 2009) ในประเทศอินเดีย *P. fluorescens* ได้มีการนำไปใช้ควบคุมโรคใบไหม้ในมันฝรั่ง รวมทั้งโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* ในสหรัฐอเมริกามีการนำไปใช้ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี เพื่อใช้ควบคุมโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Aspergillus*, *Alternaria Fusarium Macrophomina Pythium Sclerotinia* และ *Rhizoctonia* สำหรับเชื้อ *Pseudomonas* ที่มีการผลิตในรูปการค้าเช่น Spot-Less®, At-Eze®, Bio-Save 10 LP® และ Bio-Save 11 LP® (Nakkeran et al., 2005; Khalil et al., 2013) นอกจากนี้ยังมีเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น เช่น *Agrobacterium radiobactor* สามารถนำไปใช้ควบคุมโรค crown gall ที่เกิดจากเชื้อ *A. tumefaciens* ได้

เชื้อไวรัสกำจัดศัตรูพืช

ไวรัสที่นำมาใช้ควบคุมศัตรูพืช (viral biopesticides) มีทั้งที่ใช้ควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูพืช สำหรับการควบคุมโรคพืชนั้น ใช้ในรูปแบบของไวรัสที่ทำลายเชื้อแบคทีเรีย (bacteriophage) โดยเข้าทำลายเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชด้วยการผ่านเข้าทางผนังเซลล์ ทำให้เซลล์แบคทีเรียถูกทำลายไป bacteriophage มีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของแบคทีเรีย ปัจจุบันมีการผลิตเป็นการค้าหลายชนิดประเทศสหรัฐอเมริกา เช่น บริษัท Omnilytics ผลิต bacteriophage เพื่อใช้ในการควบคุมโรคใบจุดแบคทีเรียในมะเขือเทศและพริกที่เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* และโรค bacterial speck ของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *P. syringae* ส่วนไวรัสที่ใช้กำจัดแมลงนั้น Baculovirus

เป็นไวรัสกลุ่มใหญ่ที่ผลิตเป็นการค้าเพื่อใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืช มีความจำเพาะเจาะจงต่อแมลงอาศัยสูง และไม่มีผลกระทบต่อพืช สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก ปลา และแมลงอาศัยนอกเป้าหมาย ประมาณปี พ.ศ. 2557 มี Baculovirus มากกว่า 24 ชนิด ที่ขึ้นทะเบียนเพื่อใช้กำจัดแมลงศัตรูพืชในโลกนี้ (วีระศักดิ์, 2560)

การนำเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไปใช้ในการควบคุมโรคพืชนั้น นิยมนำไปใช้กับโรคพืชที่เกิดบริเวณผิวรากหรือบริเวณผิวพืชที่อยู่เหนือดิน ซึ่งการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืชจะมีวิธีการใช้แตกต่างกันดังนี้

1. บริเวณผิวราก ใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคพืชได้หลายแบบแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสะดวกในการปฏิบัติงานของผู้ใช้ แต่ละวิธีอาจให้ประสิทธิภาพการควบคุมโรคได้ดีไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติของพืช และลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

1.1) การคลุกเมล็ด นิยมใช้กับพืชที่ใช้เมล็ดในการเพาะปลูก โดยเมล็ดจะต้องมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ช่วยให้คลุกง่ายและไม่สิ้นเปลืองผงเชื้อ มักนิยมคลุกเมล็ดก่อนปลูก

1.2) การราดดิน เป็นวิธีที่ใช้ปฏิบัติกันมาก แต่มีข้อควรพิจารณาว่า หากนำไปใช้ในสภาพไร่ที่มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ และถ้าปลูกเป็นปริมาณมากก็อาจมีข้อจำกัดในการปฏิบัติ

1.3) การคลุกดิน เป็นวิธีการนำเอาผงเชื้อหรือสารละลายเชื้อปฏิปักษ์ใส่ลงไปในดินและคลุกเคล้าให้ทั่วก่อนปลูกพืช ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างสะดวก

1.4) การจุ่มราก เป็นวิธีที่นิยมใช้กับพืชที่ต้องเพาะเมล็ดแล้วย้ายกล้าไปปลูก เช่น มะเขือเทศ พริก หรือพืชที่เมล็ดพันธุ์ราคาแพง โดยจะต้องทำให้ดินบริเวณรากหลุดออกให้หมดก่อนนำไปจุ่มในสารแขวนลอยเชื้อที่เข้มข้น แล้วจึงนำไปปลูกในแปลง วิธีนี้จะทำให้เชื้อปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืชได้ดี เพราะรากจะไปสัมผัสกับเชื้อได้หมดทุกส่วน

2. บริเวณผิวพืชอยู่เหนือดิน มีวิธีที่นิยมใช้ 2 วิธีคือ

2.1) การทา เป็นวิธีที่นิยมใช้กับพืชยืนต้นที่ถูกทำลาย มีแผลปรากฏให้เห็นชัดเจนบนส่วนของต้น หรือกิ่ง บริเวณที่สามารถนำเชื้อปฏิปักษ์ที่เตรียมให้มีความข้นและเหนียวไปทา เพื่อให้ยึดติดกับผิวพืชได้อย่างคงทน

2.2) การพ่น เป็นวิธีที่นิยมใช้กับพืชที่ปลูกเป็นปริมาณมากหรือมีลำต้นสูง ใช้หลักการปฏิบัติเช่นเดียวกับการพ่นสารเคมีกำจัดโรคพืช

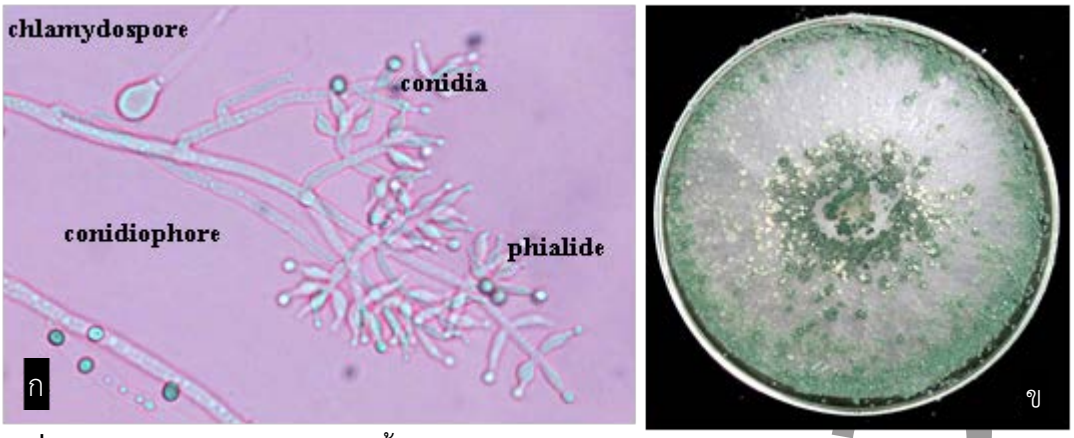
1. เชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp.

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

เชื้อรา *Trichoderma* สามารถเจริญเติบโตได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ลักษณะของเส้นใยมีผนังกั้นผิวเรียบ แตกแขนงมาก ช่วงแรกเส้นใยมีสีขาวขนาดเฉลี่ยประมาณ 5-10 ไมครอน เมื่ออายุมากขึ้นจะมีสีเขียวค่อนข้างเหลืองจนถึงเขียวเข้ม สร้างก้านชูสปอร์ (conidiophore) มีสีจางหรือใสไม่มีสี แตกกิ่งก้านเป็นข่อ พบ phialides เกิดเดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่ม โคนิเดีย (conidia) เซลล์เดียวรูปไข่ ส่วนมากมีสีเขียว ผิวเรียบหรือขรุขระ เกิดเป็นกลุ่มเล็กๆ ที่ปลาย phialides มีขนาดเฉลี่ย 3.2x2.7 ไมครอน สร้างคลามายโดสปอร์ (chlamydospore) ลักษณะกลมใส เจริญอยู่ระหว่างเส้นใยหรือปลายเส้นใย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 6.9 ไมครอน (Homer *et al*., 1972) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Trichoderma* ดังแสดงในภาพที่ 17 (สุวิตา และคณะ, 2549)

เชื้อรา *Trichoderma* spp. เป็นเชื้อราชั้นสูงที่เจริญได้ดีในดิน ซากสิ่งมีชีวิต รวมทั้งจุลินทรีย์และอินทรียวัตถุตามธรรมชาติ สามารถเจริญแข่งขันกับเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 15-20 องศา

เซลเซียส และมีชีวิตอยู่รอดได้ในที่ๆ มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 10-12 องศาเซลเซียส (Johnson *et al*., 1987) บางสายพันธุ์สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ทำหน้าที่เป็นปรสิต แข่งขันเพื่อหาอาหารและที่อยู่ได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถสร้างสารปฏิชีวนะและเอนไซม์ย่อยสลายได้อีกด้วย



ภาพที่ 17 ลักษณะทางสัณฐานของเชื้อรา *Trichoderma asperellum*; (ก) *chlamydospore, conidia, conidiophore* และ *phialide* และ (ข) โคโลนีของเชื้อรา *T. asperellum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 5 วัน (สุวิตา, 2549)

กลไกลการควบคุมโรคพืช

เชื้อรา *Trichoderma* spp. เป็นเชื้อราที่มีการศึกษาวิจัยจากนักวิชาการหลายแขนง เช่น ด้านการแพทย์ เนื่องจากเชื้อรา *Trichoderma* สามารถสร้างสารปฏิชีวนะหลายชนิด และผลิตเอนไซม์ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและการย่อยสลายวัสดุต่างๆ สำหรับด้านการเกษตรนั้น ได้มีการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2475 จนถึงปัจจุบัน เพื่อใช้ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษากลไกการเข้าทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืช (จิระเดช, 2547) ซึ่งพบว่ากลไกการเข้าทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืชของเชื้อรา *Trichoderma* spp. นั้น แบ่งออกเป็น 3 กลไก คือ

1. การสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiosis)

เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถสร้างสารปฏิชีวนะและปลดปล่อยออกมาในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคพืช เช่น สาร gliotoxin ที่ผลิตโดย เชื้อรา *T. virens* และ *T. virens* (GL-21) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *R. solani Sclerotium mericana* และ *Pythium ultimum* สาเหตุโรคเน่าคอดิน (damping-off) ของต้นบานชื่น (Lumsden *et al*., 1992) สาร gliovirin ที่ผลิตโดยเชื้อ *Gliocladium* (*Trichoderma*) *virens* (GV-P) สามารถยับยั้งเชื้อรา *P. ultimum* และเชื้อรา *Phytopthora* spp. (Howell and Stipanovic, 1993) และยังพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* (T-12) และ *T. koningii* (T-8) สามารถสร้างสารพิษ (toxin) ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium* spp. สาเหตุโรคของถั่ว (Lifshitz *et al*., 1986) นอกจากนี้ยังสามารถผลิตสารปฏิชีวนะ ที่มีผลในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบได้ และผลิตในรูปการค้า เช่น Suzukacillin® และ Alamethicine® เป็นต้น (วีระศักดิ์, 2544) Sivan และคณะ (1984) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อรา *P. apanidermatum* บนเยื่อเซลโลเฟน (cellophane) บนอาหารแข็ง พบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. ปลดปล่อยเอนไซม์และสารปฏิชีวนะที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อรา

Pythium sp. สารที่ปลดปล่อยออกมานั้นส่งผลให้ความสามารถในการเข้าทำลายพืชของเชื้อรา *Pythium* sp. ลดลง และพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถลดการเกิดโรคเน่าคอดินของถั่วลิสงได้ดีที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส (Lifshitz *et al*., 1986) วีระศักดิ์ และคณะ (2529) ได้ศึกษาผลของสาร metabolic products ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. จำนวน 18 ไอโซเลต ที่แยกได้จากดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชในดิน 3 ชนิด ได้แก่ *S. rolfsii F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* และ *P. aphanidermatum* พบว่าสาร metabolic products จากเชื้อรา *Trichoderma* spp. ไอโซเลต T 14-4 ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *S. rolfsii* และ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* ได้ และเมื่อนำสาร metabolic products ดังกล่าวมาศึกษาโดยใช้ thin layer chromatagraphy (TLC) พบว่ามีจำนวนจุดเรืองแสง UV ถึง 10 จุด ซึ่งมากกว่าไอโซเลตอื่นๆ ที่นำมาทดสอบ

2. การแก่งแย่งแข่งขันและครอบครองพื้นที่ (competition)

เชื้อรา *Trichoderma* spp. ส่วนใหญ่เจริญเติบโตสร้างเส้นใยและสปอร์ได้ค่อนข้างรวดเร็วจึงมีความสามารถสูงในการแก่งแย่งแข่งขันกับเชื้อสาเหตุโรคพืชในการใช้อาหารและแร่ธาตุต่างๆ จากแหล่งอาหารในธรรมชาติ ตลอดจนการใช้สารที่จำเป็นต่อการเจริญของเส้นใยได้เป็นอย่างดี ซึ่งส่งผลให้เชื้อสาเหตุโรคพืชขาดอาหารและลดปริมาณลง นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถเจริญเติบโตครอบครองพื้นที่บริเวณรอบๆ รากพืช (rhizophere) ได้ดังเช่นการทดลองของ Howell (2003) ได้ศึกษาการควบคุมโรคของต้นฝ้ายที่เกิดจากเชื้อรา *R. solani* โดยเพิ่มเชื้อรา *Trichoderma* spp. ลงไปในดินหรือคลุกเมล็ด เมื่อนำรากของต้นฝ้ายมาตัดแบ่งออกเป็นส่วนๆ วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ จะสังเกตเห็นเชื้อรา *Trichoderma* spp. เจริญออกมาจากทุกส่วนรอบๆ รากพืช เช่นเดียวกับพืชที่ปลูกในดินบริเวณที่มีเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* สาเหตุโรคเน่าดำ (charcoal rot) พบว่าต้นกล้าฝ้ายที่คลุกเมล็ดด้วยเชื้อรา *T. virens* เมื่อนำรากมาตัดแบ่งออกเป็นส่วนๆ นำมาวางบนอาหารแข็งที่อุณหภูมิห้อง จะพบเชื้อรา *T. virens* เจริญเติบโตออกมารอบๆ รากพืชเช่นกัน สุมิตรา (2540) ศึกษาการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์โดยเชื้อราปฏิปักษ์ *T. harzianum* PC01 และ PC02 ซึ่งทำการทดสอบโดยเลี้ยงเชื้อร่วมกันบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ระหว่างเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* IFF1 กับเชื้อราปฏิปักษ์ พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* PC01 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนีและการสร้างสปอร์ของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสได้ 74.13 และ 97.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ *T. harzianum* PC02 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนีและการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุได้ 63.24 และ 55.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทดสอบใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเชื้อรา *Chaetomium* spp. และ *Trichoderma* spp. ในแปลงของเกษตรกรเพื่อป้องกันโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์อายุ 5 ปี พบว่าในแปลงทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ Chaetomium ชนิดเม็ดในอัตรา 20 กรัมต่อต้น โดยหว่านรอบโคนต้นทุกๆ 4 เดือนร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ กทม. 5 กิโลกรัมต่อต้น พบว่าสามารถลดการเกิดโรคและลดปริมาณเชื้อก่อโรคในดินได้ 55.93 และ 79.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในแปลงทดลองที่ใช้ *Trichoderma* ชนิดเม็ดในอัตรา 40 กรัมต่อต้น หว่านรอบโคนต้นทุกๆ 4 เดือนร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ กทม. 5 กิโลกรัมต่อต้น พบว่าสามารถลดการเกิดโรคและลดปริมาณเชื้อก่อโรคในดินได้ 55.53 และ 91.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงทดลองที่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่ฉีดพ่นสลับกันทุก 7 วัน ได้แก่ carbendazim zineb manez และ copper oxychloride พบว่าสามารถลดการเกิดโรคได้ 50.16 เปอร์เซ็นต์ และลดปริมาณเชื้อก่อโรคได้ 23.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อมรรัชฎ์ (2541) ศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการป้องกันโรครากเน่าของส้มเขียวหวานที่เกิดจากเชื้อ

สวพ.3

รา *Phytopthora parasitica* และติดตามปริมาณเชื้อรา *T. harzianum* (M4) ไอโซเลตที่ต้านทานต่อสารเคมี benomyl ในวัสดุปลูก พบว่าเชื้อราปฏิปักษ์ดังกล่าวมีศักยภาพในการลดปริมาณเชื้อรา *P. parasitica* ในวัสดุปลูกที่เป็นทรายภายใต้สภาพเรือนปลูกพืชทดลองได้ และสามารถอยู่รอดและเจริญเพิ่มปริมาณได้ดี เช่นเดียวกับเชื้อรา *T. harzianum* (CB-PIN-01) การทดสอบในสภาพสวนโดยวิธีการหว่านส่วนผสมผงเชื้อรา *Trichoderma* กับ รำข้าว และปุ๋ยหมัก บริเวณใต้ทรงพุ่มของส้ม ในอัตรา 100 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าเชื้อรา *Trichoderma* ทั้งสองไอโซเลตทำให้ปริมาณเชื้อรา *P. parasitica* ลดลงต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม และพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* สามารถเจริญเพิ่มปริมาณและมีชีวิตอยู่ในดินได้ดี เป็นเวลานานกว่า 8 เดือน

3. การเป็นปรสิต (mycoparasitism)

เชื้อราที่สามารถเจริญเบียดเบียนเชื้อสาเหตุโรคพืชได้โดยอาศัยอาหารจากเชื้อสาเหตุโรคพืช เรียกว่า ไมโคปรสิต (mycoparasite) การเป็นปรสิตของเชื้อรา *Trichoderma* spp. นั้น มีกลไกโดยการพันรัดเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคแล้วสร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น เอนไซม์ chitinase β-1,3-glucanase cellulase และ protease จากนั้นแทงเส้นใยเข้าไปเจริญภายในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ทำให้เชื้อราสาเหตุโรคพืชสูญเสียความมีชีวิตมีผลทำให้ปริมาณเชื้อสาเหตุโรคพืชลดลง เช่น เชื้อรา *T. lignorum* จะสร้างเส้นใยเป็นห่วงพันรอบๆ เส้นใยของเชื้อรา *R. solani* ซึ่งก่อให้เกิดโรคกับต้นกล้าของพืชตระกูลส้ม จากนั้นสร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายผนังเซลล์และใช้เส้นใยแทงเข้าไปในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค เพื่อใช้อาหารจากเส้นใยของเชื้อรา *R. solani* เช่นเดียวกับ *T. koningii* (Tr5) ซึ่งเป็นปรสิตของเชื้อรา *S. cepivorum* ที่เข้าทำลายรากของต้นหอม จะแทงเส้นใยเข้าไปในรากพืชและเข้าทำลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคโดยการผลิตเอนไซม์ endochitinase และ exochitinase (Metcalf and Wilson, 2001)

ประโยชน์ของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

1. ช่วยลดกิจกรรมของเชื้อราสาเหตุโรคพืช

เชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดสามารถเจริญได้โดยอาศัยอาหารทั้งจากพืชอาศัยโดยตรงในขณะที่กำลังเข้าทำลายพืชอยู่ หรืออาศัยอินทรียวัตถุจำพวกเศษซากพืชที่กำลังย่อยสลาย สำหรับเชื้อรา *Trichoderma* spp. เป็นเชื้อราที่ไม่ทำให้พืชเกิดโรคจึงไม่สามารถใช้อาหารจากพืชปกติได้ แต่จะอาศัยอาหารจากอินทรียวัตถุและเศษซากพืชในดินแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น (จิระเดช และคณะ, 2536) ดังนั้นเชื้อรา *Trichoderma* spp. จึงอาจมีผลกระทบต่อกิจกรรมของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ในช่วงที่เชื้อโรคอาศัยอาหารจากอินทรียวัตถุ กิจกรรมที่สำคัญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช คือ การใช้อาหารจากเซลล์ของพืชที่มีชีวิต หรือจากเศษซากพืชเพื่อการเจริญโดยสร้างส่วนของเส้นใยให้มีปริมาณมาก ซึ่งจะส่งผลให้สามารถสร้างส่วนขยายพันธุ์ ได้มากขึ้นด้วย เชื้อรา *Trichoderma* สามารถลดกิจกรรมของเชื้อราสาเหตุโรคพืชดังกล่าว โดยกลไกการพันรัดเส้นใยแล้วปลดปล่อยเอนไซม์ออกมาหลายชนิด เช่น เอนไซม์ chitinase β-1,3-glucanase protease และ cellulase เพื่อสลายผนังเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืชก่อนที่จะแทงส่วนของเส้นใยเข้าไปภายในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช เชื้อรา *Trichoderma* spp. จะเจริญอย่างรวดเร็วโดยใช้อาหารจากภายในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค ทำให้การเจริญของเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคลดลง ส่งผลให้กิจกรรมเกี่ยวกับการสืบพันธุ์และการขยายพันธุ์โรคลดลงไปด้วย นอกจากนี้หากเชื้อราสาเหตุโรคพืชเข้าทำลายรากหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช เช่น บริเวณแผล หรือรอยตัด เชื้อรา *Trichoderma* spp. จะทำหน้าที่ขัดขวางกิจกรรมการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืชบริเวณดังกล่าวได้ โดยการแข่งขัน

ใช้อาหารและรบกวนการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชทุกระยะ เช่น การงอกของสปอร์ การเจริญและพัฒนาของเส้นใย การขยายพันธุ์และสืบพันธุ์ ผลจากการรบกวนและขัดขวางกิจกรรมต่างๆ จะส่งผลให้ความรุนแรงของการเกิดโรคลดลงได้ในที่สุด (จิระเดช และคณะ, 2536)

2. ช่วยลดปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคพืช

เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถเข้าทำลายส่วนที่เป็นโครงสร้างของเชื้อสาเหตุโรคพืช ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อการสืบพันธุ์หรือเพื่อความอยู่รอดภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เช่น กรณีของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่เข้าทำลายเม็ดสเคลอโรเทียมของเชื้อรา *S. rolfsii* ทำให้เม็ดสเคลอโรเทียมฝ่อตายไปก่อนที่จะมีโอกาสงอกเป็นเส้นใยเพื่อเข้าทำลายพืช แสดงให้เห็นว่า เชื้อรา *Trichoderma* spp. มีบทบาทในการทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืช ส่งผลให้ปริมาณของเชื้อสาเหตุโรคพืชลดลง (จิระเดช และคณะ, 2536)

3. ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช

สำหรับกลไกที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติในการเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชนั้นยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่มีผู้รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma* สามารถสร้างสารเร่งการเจริญเติบโตชนิดต่างๆ ได้ ในขณะที่บางกรณีเชื่อว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สร้างสารไปกระตุ้นให้พืชสร้างสารเร่งการเจริญเติบโตมากกว่าปกติและบางกรณีพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. ไปขัดขวาง หรือทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ ที่รบกวนระบบรากของพืช ทำให้ระบบรากของพืชสมบูรณ์แข็งแรง สามารถดูดซับอาหารและแร่ธาตุต่างๆ ในดินได้ (จิระเดช และคณะ, 2536) เชื้อรา *Trichoderma* สายพันธุ์กลาย และสายพันธุ์ดั้งเดิมสามารถผลิตสาร harzianic acid harzianic acid isomer และ pentyl pyrone ได้ โดยสารดังกล่าวจะมีผลในการเพิ่มน้ำหนักสดของต้นและรากแตงกวาได้ทั้งการปลูกทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการและในระดับเรือนทดลอง สำหรับกรณีของการเพาะเมล็ดในดินที่ปลูกหรือโรยด้วยเชื้อรา *Trichoderma* พบว่าเมล็ดจะงอกเร็วกว่าปกติ 2-3 วัน ต้นกล้าจะมีขนาดใหญ่กว่าปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกและจำนวนต้นรอดตายเพิ่มมากขึ้นด้วย (วีระศักดิ์, 2560)

4. ช่วยเพิ่มความต้านทานของพืช

ในปัจจุบันได้เริ่มมีการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ฝังหรือฉีดเข้าลำต้นหรือระบบรากพืช เพื่อป้องกันโรคและรักษาพืชที่เป็นโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไม้ผลยืนต้น จากการศึกษาพบว่าพืชที่ได้รับเชื้อรา *Trichoderma* spp. โดยวิธีนี้จะมีความแข็งแรง และต้านทานต่อการเกิดโรคได้เหมือนกับการฉีดวัคซีนในมนุษย์หรือสัตว์ พบว่าสามารถชักนำให้ต้นแตงกวามีความต้านทานต่อเชื้อรา *P. irregulare* ได้โดยใช้สารกรอง (culture filtrate) ของเชื้อรา *T. harzianum* (วีระศักดิ์, 2560)

ผลงานวิจัยการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืช

เชื้อรา *Trichoderma* spp. มีบทบาทสำคัญในการควบคุมโรคพืชได้หลายชนิด ทั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชในดินและโรคทางใบ เช่น เชื้อรา *Alternaria Pseudoperonospora Botrytis Colletotrichum Fusarium Helminthosporium Macrophomina Magnaporthe Nectria Phytophthora Plasmopara Phoma Pythium Rhizoctonia Rhizopus Sclerotium Fusarium* และ *Verticillium* เป็นต้น (Monte, 2001)

วีระศักดิ์ และระวีวรรณ (2529) ได้ศึกษาการควบคุมโรคเน่าของมะเขือเทศ พริก กระเทียม และถั่วลิสง ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *S. rolfsii* โดยใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. พบว่า สามารถควบคุมโรคเน่าได้เช่นเดียวกัน จิระเดช และคณะ (2536) ที่พบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถควบคุมโรคโคนเน่าของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อรา *S. rolfsii* ได้ทั้งในเรือนทดลองและแปลงปลูก สุมิสา (2555) ได้นำเชื้อ

รา *Trichoderma* spp. จำนวน 5 ไอโซเลต ทำการทดสอบในสภาพแปลงปลูก พบว่าเชื้อรา *T. virens* (T21) สามารถควบคุมโรคเหี่ยวในต้นแตงเทศได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ *T. harzianum* (T9) และ *T. virens* (T10) โดยต้นแตงเทศแสดงอาการของโรคเหี่ยวเพียง 6.25 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทั้ง 2 ไอโซเลต

Lanoiselet *et al*. (2005) ได้มีการศึกษาการนำเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. มาควบคุมเชื้อรา *Rhizoctonia* spp. โดยศึกษาการแก่งแย่งแข่งขันและการครอบครองพื้นที่ระหว่างเชื้อรา *R. solani* และเชื้อราปฏิปักษ์ *T. virens* และ *T. asperellum* ในวัสดุปลูกบรรจุลงในกระถางพลาสติก พบว่ากระถางที่ผสมเชื้อรา *T. virens T. asperellum* และทั้งเชื้อรา *T. virens* กับ *T. asperellum* ร่วมกับเชื้อรา *R. solani* มีเปอร์เซ็นต์การเจริญของเชื้อรา *R. solani* ลดลง ซึ่งการเจริญของเชื้อรา *R. solani* ถูกยับยั้งโดยกลไกการแก่งแย่งแข่งขันและครอบครองพื้นที่ของเชื้อราปฏิปักษ์ *T. virens* และ *T. asperellum* (Sarrocco *et al*., 2009) นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถยับยั้งเชื้อรา *R. solani* ได้โดยใช้กลไกการเป็นปรสิต Naeimi และคณะ (2010) พบว่าเชื้อรา *T. harzianum T. virens* และ *T. atroviride* ควบคุมเชื้อรา *R. solani* ได้ดีในสภาพห้องปฏิบัติการ จากการสร้างเส้นใยพันรัดเส้นใยเชื้อรา *R. solani* ส่งผลให้เส้นใยยุบตัวและสูญเสียสภาพ Vongphachanh และคณะ (2016) ทดสอบการควบคุมเชื้อรา *Rhizoctonia oryzae* และ *R. solani* สาเหตุโรคกาบใบแห้งของข้าวในประเทศลาวในเรือนทดลอง พบว่าการใช้เชื้อรา *T. asperellum* T18 และ T13 ในรูปแบบการฉีดพ่นบนใบเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการควบคุมเชื้อรา *R. oryzae* มีพื้นที่ของแผลบนใบข้าวเท่ากับ 15 และ 25 ตารางมิลลิเมตร และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโรคเท่ากับ 92 และ 87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้เชื้อรา *T. koningii* (67) นั้น พบว่าการแช่รากมีประสิทธิภาพดีที่สุด มีพื้นที่ของแผลบนใบข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 24 ตารางมิลลิเมตร เปอร์เซ็นต์การยับยั้งโรคเท่ากับ 87 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการควบคุมเชื้อรา *R. solani* พบว่าต้นข้าวที่ได้รับการปลูกเชื้อรา *T. asperellum* T18 ในดินปลูก เกิดโรคน้อยที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโรคเท่ากับ 61 เปอร์เซ็นต์ และการใช้เชื้อรา *T. asperellum* T18 *T. koningii* 67 โดยการผสมดินปลูก แช่ราก และฉีดพ่นทางใบ สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ 61 60 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ครองใจ และ อังคณา (2559) ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดในการควบคุมโรคราสนิมขาวของผักบุ้ง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 คลุกเมล็ดผักบุ้ง ด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาก่อนปลูก กรรมวิธีที่ 2 หว่านปุ๋ยหมักผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาก่อนปลูก กรรมวิธีที่ 3 พ่นเชื้อราไตรโคเดอร์มาก่อนปลูก และกรรมวิธีที่ 4 ไม่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (ควบคุม) พบว่า การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดสามารถควบคุมโรคราสนิมขาวในผักบุ้งได้ โดยพบการเกิดโรคราสนิมขาว ร้อยละ 5.00 ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาก่อนปลูก ส่วนแปลงที่ไม่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา พบการเกิดโรคราสนิมขาวมากที่สุด คือ ร้อยละ 16.25 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาทุกวิธีมีผลต่อความสูงและผลผลิตของผักบุ้ง เมื่อครบ 35 วันหลังปลูก พบว่าการพ่นเชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยให้ต้นผักบุ้งมีความสูงที่สุด คือ 31.9 เซนติเมตร โดยผักบุ้งที่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ให้ผลผลิตระหว่าง 2.47-2.67 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาให้ผลผลิต 2.37 กิโลกรัมต่อตารางเมตร วิพรพรรณ์ (2557) ศึกษาผลของเชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและควบคุมโรคของแคนตาลูปในแปลงปลูก พบว่า ต้นแคนตาลูปที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma* sp. รองก้นหลุมก่อนปลูก มีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากที่สุด โดยมีความสูงและจำนวนข้อ เท่ากับ 143.07 เซนติเมตร และ 27.90 ข้อ ตามลำดับ และพบว่าในแปลงที่ใส่เชื้อไตรโคเดอร์มาไม่พบการเกิดโรคราน้ำค้างและโรคเหี่ยว ในขณะที่แปลงที่ไม่ใส่เชื้อไตรโคเดอร์มาพบการเกิดราน้ำค้าง และโรคเหี่ยวร้อยละ 26.70 และร้อยละ 80.00 ตามลำดับ

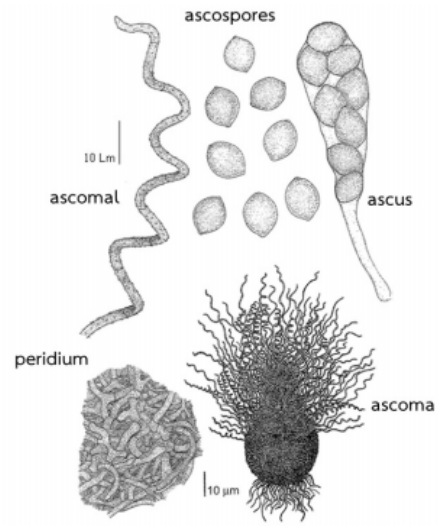
สวพ.3

2. เชื้อรา *Chaetomium* spp.

เชื้อรา *Chaetomium* spp. เป็นเชื้อราที่พบได้ทั่วไปในดิน ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยหมักเป็นต้น เชื้อราในสกุลนี้มีสมาชิกมากกว่า 300 ชนิด (von Arx *et al*., 1986; Soytong and Quimio, 1989) เชื้อรา *Chaetomium* ดำรงชีพแบบอิสระ มีความสามารถในการย่อยสลายสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น เซลลูโลส หรือคาร์โบไฮเดรทอื่นๆ ให้เป็นสารชีวโมเลกุลต่ำ และชนิดที่มีคุณสมบัติในการควบคุมโรคพืชนั้น ตัวอย่างเช่น *Chaetomium globosum* และ *C. cochlioides* ซึ่งเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อรา *Fusarium* และ *Helminthosporium* (Soytong *et al*., 2001) โดยเฉพาะ *C. globosum* มีการนำไปควบคุมโรคต้นกล้าไหม้ ในธัญพืชที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium roseum* f.sp. *cerealis* (Kommedahl *et al*. 1981) เชื้อ *C. globosum* บางไอโซเลตผลิตสารปฏิชีวนะที่สามารถควบคุมโรคเน่าคอดิน ในหัวผักกาดหวานที่เกิดจากเชื้อ *Pythium ultimum* (Di-Pietro *et al*., 1991) บางไอโซเลตสามารถควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช เช่น *Rhizoctonia solani* และ *Alternaria brassicae*

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เชื้อรา *Chaetomium* เป็นระยะ imperfect stage ของเชื้อรา เส้นใยมีสีเข้ม และมีผนังกั้น (septate hypha) สร้างสปอร์ในโครงสร้างที่เรียกว่า pycnidium สีเข้ม สปอร์มีรูปร่างกลมรีคล้ายมะนาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 175-280 ไมโครเมตร (µm) peridium สีน้ำตาลและประกอบด้วย textura intricate สีน้ำตาลหลายเส้น มีความโค้งงอหรือม้วนขด มีผนังกั้น และมีความยาวไม่เกิน 500 ไมโครเมตร ascus รูปกระบอง (clavate) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30-40×11-16 ไมโครเมตร มีจำนวน 8 สปอร์ใน 1 ascus ascospores มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9-12×8-10 ไมโครเมตร ลักษณะคล้ายลูกมะนาว มีผิวเรียบ (de Hoog *et al*., 2000) (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 ลักษณะสปอร์ของเชื้อรา *Chaetomium* spp.
(ดัดแปลงจาก De Hoog *et al*., 2000)

กลไกในการควบคุมโรคพืช

เชื้อรา *Chaetomium* สามารถควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชได้โดยการผลิตสารปฏิชีวนะ ที่ไปมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น *C. globosum* และ *C. cupreum* ซึ่งผลิตสาร Chaetoglobosin C ซึ่งยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น *Colletotrichum gloeosporioides*

C. dematium Fusarium oxysporum Phytophthora parasitica P. palmivora P. cactorum Pyricularia oryzae Rhizoctonia solani และ Sclerotium rolfsii (Soytong and Quimio, 1989; Soytong, 1992a, 1992b, Soytong, 1997; Pechprome and Soytong, 1997)

คุณสมบัติในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

ในการศึกษาของ Soytong *et al*. (2001) ทั้งในเรือนทดลองและในสภาพแปลงปลูกพบว่าเชื้อรา *Chaetomium* ในรูปแบบการค้า Ketomium® สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ข้าวโพด ข้าว พริก ส้มเขียวหวาน ทุเรียน ไม้ประดับปักษาสวรรค์ และต้นคาร์เนชั่น ซึ่งในรูปการค้า Ketomium® นี้มีเชื้อรา *Chaetomium* spp. อยู่หลายสายพันธุ์ (strain) ซึ่งในบาง strain จะสร้างสาร ergosterol ซึ่งช่วยปรับปรุงชั้นฮิวมัสในดิน ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์ขึ้น

การใช้ผลิตภัณฑ์ Ketomium® ควบคุมโรคพืช

ผลิตภัณฑ์ Ketomium® ได้รับการจดสิทธิบัตรไทย เลขที่ 6266 เป็นผลิตภัณฑ์ของเชื้อรา *Chaetomium* spp. ที่ผลิตทั้งในรูปแบบเม็ดและแบบผง สำหรับควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราในพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น โรคเหี่ยวเหลืองของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *Fusarim oxysporum* f.sp. *lycopersici* โดยการใช้ 2 เดือนก่อนปลูกมะเขือเทศ พบว่าให้ผลเทียบเท่ากับการใช้สารเคมี pentachloronitro benzene (PCNB) (Soytong and Soytong, 1997) การใช้ Ketomium® ในรูปแบบทั้งแบบเม็ดและผงโดยใส่ลงในดินแปลงปลูกมะเขือเทศ ทำให้เปอร์เซ็นต์การเป็นโรคลดลงเหลือเพียง 22 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การไม่ใช้ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเป็นโรค 43 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังใช้ควบคุมโรคโคนเน่าของข้าวโพดที่เกิดจากเชื้อรา *Sclcrotium rolfsii* การใช้ Ketomium® ทั้งแบบเม็ดและผงสามารถควบคุมโรคนี้ได้เทียบเท่ากับการใช้สารเคมี PCNB โดยการใช้รูปแบบเม็ด ผง และสารเคมี PCNB ข้าวโพดเป็นโรค 14.5 15 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่หากไม่มีการควบคุมโรคข้าวโพดเป็นโรค 23.5 เปอร์เซ็นต์ (Soytong and Soytong, 1997)

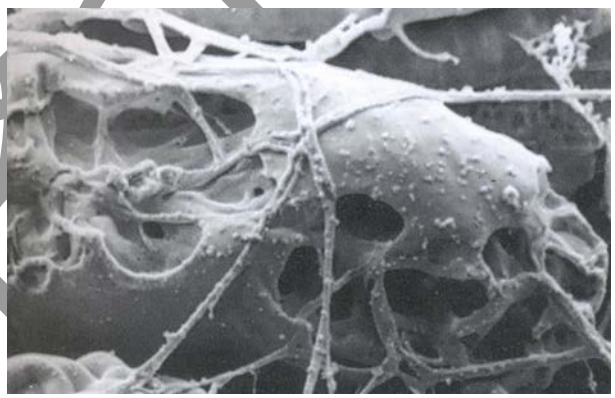
การควบคุมโรคโคนเน่าของส้มเขียวหวานที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora parasitica* (Phytophthora rot) โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ Ketomium® ผสมผสานกับการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมโรคในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกรเป็นเวลา 2 ปี และมีการทดสอบซ้ำ 4 ครั้ง โดยใช้สารเคมี metalaxyl และ phocetyl aluminum ควบคุมโรค การใช้ Ketomium® ผสมผสานกับการปรับ pH ของดินและเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ทุกๆ 4 เดือน สามารถลดการเกิดโรคลงได้ 47.25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมี metalaxyl ทั้งนี้ประชากรของเชื้อ *P. parasitica* ในดินบริเวณรากพืชที่ระดับความลึก 15 และ 30 เซนติเมตร มีค่าต่ำกว่าการไม่ใช้ Ketomium® (ดินที่ไม่มีการควบคุมโรค) นอกจากนี้การใช้ Ketomium® ทำให้ส้มเขียวหวานมีการเจริญเติบโตดีกว่าและได้ผลผลิตส้ม 52.35 กิโลกรัมต่อต้น ในขณะที่การใช้สารเคมีควบคุมโรคได้ผลผลิต 27.79 กิโลกรัมต่อต้น นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ชนิดนี้สามารถควบคุมโรครากและลำต้นเน่าของพริกไทยที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora palmivora* โดยใช้ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น ร่วมกับการใช้ปูนขาว และปุ๋ยอินทรีย์ โดยใส่ทุกๆ 4 เดือนเป็นเวลา 1 ปี ทำให้เกิดโรคเพียง 22.66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้สารเคมี metalaxyl (การเป็นโรค 21.88 เปอร์เซ็นต์) และใช้ควบคุมโรคโคนเน่าของสตรอเบอรี่ที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora cactorum* ในระยะต้นกล้า โดยใช้ในรูปแบบเม็ดในอัตรา 0.04 กรัมต่อต้น โดยใส่ลงในดินพร้อมกับปุ๋ยคอก 5 กรัม ให้กับต้นกล้าก่อนย้ายปลูกลงแปลง พบว่าทำให้ลดการเป็นโรคลงได้ เมื่อตรวจสอบประชากรของเชื้อ *Chaetomium globosum* และ *C. cupreum*

ตัวอย่าง

สำหรับการควบคุมโรครากเน่าของทุเรียนที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora palmivora* ซึ่งเป็นโรคสำคัญและทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจในการผลิตทุเรียน เนื่องจากทำให้ต้นทุเรียนตายไม่สามารถให้ผลผลิตได้ การควบคุมโรคโดยชีววิธี ด้วยการใช้ Ketomium® ร่วมกับการเขตกรรม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ การปรับ pH ของดินให้สูงขึ้น และขุดต้นที่เป็นโรคออกไปทำลาย โดยใช้ Ketomium® ทุกๆ 4 เดือน จะให้ผลในการควบคุมโรคนี้ได้ดี (Pechprome and Soytong, 1997)

3. เชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulate*

เชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulate* (*P.c.c.*) ชื่อเดิม คือเชื้อ *Verticillium catenulatum* เป็นเชื้อราอีกชนิดหนึ่งที่มีการศึกษากันมากถึงศักยภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม เชื้อราชนิดนี้อาศัยอยู่ในดินรอบๆ รากพืชหลายชนิดและจัดเป็นปรสิตชั่วคราว (facultative parasite) ที่สามารถเป็นทั้งผู้ย่อยสลายในดิน รวมทั้งเป็นปรสิตของไข่และตัวเต็มวัยเพศเมียของไส้เดือนฝอยรากปม (ภาพที่ 19) อีกทั้ง *P. chlamydosporia* ยังสามารถอาศัยอยู่บริเวณราก (endophyte) ทั้งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ สำหรับพืชบางชนิดเช่น ข้าวบาร์เลย์ (*Hordeum vulgare*) เชื้อรานี้สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและปรับกลไกในการป้องกันตัวของพืชได้ เมื่อไส้เดือนฝอยรากปมติดเชื้อรา *P. chlamydosporia* เชื้อราจะเจริญสร้างเส้นใยปกคลุมกลุ่มไข่และสร้าง appressoria เจาะเข้าทำลายไข่ โดยเอนไซม์ที่เชื้อราปล่อยออกมาเพื่อใช้ในการเจาะและละลายชั้นของเปลือกไข่ คือเอนไซม์ VCP1 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น alkaline serine protease ทั้งนี้เอนไซม์ VCP1 สามารถทำลายชั้นโปรตีน (protein layer) และชั้นไคติน (chitin layer) ในเปลือกไข่ของไส้เดือนฝอยรากปม การนำเชื้อรา *P. chlamydosporia* ไปใช้ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมนั้น มีทั้งใช้ในรูปแบบสปอร์แขวนลอยโดยตรงและการเพิ่มปริมาณเชื้อในวัสดุเพาะ (substrate)

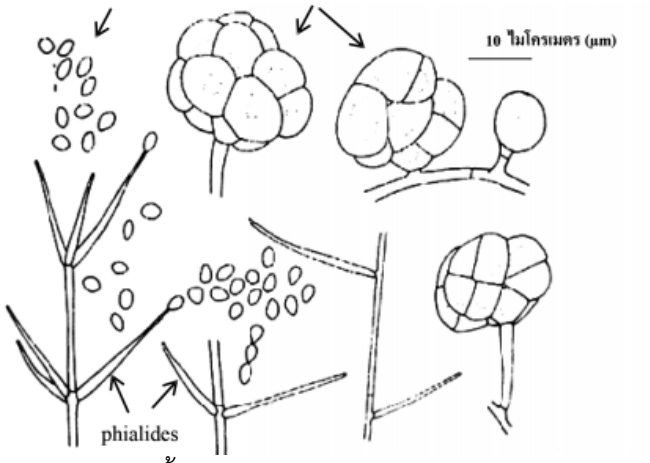


ภาพที่ 19 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงให้เห็นไข่ของ M. incognita ที่ถูกเชื้อรา *Verticillium chlamydosporium* เข้าทำลาย (Seger *et al*., 1994)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* มีระยะ teleomorph (สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ) อยู่ใน genus Cordyceps เจริญได้ดีในที่ที่มีอากาศ conidiophores แต่ละอันมี phialides ตั้งแต่ 1-3 อัน มีลักษณะเรียวยาว โดยมีขนาด 12-26 × 1.0-1.5 ไมโครเมตร conidia มีขนาด 2.5-4.5×1.2-2.2 ไมโครเมตร สร้าง chlamydospore รูปร่างแบบ dictyospore ขนาด 15-25×14-25 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นระยะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (anamorph) (ภาพที่ 20) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ คือ 24-27

องศาเซลเซียส (Zare *et al*., 2001) ลักษณะของโคโลนีของเชื้อรา *P. chlamydosporia* มีสีขาวถึงครีม คล้ายกำมะหยี่ เส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเมื่อเลี้ยงบนอาหาร PDA (potato dextrose agar) อายุ 10 วัน ประมาณ 20-38 มิลลิเมตร



ภาพที่ 20 ลักษาณะสปอร์ของเชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata*

กลไกการเข้าทำลาย

เมื่อไส้เดือนฝอยรากปมถูกเชื้อรา *P. chlamydosporia* เข้าทำลาย เชื้อราจะเจริญสร้างเส้นใยปกคลุมกลุ่มไข่และสร้าง appressoria เจาะเข้าทำลายไข่ โดยเอนไซม์ที่เชื้อราปล่อยออกมาเพื่อใช้ในการเจาะและละลายชั้นของเปลือกไข่ คือเอนไซม์ VCP1 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น alkaline serine protease ทั้งนี้เอนไซม์ VCP1 สามารถทำลายชั้นโปรตีน และชั้นไคติน ในเปลือกไข่ของไส้เดือนฝอยรากปม การนำเชื้อรา *P. chlamydosporia* ไปใช้ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมนั้น มีทั้งใช้ในรูปแบบสปอร์แขวนลอยโดยตรง และการเพิ่มปริมาณเชื้อในวัสดุเพาะ ซึ่งวิธีการเพิ่มปริมาณเชื้อในวัสดุเพาะมีหลากหลายสูตร โดยส่วนใหญ่มักจะใช้เมล็ดธัญพืช ซึ่งมีทั้งรูปแบบการใช้ธัญพืชอย่างเดียว และใช้ผสมกับทราย เช่น การเพิ่มปริมาณบนเมล็ดข้าวฟ่าง โดยบ่มเชื้อรา *P. chlamydosporia* บนเมล็ดข้าวฟ่างที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน ก่อนนำไปใช้ควบคุมโรครากปม

ผลงานวิจัยการใช้เชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulate* ควบคุมโรคพืช

ยุวดี (2550) ได้สำรวจเชื้อราแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง พบเชื้อ *P. chlamydosporium* ซึ่งสามารถเข้าทำลายไข่และตัวอ่อนในระยะที่ 2 (J2) ของ *M. incognita* ในสภาพเรือนทดลอง และในระดับแปลงปลูกขนาดเล็ก สามารถลดความรุนแรงของการเกิดรากปมได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เช่นเดียวกับ มยุรฉัตร (2554) ซึ่งพบว่า สามารถลดการเกิดปม จำนวนตัว และจำนวนไข่ได้อย่างชัดเจนในทุกกรรมวิธีที่ใช้เชื้อราปฏิปักษ์ *P. chlamydosporium* var. *catenulate* (35–09) *Metarhizium anisopliae* (222) และ *Beauveria bassiana* (UD 2) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม มีการศึกษาวิจัย เพื่อการผลิตและประเมินประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์เชื้อ *P. chlamydosporia* ในการควบคุมโรครากปมในพริก โดย ยุวดี และสุภาวดี (2557) โดยการผลิตชีวภัณฑ์ชนิดเม็ด ซึ่งเตรียมจากการเลี้ยงเชื้อ *P. chlamyolosporia* YT008 บนเมล็ดข้าวฟ่างให้ได้จำนวนหน่วยโคโลนี (colony forming

ร่าง

unit, cfu) เท่ากับ 1.83x10^6 cfu/กรัม แล้วนำไปผสมกับสารต่างๆ ในอัตราส่วนต่างกันเป็น 4 สูตร ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สูตรผสมชีวภัณฑ์เชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* YT008 ในรูปแบบเม็ด

ส่วนผสม	**สูตร (อัตราส่วนเป็นกรัม)**			
	1	2	3	4
แป้งข้าวสาลี	16	16	16	16
แป้งข้าวโพด	16	16	16	16
Kaolin	4	6	6	6
Polyvimylpyrolidone	2	2	2	2
ยีสต์สกัด	6	-	6	-
Lactose monolrydrate	5	5	-	-
Glycerol	-	-	-	2
ราปฏิปักษ์ *P. chlamycosporia*	20	20	20	20

ที่มา : ดัดแปลงจากยุวดี และสุภาวดี (2557)

เมื่อนำชีวภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร ไปเก็บรักษาไว้ที่อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 2 3 และ 4 เดือน เมื่อครบเวลาการเก็บรักษาในแต่ละกรรมวิธี นำชีวภัณฑ์มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปมที่เกิดจากไส้เดือนฝอย *M. incognita* ในสภาพเรือนทดลอง ประเมินความรุนแรงของการเกิดปมที่รากพริก 5 ระดับ ตามวิธีการของ Hussey and Janssen (2002) พบว่าชีวภัณฑ์สูตร 1 ที่เก็บไว้ 1 เดือน ที่อัตราการใช้สูงสุด 40 กรัมต่อต้น ให้ผลการควบคุมโรครากปมดีที่สุด คือมีระดับการเป็นโรคต่ำที่สุดที่ระดับ 1 และมีจำนวนไข่ต่อระดับรากน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ชีวภัณฑ์สูตรที่ 3 (อัตรา 10 กรัมต่อต้น) และสูตร 4 (40 กรัมต่อต้น) ส่วนชีวภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ 2 3 และ 4 เดือนนั้นมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคลดลง

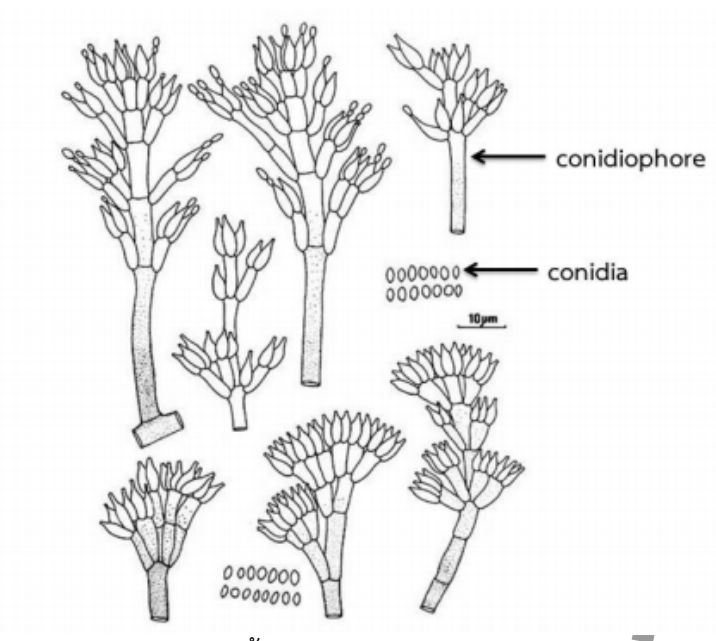
4. เชื้อรา *Paecilomyces lilacinus*

Paecilomyces lilacinus จัดเป็นเชื้อราที่มีการดำรงชีพแบบอิสระ สามารถพบได้ทั่วไป ตามแหล่งเพาะปลูก ดินปลูก ป่าไม้ ทุ่งหญ้า ทะเลทราย ตะกอนน้ำเค็ม และกากตะกอนน้ำเสีย นอกจากนี้ยังพบในไข่ไส้เดือนฝอย ไส้เดือนฝอยรากปม และพืชที่เป็นโรครากปม ซึ่งจะพบมากบริเวณรากพืช โดยสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิ 8-38 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่ามีความทนทานต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และสามารถเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ ชื้อรา *P. lilacinus* หลายชนิด เป็นที่ทราบกันดีว่าสามารถควบคุมโรคที่เกิดจากการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยรากปมได้

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

P. lilacinus เป็นเชื้อที่มีเส้นใยใส และมีผนังกั้น conidiophores มีความกว้าง 3-4 ไมโครเมตร สร้าง phialides บนก้านชูสปอร์ สปอร์มีขนาด 2.5-3.0 ไมโครเมตร-2.0-2.2 ไมโครเมตร อยู่บนส่วนปลายของ phialides และมีลักษณะเป็นรูปวงรี จะต่อกันเป็นสายโซ่ (วีระศักดิ์, 2560) (ภาพที่ 21)

ARW.3



ภาพที่ 21 ลักษณะสปอร์ของเชื้อรา *Paecilomyces lilacinus* (Samson, 1974)

กลไกการควบคุมโรคพืช

เชื้อรา *P. lilacinus* ค้นพบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2509 โดยมีความสัมพันธ์กับไข่ไส้เดือนฝอยและเป็นปรสิตต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ในประเทศเปรู เชื้อราชนิดนี้สามารถแยกจากกลุ่มไข่ (egg mass) ตัวไส้เดือนฝอยรากปม และจากดิน เชื้อรา *P. lilacinus* ที่มีการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวางนั้นเป็นปรสิตต่อกลุ่มไข่และตัวเต็มวัยเพศเมียของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* spp.)

ผลงานวิจัยการใช้เชื้อรา เชื้อรา *Paecilomyces lilacinus* ควบคุมโรคพืช

Jatala *et al*., (1979) ได้รายงานการพบเชื้อรา *P. lilacinus* เข้าทำลายไข่และตัวเต็มวัยของไส้เดือนฝอยรากปมในมันฝรั่งได้ภายใน 10-12 วัน โดยเฉพาะการเข้าทำลายไข่และตัวอ่อน ได้สูงถึงร้อยละ 80-90 และทำให้มันฝรั่งในแปลงปลูกเกิดปมน้อยกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่เชื้อรา *P. lilacinus* และการใส่เชื้อรานี้ลงไปในแปลงพร้อมกับการปลูกมันฝรั่งให้ผลในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมได้ดีกว่าใส่เชื้อราก่อนการปลูกมันฝรั่ง กลไกการเข้าทำลายไส้เดือนฝอยรากปม คือการที่เส้นใยของเชื้อราเจริญปกคลุม gelatinous matrix ที่ห่อหุ้มกลุ่มไข่ไว้ จากนั้นเจริญแทงผ่านเปลือกไข่ ผ่านชั้น vertilline layer ชั้น cutin และชั้นไขมัน ตามลำดับ เขาไปทำลายคัพภะและตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยที่อยู่ภายในไข่เจริญเติบโตสร้างเส้นใยมากมาย เปลือกไข่มีลักษณะผิดปกติไป โดย vertilline layer แยกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้น chitin เปลี่ยนเป็น vacuole ส่วนชั้นในสุดคือชั้นไขมันหายไปพร้อมๆ กับไข่ และตัวอ่อนถูกทำลายโดยมีแต่เส้นใยของเชื้อราเจริญแทนที่ และเส้นใยเชื้อราที่อยู่ในไขอาจแทงเส้นใยผ่านเปลือกไข่ออกสู่ภายนอกเพื่อทำลายไข่ที่อยู่ข้างเคียงด้วย โดยตวเต็มวัยเพศเมียถูกเชื้อราเข้าทำลายผ่านทางช่องเปิดขับถ่ายของเสีย (anus) และช่องคลอด (vulva) (Jatala, 1986)

สำหรับการใช้เชื้อรา *P. lilacinus* ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมนั้น มนตรี และคณะ (2551) ได้ทดสอบผลิตภัณฑ์ *P. lilacinus* ในรูปการค้าไลซินัส® ในอัตราต่างๆ เพื่อควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมของมันฝรั่ง พบว่าปริมาณตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยรากปมในดิน 4 กรรมวิธี ซึ่งมีจำนวน 220 210 220 และ 200 ตัวต่อดิน 500 กรัม โดยการประเมินผลผลิตหัวมันฝรั่งต่อต้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 4

กรรมวิธี คือ 218 258 210 และ 170 กรัมต่อต้น ส่วนการเป็นโรคหัวหูดที่เกิดจากไส้เดือนฝอยในกรรมวิธีที่ 1 จากแปลงที่ไม่ใส่เชื้อรามีดัชนีโรคหัวหูด 2.9 ซึ่งเป็นระดับสูง แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใส่ไลซินัส® อัตรา 1 3 และ 5 กรัมต่อต้น ส่วนกรรมวิธีที่ 2 ใช้ไลซินัส® 1 กรัมต่อต้น ทำให้เกิดดัชนี โรคหัวหูดระดับ 2.2 แตกต่างจากการใช้ไลซินัส® 3 กรัมต่อต้น มีดัชนีโรคหัวหูดเท่ากับ 2.1 แต่กรรมวิธีที่ 4 ซึ่งใช้ไลซินัส® 5 กรัมต่อต้น ทำให้ดัชนีโรคหัวหูดลดลงเหลือ 1.4 สำหรับ Ajrami *et al*. (2016) ได้ประเมินประสิทธิภาพของเชื้อรา *P. lilacinus* ในการควบคมไส้เดือนฝอยรากปม *M. javanica* ในมะเขือเทศในสภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบความสามารถในการติดเชื้อในไข่และตัวอ่อนระยะที่ 2 พบว่าสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อราสามารถยับยั้งการฟักไข่และทำให้ตัวอ่อนระยะที่ 2 ตายได้ถึง 94 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อวางไข่ไส้เดือนฝอยลงในจานเพาะเชื้อที่มีสารแขวนลอยสปอร์ที่ 48 ชั่วโมง พบว่าสามารถลดการฟักไข่ของไส้เดือนฝอย *M. javanica* และเมื่อใช้สารแขวนลอยสปอร์ *P. lilacinus* ความเข้มข้นสูง 3,000 สปอร์ต่อมิลลิลิตร หลังจาก 72 ชั่วโมง พบว่าตัวอ่อนไส้เดือนฝอยระยะ J2 ตาย 57 เปอร์เซ็นต์

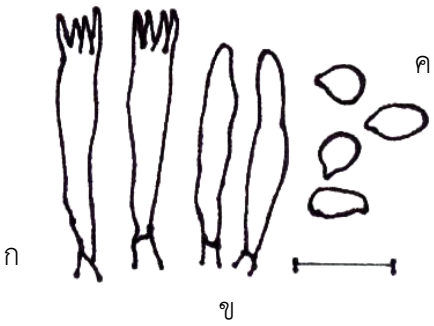
5. เห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี

เห็ดสิรินรัศมี (*N. nambi*) เป็นเห็ดที่มีแสงในตัวเองซึ่งอาจเรียกว่าเรืองแสง (luminescent mushroom) เนื่องจากสามารถเปล่งแสงออกมาได้ด้วยตัวเองตามธรรมชาติ เห็ดชนิดนี้สามารถสังเกตเห็นการเรืองแสงได้อย่างชัดเจนเมื่ออยู่ในที่มืดหรือในเวลากลางคืน โดยแสงที่เปล่งออกมาส่วนใหญ่เป็นสีเขียวอมเหลือง ซึ่งจัดเป็นแสงที่มีความเย็น คล้ายกับแสงที่หิ่งห้อยเปล่งออกมา โดยทั่วไปยังมีสิ่งมีชีวิตชนิด (species) อื่นที่สามารถเปล่งแสงได้ เช่น พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยที่เห็ดก็เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่เปล่งแสงในตัวเองได้

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ดอกของเห็ดเรืองแสงชนิดนี้ คล้ายเห็ดนางรม สีขาว ในตอนกลางวัน และมีแสงที่เปล่งเห็นเป็นสีเขียวอมเหลืองในตอนกลางคืน เส้นผ่าศูนย์กลางดอกเห็ดประมาณ 3-6 เซนติเมตร ไม่มีวงแหวน (ring) ก้านสั้นอยู่ด้านข้างของดอก เส้นผ่าศูนย์กลางของก้าน ประมาณ 5-12 มิลลิเมตร ใต้หมวกดอกมีลักษณะเป็นครีบสีขาว สปอร์มีลักษณะรูปไข่ เรียบไม่มีลาย ขนาด 2.5-3 x 5.0 -7.5 ไมโครเมตร เมื่อส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์ สร้าง basidia ลักษณะคล้ายรูปกระบอง มีขนาด 2.5-3.2 x 19.3-23.5 ไมโครเมตร และมี cleilocystidia ขนาด 2.3-2.8 x 18.2-20.3 ไมโครเมตร อยู่กันเป็นกลุ่มๆ หรือเดี่ยวๆ บนขอนไม้ที่ผุแล้ว โดยในเบื้องต้นในขณะที่ยังขาดข้อมูลลำดับเบสของ rDNA (ในส่วน ITS1-5.8S-ITS2 ของ rDNA) นั้น จึงได้รายงานในเบื้องต้นว่าเป็นเห็ดในสกุล Omphalotus (ภาพที่ 22) (Saksirirat *et al*., 2003) แต่ต่อมาเมื่อได้จำแนกโดยอาศัยข้อมูลลำดับเบส จึงพบว่าเป็นเห็ดเรืองแสง *Neonothopanus nambi* (วีระศักดิ์ และคณะ, 2547) ซึ่งต่อมาได้รับพระราชทานชื่อเห็ดชนิดนี้จากสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ว่าเห็ดเรืองแสง “สิรินรัศมี”

สวพ.3

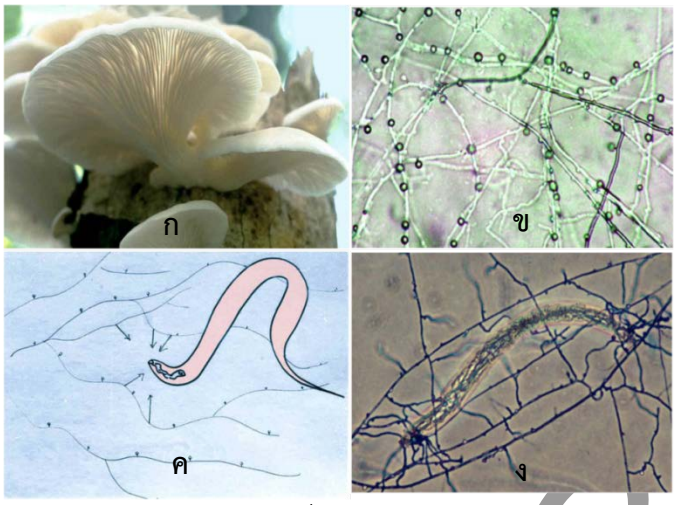


ภาพที่ 22 ลักษณะทางสัณฐานของเห็ดเรืองแสง *Omphalotus* sp. (ก) basidia (ข) cleilocystidia และ (ค) basidiospore. (bar = 10 µm) (Saksirirat *et al*., 2003)

กลไกการควบคุมโรคพืช

เห็ดเรืองแสงสิรินรัศมีเป็นเชื้อราชนิดหนึ่งในกลุ่มเชื้อราปฏิปักษ์ที่สามารถสร้างสารพิษ (toxin) และทำลายไส้เดือนฝอยได้ โดยการทำให้ไส้เดือนฝอยเป็นอัมพาต ก่อนที่จะใช้เส้นใยแทงทะลุผ่านผนังลำตัว (cuticle) ของไส้เดือนฝอย สารพิษที่เห็ดผลิตขึ้นอาจมีฤทธิ์ฆ่าไส้เดือนฝอย (nematicidal effect) ควบคุมกิจกรรมหรือจำนวนไส้เดือนฝอย (nemastatic effect) เห็ดกลุ่มนี้ เช่น เห็ดในสกุล *Pleurotus* spp. โดยสารพิษนั้นมีองค์ประกอบของ linoleic acid หรือสารที่ชื่อ ostreatin (Barron and Thorn, 1986) เห็ดที่มีรายงานว่าสามารถนำมาใช้ในการควบคุมไส้เดือนฝอยได้ เช่น เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ซึ่งสามารถผลิตสารพิษออกมาทำลายไส้เดือนฝอยได้อย่างรวดเร็ว และจะทำให้ไส้เดือนฝอยเป็นอัมพาตชั่วคราว หลังจากนั้นจะสร้างเส้นใยเจริญแทงเข้าไปดูดกินสารต่างๆ ภายในตัวไส้เดือนฝอย (ภาพที่ 23) ด้วยวิธีการล่าเหยื่อแบบนี้จึงจัดจำแนกให้เห็ดเป็นเชื้อราในกลุ่ม nematophagous fungi (Barron, 1997) โดย Thorn and Barron (1986) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของเห็ดที่จัดอยู่ในพวก gill fungi (Agaricales) 27 ชนิด คือ *Hohenbchelia* spp. 5 ชนิด *Pleurotus* 5 ชนิด และ *Resupinatus* sp. 1 ชนิด สามารถทำลายไส้เดือนฝอยได้ ในขณะที่เห็ดในสกุลเห็ดนางรม (Pleurotus) ได้แก่ *P. ostreatus P. cornucopiae P. cystidiosus P. strigosus* และ *P. subareolatus* สามารถปล่อยสารพิษออกมา ทำให้ไส้เดือนฝอยเป็นอัมพาต แล้วจึงใช้เส้นใยแทงและเข้าทำลายไส้เดือนฝอย ในปัจจุบันพบว่ามีเห็ด *Pleurotus* spp. ประมาณ 50 ชนิดที่สามารถควบคุมไส้เดือนฝอยได้ โดยเห็ดแต่ละชนิดมีวิธีการในการเข้าทำลายไส้เดือนฝอยต่างกัน (Barron, 2003) สำหรับในประเทศไทยการใช้เห็ดนางรม (*P. ostreatus*) ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* ในมะเขือเทศโดยปลูกเชื้อเห็ดปริมาณ 40 กรัมต่อต้นก่อนราดไข่ไส้เดือนฝอย สามารถควบคุมการเกิดปมได้ดีที่สุด (มหิดล, 2541)

สวพ.3



ภาพที่ 23 การเข้าทำลายไส้เดือนฝอยของเห็ดที่สร้างสารพิษ (ก) เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ข) ตุ่มพิษ (toxin droplet) บนเส้นใยเห็ด (ค) เมื่อไส้เดือนฝอยเป็นอัมพาต เส้นใยจะเจริญเข้าทางช่องเปิดธรรมชาติ (ง) เส้นใยแทงเข้าทางช่องปาก (Barron, 2008 และ Matheny *et al.*, 2007)

ผลงานวิจัยการใช้เห็ดเรืองแสงสิรินรัศมีควบคุมโรคพืช

ในประเทศไทยมีการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์จากเห็ดเรืองแสง *Neonothopanus nambi* เพื่อใช้ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (Saksirirat *et al.*, 2003; สุรีย์พร, 2550) โดยจากการรายงานของ Saksirirat *et al.* (2003) ได้นำเห็ดเรืองแสง ที่พบในเขตโคกภูตากา อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น ไอโซเลต PW1 และไอโซเลต PW2 กับไอโซเลตที่พบในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) อีก 1 ไอโซเลต มาศึกษาผลของสาร secondary metabolite ที่มีใน culture filtrate ของเห็ดเรืองแสง ซึ่งพบว่า culture filtrate ที่ระดับความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดสอบกับตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ตรวจผลที่ 48 ชั่วโมงหลังการได้รับสารนั้น culture filtrate ของเห็ดเรืองแสงไอโซเลต PW2 มีผลต่ออัตราการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 คิดเป็น 72.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดสอบในสภาพเรือนทดลอง พบว่า culture filtrate จากเห็ดเรืองแสงไอโซเลต KKU มีผลทำให้จำนวนปมที่รากของมะเขือเทศลดลง โดยมีคะแนนการเกิดปม 22.50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เทียบกับกรรมวิธีที่มีไส้เดือนฝอยรากปมเพียงอย่างเดียว มีคะแนนการเกิดปมถึง 91.25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตรวจสอบด้วย thin layer chromatography พบว่ามีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีผลต่อการตายของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* และเมื่อนำสารออกฤทธิ์ดังกล่าวไปทำให้บริสุทธิ์ พบว่าที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปมตายภายในเวลา 30 นาที และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ไส้เดือนฝอยชนิดนี้ตายได้ภายใน 1 นาที (Bua-art *et al.*, 2010)

การศึกษาวิจัยโดย Saksirirat *et al.* (2007) สุรีย์พร (2550) และ Saksirirat *et al.* (2009) มีการทดสอบการนำเอาเห็ดเรืองแสงไปใช้ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (*M. incognita*) ในมะเขือเทศ โดยการใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสงที่ผ่านการบ่มเชื้อในสภาพอุณหภูมิห้องจนกระทั่งเส้นใยเห็ดเจริญเต็มถุงก้อนเชื้อ (ใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์) หลังจากนั้นจึงนำเส้นใยจากก้อนเชื้อเห็ดไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากปมในมะเขือเทศ อายุ 21 วัน โดยใช้ในอัตรา 10 20 และ 30 กรัมต่อกระถาง เปอร์เซ็นต์การเกิดปมที่รากมะเขือเทศ หลังปลูกเชื้อด้วยเส้นใยจากก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสงจำนวน 3 ไอโซเลต ที่ 30 วัน หลังการราดไข่ไส้เดือนฝอย เปรียบเทียบกับการไม่ใช้เห็ดเรืองแสง และการใช้สารเคมีควบคุมไส้เดือนฝอย

รากปม พบว่า การใช้เส้นใยเห็ดเรืองแสงไอโซเลต PW2 ที่อัตรา 30 กรัมต่อกระถาง สามารถลดจำนวนการเกิดปมที่รากได้ดีที่สุดเท่ากับ 73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดปมเพียง 19.00 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับกรรมวิธีที่ ไม่ได้ใช้เส้นใยเห็ดเรืองแสงเกิดปม 71.67 เปอร์เซนต์ และการใช้สารเคมี carbofuran เกิดปม 71.67 เปอร์เซนต์

สุรีย์พร และคณะ (2554) และ Bua-art *et al.* (2012) ได้ประยุกต์ใช้ประโยชน์จากเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ไอโซเลต PW2 ในรูปแบบของก้อนเชื้อเห็ด เพื่อความสะดวก ประหยัด และง่ายต่อการนำไปใช้ประโยชน์ โดยทดสอบในพริก ด้วยการใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสงในอัตรา 10 20 30 40 และ 50 กรัมต่อต้น พบว่า ที่อัตรา 10 กรัมต่อต้นต่อกระถาง สามารถควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในพริกได้ดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การเกิดปมที่รากเพียง 12.40 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการใช้ก้อนเชื้อเห็ดอัตรา 20 40 30 และ 50 กรัมต่อต้น มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากปม 23.20 25.40 30.00 และ 30.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่มีไส้เดือนฝอยรากปมเพียงอย่างเดียว และการใช้สารเคมี carbofuran มีการเกิดปมสูงถึง 75.60 และ 60.00 เปอร์เซ็นต์ สุรีย์พร และคณะ (2560) ได้ทดสอบวิธีการใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสงควบคุมโรครากปมในแปลงพริก อายุ 90 วัน พบว่า กรรมวิธีใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสง จำนวน 10 กรัมต่อต้น รองก้นหลุมก่อนปลูก และกรรมวิธีปลูกปอเทืองร่วมกับการใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสง 10 กรัมต่อต้น รองก้นหลุมก่อนปลูก สามารถลดตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับกรรมวิธีปลูกปอเทือง และกรรมวิธีเปรียบเทียบซึ่งไม่ใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสง โดยพบการเกิดปมสูง ถึง 57.50 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Bua-art *et al*. (2012) และยังทำให้พริกเจริญเติบโตได้ดีมีความสูงมากที่สุด คือ 84.25 เซนติเมตร รองลงมาเป็นกรรมวิธีปลูกปอเทืองร่วมกับการใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสง 10 กรัมต่อต้น พริกสูง 72.80 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับกรรมวิธีปลูกปอเทือง และกรรมวิธีซึ่งไม่ใช้ก้อนเห็ดเรืองแสงมีความสูงเพียง 63.99 และ 59.55 เซนติเมตร ตามลำดับ และส่งผลให้พริกมีผลผลิตผลสดมากที่สุด เท่ากับ 4.70 กิโลกรัมต่อต้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) กับกรรมวิธีปลูกปอเทืองร่วมกับการใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสง (4.12 กิโลกรัม) แต่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) กับกรรมวิธีเปรียบเทียบ ที่ให้ผลผลิตผลสดเพียง 2.66 กิโลกรัม

นอกจากนั้น สุรีย์พร และคณะ (2560) ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพของก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสง *N. nambi* ต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในมันฝรั่ง พบว่า ทุกกรรมวิธีที่ใช้เชื้อเห็ดเรืองแสงรองก้นหลุมก่อนปลูก มีประสิทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมและลดการเกิดหูดได้ดี โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ใช้เห็ดเรืองแสง อัตรา 40 และ 45 กรัมต่อต้น พบเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย เพียง 1.0 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เกิดหัวหูด เพียง 1.08 และ 0.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับกรรมวิธีเปรียบเทียบที่ไม่ได้ใช้เชื้อเห็ดเรืองแสง โดยพบมันฝรั่งถูกเข้าทำลาย ถึง 67.33 เปอร์เซ็นต์ และเกิดหัวหูด 28.63 เปอร์เซ็นต์

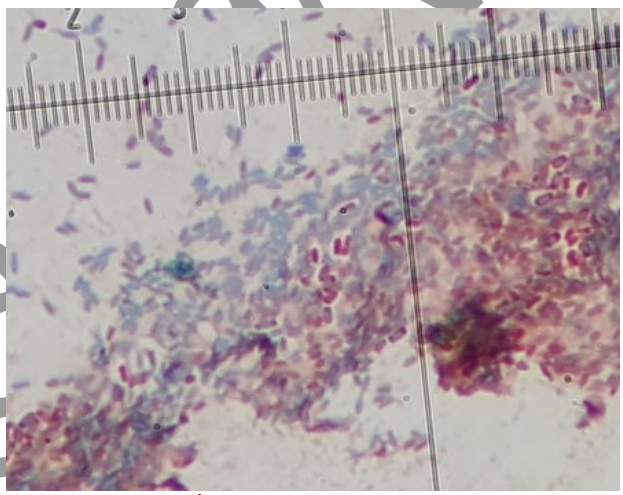
ร่าง

การใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรียควบคุมโรคพืช

ชีวภัณฑ์แบคทีเรียควบคุมโรคพืช ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุของโรคพืช โดยการแก่งแย่งอาหาร การยับยั้ง ทำลาย และการเป็นปรสิต งานวิจัยส่วนใหญ่มักเน้นการศึกษาการควบคุมโรคที่ทำลายส่วนของพืชที่อยู่ใต้ดินมากกว่าเชื้อที่เข้าทำลายส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน ปัจจุบันการควบคุมโรคด้วยวิธีนี้เป็นที่ยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช จนพัฒนาไปเป็นชีวภัณฑ์เชิงพาณิชย์หลายชนิด ได้แก่

เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (Bs)

Bacillus subtilis หรือ Bs (บีเอส) เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (gram-positive) รูปร่างเป็นท่อนสั้นทรงกระบอก (rod-shape) ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ได้ มีขนาดความกว้าง 0.5-2.5 ไมโครเมตร ความยาว 1.2-10 ไมโครเมตร สามารถสร้างเอนโดสปอร์ (endospore) (ภาพที่ 24) พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ เช่นในดิน น้ำ พืช เศษซากพืช หรือแหล่งอาหารที่มีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตสูง สามารถเจริญได้รวดเร็วในบริเวณรากพืช (Baker and Cook, 1974) แบคทีเรียชนิดนี้มีเมตาโบลิซึมเป็นทั้งแบบการหายใจ (respiration) การหมัก (fermentation) หรือเป็นทั้งสองแบบ มีความทนต่ออุณหภูมิช่วงกว้างตั้งแต่ -5 ถึง 75 องศาเซลเซียส เจริญได้ที่ pH 2-8 ทนเค็มได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สามารถสร้างสปอร์ ที่ทนต่อความร้อน และมีความหลากหลายทางชีวเคมีที่ทำให้สามารถปรับตัวให้อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ตึงเครียดรุนแรงได้



ภาพที่ 24 ลักษณะเอนโดสปอร์ที่สร้างโดยเชื้อบีเอส-ดีโอเอ 19w6 ซึ่งจะติดสีเขียวของสารมาลาไซค์ (malachite)

กลไกการควบคุมโรคพืช

1. การสร้างสารปฏิชีวนะ แบคทีเรียชนิดนี้ สามารถสร้างสารปฏิชีวนะได้มากกว่า 60 ชนิด ตัวอย่างเช่น bacillomycin iturin mycosubtilin bacilysin fengymycin และ mycobacillin เป็นต้น สารเหล่านี้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชได้หลากหลายชนิด ในประเทศบราซิลมีรายงานการใช้แบคทีเรีย *Bacillus* (PBRS-1 และ AP-3) เพื่อควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคของถั่วเหลือง 5 ชนิด

ได้แก่ *Ralstonia solani Colletotrichum truncatum Sclerotinia sclerotiorum Macrophomina phaseolina* และ *Phomopsis* sp. (Shoda, 2000; Araujo *et al*., 2005)

2. การสร้างเอนไซม์ สามารถสร้างเอนไซม์บางชนิด เช่น β-1,3- glucanase และ β-1,6-glucanase ที่สามารถย่อยสลาย glucans ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ โดยเอนไซม์จะทำลายพันธะ glycosidic linkage ที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลของกลูโคส หรือ oligo saccharides สายสั้นๆ ออกมา ซึ่งแบคทีเรียสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนได้ นอกจากนี้แบคทีเรียบาซิลลัสบางชนิดยังสามารถสร้างเอนไซม์ chitinase เพื่อย่อยสลาย chitin ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อรา โดยทำลายพันธะ β-1,4-glycosidic linkages ทำให้ได้ N-acetyl glucosamine ที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อต่อไป (กฤติกา, 2549; นิตยา, 2549)

3. การสร้างไซเดอร์โรฟอร์ ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกส่วนใหญ่ จะมีคุณสมบัติเป็นจุดเกาะยึดของโลหะ ในสภาพแวดล้อมที่ขาดธาตุเหล็ก แบคทีเรียบางชนิดสามารถสร้างสารไซเดอร์โรฟอร์ (siderophore) ได้ โดยแบคทีเรียจะผลิตสารดังกล่าวขึ้นแล้วส่งออกไปนอกเซลล์ สารดังกล่าวนี้จะไปจับกับไอออนของธาตุเหล็ก (ferric iron) แล้วเคลื่อนย้ายเข้าสู่ตัวรับที่บริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรีย เป็นผลให้กระบวนการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณของเชื้อสาเหตุโรคพืชที่อยู่บริเวณเดียวกันถูกรบกวน ซึ่งจะทำให้การเกิดโรคของพืชน้อยลงในที่สุด (Shoda, 2000)

4. การส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เรียกว่า Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) โดยแบคทีเรียเหล่านี้จะปลดปล่อยไอออนต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ให้กับพืช Raj *et al*., (2003) ได้นำชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* มาเคลือบเมล็ดข้าวฟ่างแล้วปลูกในสภาพแปลง พบว่าแบคทีเรียดังกล่าวช่วยให้ความสูงต้น พื้นที่ใบ น้ำหนักเมล็ด และผลผลิตรวมของข้าวฟ่างสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ (Domenech *et al*., 2006) ที่พบว่าแบคทีเรีย *Bacillus* มีผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริกและมะเขือเทศ เช่นเดียวกับงานวิจัย ของ ชลิดา และนัฐพร (2550) ที่ทำการแช่ท่อนพันธุ์อ้อยในเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียบาซิลลัส (E7-17) ก่อนปลูก ร่วมกับการราดเชื้อตาม สามารถทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตดี โดยให้น้ำหนักเฉลี่ย 3.12 กิโลกรัมต่อต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ ซึ่งได้ผลผลิต 1.75 กิโลกรัมต่อต้น

5. การชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรค (Induduce Systemic Resistant : ISR) คือการที่เชื้อปฏิปักษ์สามารถกระตุ้นให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระหรือทางเคมี ทำให้พืชมีความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช Kloepper *et al*. (2004) รายงานว่า แบคทีเรีย *Bacillus* หลายชนิดสามารถชักนำให้พืชเกิดความต้านทานได้ เช่น *B. subtilis B. pasteurii B. cereus B. pumilu B. mycoides B. sphaericus* และ *B. amyloliquefacieus* โดยทำให้พืชสร้างเอนไซม์ peroxidase, chitinase และ β-1,3-glucanase เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยลดการเกิดโรคและความรุนแรงในการเกิดโรคของพืชหลายชนิด ได้แก่ โรคที่เกิดจากเชื้อรา โรคที่เกิดจากแบคทีเรีย และไส้เดือนฝอยรากปม

ผลงานวิจัยการใช้ *Bacillus subtilis* ควบคุมโรคพืช

การใช้ *B. subtilis* สามารถใช้ได้ทั้งในรูปเซลล์สด และ เอนโดสปอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการป้องกันและควบคุมโรคพืชโดยตรง หรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในพืช ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* ให้สามารถใช้ได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1. การคลุกหรือเคลือบเมล็ด การคลุกเมล็ดด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ อาจใช้จุลินทรีย์ในรูปเซลล์สด หรือแบบผงซึ่งอาจจะผสมน้ำหรือมีสารละลายตัวกลางก่อนการคลุกเมล็ด เพื่อให้จุลินทรีย์ติดกับผิวเมล็ดได้ ส่วนการเคลือบเมล็ด (seed coating) เป็นวิทยาการใหม่ทางด้านเมล็ดพันธุ์ ซึ่งได้พัฒนาเทคนิคการเคลือบมาจากอุตสาหกรรมการเคลือบยา เป็นการใช้โพลีเมอร์ (polymer) ที่มีความเหนียวผสมกับสารออกฤทธิ์ชนิดต่างๆ แล้วนำมาเคลือบบนเมล็ดพันธุ์อย่างบางเบา แนบแน่น และสม่ำเสมอ โดยดัดแปลงมาจากการเคลือบสารเคมี ปุ๋ย ธาตุอาหารพืช หรือสารประกอบอื่นๆ ที่มีผลโดยตรงต่อเมล็ดพันธุ์ (Copeland and McDonal, 1995; กมลชนก และธนพร, 2553) การคลุกหรือเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยแบคทีเรียหรือชีวภัณฑ์แบคทีเรียสามารถลดปริมาณของเชื้อที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้โดยตรง จากงานวิจัยของ บุษราคัม และคณะ (2561) พบว่าการคลุกเมล็ดพันธุ์พริกด้วย *B. subtilis* ไอโซเลต 20W16 อัตรา 50 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม ช่วยลดปริมาณเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่ติดบนเมล็ดได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แบคทีเรีย หรือชีวภัณฑ์แบคทีเรียสามารถเจริญอยู่บริเวณรอบๆ รากพืชได้ดี เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืชสูงขึ้นด้วย โดยเฉพาะการใช้เพื่อควบคุมโรค ที่เกิดกับระบบราก การทำให้เชื้อปฏิปักษ์ครอบครองพื้นที่รอบรากพืช (rhizosphere) ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการป้องกันโรคพืชทางดินให้สำเร็จได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเป็นเชื้อปฏิปักษ์สามารถเจริญเพิ่มปริมาณไปพร้อมกับการเจริญของต้นกล้าและปกป้องต้นพืชได้ทันทีเมื่อเมล็ดงอก (El-Hassan and Gowen, 2006) จากการศึกษาของ Manjula and Podile (2005) ซึ่งใช้เซลล์แบคทีเรีย *B. subtilis* AF1 ผสมกับตัวพาต่างๆ ได้แก่ พีท (peat) พีทผสมไคติน (peat+chitin) พีทผสมเส้นใยของ *Aspergillus niger* (peat+mycelium) ก้อนเชื้อเห็ดเก่า (spent compost) และอัลจิเนต (alginate) โดยชีวภัณฑ์ดังกล่าวสามารถเก็บได้นานกว่า 4 เดือน แล้วเมื่อนำมาใช้คลุกเมล็ดถั่วมะแฮะ เพื่อทดสอบในสภาพแปลง พบว่ารูปแบบที่ใช้พีทผสมไคติน เป็นตัวพา มีผลต่อการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกได้ 29 และ 30 เปอร์เซ็นต์ จาก 2 ฤดูปลูก และสามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งของถั่วมะแฮะ ได้ถึง 32 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการใช้แบคทีเรียในรูปแบบอื่นๆ และพบว่าประชากรแบคทีเรียบริเวณรากพืชส่วนใหญ่ จะเพิ่มขึ้นระหว่าง 20-40 วัน หลังการเพาะ และจะลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งคงที่ ที่ 100 วัน El-Hassan และ Gowen (2006) ได้นำชีวภัณฑ์ที่ใช้ *B. subtilis* ผสมลงในตัวพาชนิดต่างๆ ได้แก่ กลูโคส ทัลคัม และพีท โดยมี carboxymethyl cellulose (CMC) เป็นสารเพิ่มการยึดเกาะ มาใช้เพื่อควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* f.sp. *lentil* สาเหตุโรคเหี่ยวของถั่วแขก โดยใช้ถั่วแขก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ Precoz ซึ่งเป็นสายพันธุ์อ่อนแอ และ Idlib-2 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ต้านทาน พบว่า รูปแบบชีวภัณฑ์ ที่เหมาะสมในการคลุกเมล็ด คือ รูปแบบสปอร์ในกลูโคส และสปอร์ในทัลคัม เนื่องจากสามารถลดความรุนแรงในการเกิดโรคได้ดีกว่ารูปแบบอื่นๆ โดยรูปแบบสปอร์ในกลูโคส มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดโรคเหี่ยวได้ดีที่สุดในพันธุ์อ่อนแอ พบอาการเหี่ยวเพียง 33.3 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการเกิดโรคของพันธุ์อ่อนแอ คือ 93.3 เปอร์เซ็นต์ และในพันธุ์ต้านทาน พบอาการเหี่ยว 6.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการเกิดโรคของพันธุ์ คือ 26.7 เปอร์เซ็นต์

2. การแช่รากหรือคลุกหัวพันธุ์พืชด้วยแบคทีเรียปฏิปักษ์ก่อนปลูก เป็นวิธีการที่ช่วยป้องกันไม่ให้เชื้อสาเหตุโรคพืชที่อยู่ในดินเข้าทำลายพืชได้ หรือช่วยลดความรุนแรงลงได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ดีกว่าเมื่อเกิดโรคแล้วจึงใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ไปรักษา (วงษ์และคณะ, 2550) ได้ทดสอบความสามารถของ *B. subtilis* จำนวน 5 ไอโซเลต ได้แก่ DOA-WB1 DOA-WB2 DOA-WB3 DOA-WB4 และ DOA-WB5 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* โดยการแช่รากต้นกล้าอายุ 10 วัน ด้วยสารแขวนลอยแบคทีเรีย *B. subtilis* ความเข้มข้น 10^9 โคโลนีต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 2-3 นาที แล้ว

สวพ.3

ปลูกในดินที่มีเชื้อ *R. solanacearum* ความเข้มข้น 10^6 โคโลนีต่อกรัม หลังจากนั้นราดด้วยเซลล์สารแขวนลอยของแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่มีความเข้มข้น 10^6 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตรต่อกระถาง โดยราด 4 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน พบว่าแบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลต สามารถป้องกันการเกิดโรคเหี่ยวได้ 23-80 เปอร์เซ็นต์ โดยเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลต DOA-WB4 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวได้ดีที่สุด และเมื่อทดสอบด้วยวิธีการเดียวกันในมันฝรั่งในสภาพแปลงเกษตรกร พบว่า สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ 15.8-44.9 เปอร์เซ็นต์ โดยเชื้อแบคทีเรีย DOA-WB4 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวได้ดีที่สุดเช่นกัน และจากการทดสอบนำหัวพันธุ์ขิงมาแช่ในสารแขวนลอยของเชื้อ *B. subtilis* BS-DOA 24 ที่ความเข้มข้น $1.0x10^8$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร นาน 30 นาที ผึ่งให้แห้งก่อนนำไปปลูกและรดสารแขวนลอยของเชื้ออัตรา 50 มิลลลิตรต่อหัวพันธุ์ พบว่า *B. subtilis* BS-DOA 24 สามารถควบคุมโรคเหี่ยวของขิงได้ 60 และ 68 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพเรือนทดลองและแปลงทดลองตามลำดับ และเมื่อนำ *B. subtilis* BS-DOA 24 ไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์สูตรผงสำเร็จ โดยใช้ผง talcum เป็นสารพาในอัตรา 1:4 (V:W) สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง และ 15 เดือนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำไปคลุกกับหัวพันธุ์ขิงอัตรา 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แล้วนำไปปลูก จากนั้นละลายชีวภัณฑ์อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร รดในแปลงปลูกทุกเดือน จนครบ 8 เดือน พบว่าสามารถควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในแปลงเกษตรกรได้ 62 เปอร์เซ็นต์ และได้ผลผลิต 2,260 กิโลกรัมต่อไร่ (ณัฏฐิมา และคณะ, 2557)

3. การโรยหรือราดลงดิน เป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกต่อการใช้อีกรูปแบบหนึ่ง จากการศึกษาของ El-Hassan and Gowen (2006) ซึ่งได้ทดลองเพาะเมล็ดถั่วแขกในถาดเพาะที่มีดินที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว โดยใช้ดินปลูก 2 กิโลกรัมต่อถาดเพาะ หลังจากนั้น 2 สัปดาห์ ทำการปลูกเชื้อ *F. oxysporum* f.sp. *lentil* ที่มีความเข้มข้น $2.5x10^6$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 60 มิลลิลิตรต่อถาดเพาะ จากนั้นเติมเซลล์แขวนลอยแบคทีเรีย *B. subtilis* ความเข้มข้น $2\text{-}3x10^8$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 60 มิลลิลิตรต่อถาดเพาะราดรอบๆ ต้นกล้า เริ่มพบอาการเหี่ยวของถั่วหลังจากการปลูก 48 วัน และในวันที่ 73 พบว่าต้นถั่วที่ราดด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียสามารถลดอาการเหี่ยวได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ที่แสดงอาการเหี่ยว 100 เปอร์เซ็นต์ บูรณี และคณะ (2556) ทำการทดสอบประสิทธิภาพและวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ *B. subtilis* สายพันธุ์ดินรากยาสูบ no.4 แบบผง ควบคุมโรคเหี่ยวเขียวของมันฝรั่งที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Ralstonia solanacearum* พบว่า การใช้ผลิตภัณฑ์แบบผงอัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร รดทุก 7 วัน สามารถลดการเกิดโรคเหี่ยวได้ดีที่สุด และได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพผงสำเร็จอย่างง่ายของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* ดินรากยาสูบ no.4 DOA-WB4 UB no.2 และ UB no.25 โดยเลี้ยงแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* ทั้ง 4 ไอโซเลต บนอาหาร Tryptic Soy Agar (TSA) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เติมสารละลาย 0.1M magnesium sulfate ปริมาตร 12 มิลลิลิตรต่อจานเลี้ยงเชื้อ กวาดเซลล์แบคทีเรียบนผิวอาหารให้ผสมในสารละลายจากนั้นนำไปผสมกับ carboxymethyl cellulose 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในนำ ในปริมาตรที่เท่ากัน พักไว้ 2 นาที จึงผสมกับสารตัวพาผงแป้งทัลคัม (Talcum) ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วในอัตรา 1 : 4 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก ผสมให้เข้ากันดีก่อนนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดให้เป็นผงละเอียดแล้วเก็บไว้ในถุงพลาสติก เมื่อนำมาทดสอบในสภาพแปลงทดลอง อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตรทุก 15 วัน เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่รดผงสำเร็จแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* พบว่าพริกเป็นโรคเหี่ยว 9.2 10.0 9.2 11.7 และ 10.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 5 กรรมวิธีเอ็นโดสปอร์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องมาจากการระบาดของโรคไม่รุนแรงทำให้การเกิดโรคน้อย จึงทำให้กรรมวิธีที่ใช้และไม่ใช้ผงสำเร็จแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (บูรณี และคณะ, 2557)

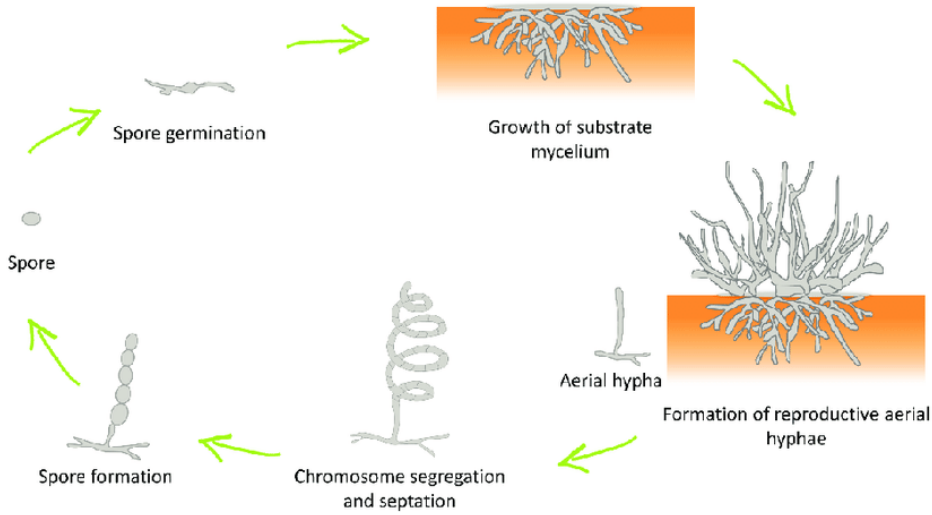
ศวพ.3

4. การพ่นทางใบหรือผล การพ่นสารแขวนลอยของเซลล์ *B. subtilis* HK-CSM-1 ความเข้มข้น $1X10^7$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร ลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพืชสมุนไพร *Panax ginseng* ที่เกิดจากเชื้อรา *C. panacicola* (Ryu *et al*., 2014) RH and Kulkarn (2017) พบว่า การพ่นเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* อัตรา 10 กรัมต่อลิตร บนใบมะเขือเทศ ที่มีอายุ 15 40 65 และ 90 วัน หลังเพาะเมล็ด สามารถลดการเกิดโรคราแป้ง และโรคใบจุดได้ดีที่สุด มีดัชนีการเกิดโรค 13.22 และ 11.25 ตามลำดับ และยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ มีการแตกกิ่ง 6.90 กิ่งต่อต้น และให้ผลผลิตมากที่สุด (16.86 ผลต่อต้น 898.76 กรัมต่อต้น) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่พบดัชนีการเกิดโรคราแป้ง 54.98 และ โรคใบจุด 32.22 ต้นมะเขือเทศมีการแตกกิ่ง 3.60 กิ่งต่อต้น มีจำนวนผล 11.99 ผลต่อต้น หรือ 615.00 กรัมต่อต้น Prihatiningsih *et al*. (2019) ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกโดยการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. subtilis* สายพันธุ์ B298 ที่ผลิตในรูปแบบของ microencapsulates อัตรา 2 กรัมต่อลิตร (ปริมาณเชื้อ $1x10^8$ โคโลนีต่อกรัม) ราดโคนต้นทุก 10 วัน และฉีดพ่นทุก 7 วัน หลังย้ายปลูก สามารถลดการเกิดโรคได้ 48 เปอร์เซ็นต์ และยังช่วยชักนำให้พริกต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส โดยพบว่ามีการสร้างสารฟีนอลสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม พันศักดิ์ และคณะ (2558) พบว่า การจัดการปุ๋ยและธาตุอาหารโดยใส่ปุ๋ยคอก 500 กิโลกรัมต่อไร่ หินฟอสเฟต 20 กิโลกรัมต่อไร่ โพแทสเซียมฮิวเมท 1 กิโลกรัมต่อไร่ และพ่นน้ำหมักมูลสุกร 5 ครั้ง (เมื่อข้าว อายุ 30 45 60 75 และ 90 วัน หลังปลูก) การจัดการโรคพืชและแมลงพาหะ พ่นจุลินทรีย์สายพันธุ์ท้องถิ่น *B. subtilis* TU-Orga1 ชนิดผง อัตรา 2 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ($1x10^8$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร) จำนวน 8 ครั้ง ได้แก่ ก่อนปั่นช่วงเตรียมดิน (ครั้งที่ 1) วันปลูกข้าว (ครั้งที่ 2) และพ่นทุก 15 วัน (ครั้งที่ 3-8 เมื่อข้าว อายุ 15 30 45 60 75 และ 90 วัน หลังปลูก) และจัดการวัชพืชโดยควบคุมระดับน้ำพร้อมทั้งใช้แรงงานคนเมื่อพบการระบาดของวัชพืชในนาข้าว มีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและลดการระบาดของโรคไหม้ (*Pyricularia oryzae*) โรคใบจุดสีน้ำตาล (*Bipolaris oryzae*) โรคเมล็ดด่าง (*Curvularia lunata Cercospora oryzae B. oryzae Fusarium semitectum* และ *Alternaria padwickii*) โรคใบขีดโปร่งแสง (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*) และโรคขอบใบแห้ง (*X. oryzae* pv. *oryzae*) บุษราคัม และคณะ (2560) พบว่า การฉีดพ่นชีวภัณฑ์ *B. subtilis* ไอโซเลท 20W1 อัตรา 20-30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร สามารถลดโรคใบจุดของคะน้าที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria brassicicola* ให้ผลดีเทียบเท่ากับการพ่นด้วยสาร mancozeb 80% WP (40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) และอัตรา 40-50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ให้ผลดีกว่าการพ่นด้วยสาร mancozeb 80% WP อย่างมีนัยสำคัญ และจากการทดสอบใช้ชีวภัณฑ์ *B. subtilis* ไอโซเลต 20W16 และ 20W33 อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นแปลงพริกเมื่อเริ่มพบอาการของโรคแอนแทรคโนส จากนั้นพ่นทุก 5 วัน จำนวน 3 ครั้ง สามารถลดการเกิดโรคได้มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ (บุษราคัม และคณะ, 2561)

2. เชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp.

Streptomyces เป็นกลุ่มเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิต จัดอยู่ใน phylum และ class ที่มีชื่อเดียวกัน คือ Actinobacteria อยู่ใน Order Actinomycetales และ Family Streptomycetaceae สร้างเส้นใยแตกแขนงคล้ายเชื้อรามี 2 ชนิด คือ 1) vegetative (substrate) mycelium เป็นเส้นใยที่เชื้อสร้างแล้วเจริญลงไปในอาหารมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-2.0 ไมโครเมตร ไม่มีผนังกั้น และ 2) reproductive (aerial) mycelium เป็นเส้นใยที่เกิดภายหลังและชูขึ้นไปในอากาศ เจริญและพัฒนาเป็น sporophores ที่มีหลาย nuclei และเกิดการสร้างผนังกั้น ทำให้แต่ละเซลล์พัฒนาไปเป็น conidia ที่ถูกหุ้มด้วย hydrophobic sheath เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ conidia จะ

เรียงต่อกันเป็นสายยาวและมีหลายลักษณะ อาจเป็นสายตรงจนถึงปลายโค้งเล็กน้อย ปลายขอเกี่ยวหรือโค้งเป็นวงกลมหรือเป็นเกลียวแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อ เมื่อสปอร์แก่จะมีผนังหนาทำให้สปอร์มีชีวิตรอดได้ในสภาพที่แห้งแล้ง สามารถปรับตัวและขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนได้ดีกว่าเอ็นโดสปอร์ของเชื้อ *Bacillus* ถึงแม้จะมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนได้น้อยกว่า (Flärdh and Buttner, 2009) (ภาพที่ 25) เชื้อ *Streptomyces* พบมากในดินและปุ๋ยหมัก อาจพบอาศัยอยู่ภายในต้นพืช (endophytic Streptomyces) หรือเป็นแซพโปรไฟต์ (saprophyte) อยู่บริเวณรอบรากพืช เจริญได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อยหรือเป็นกลาง อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-35 องศาเซลเซียส มีการสร้างสารsecondary metabolites ที่มีกลิ่นคล้ายดิน เรียกว่า geosmin (เพชรรัตน์, 2545) สารทุติยภูมิ ที่เชื้อ Streptomyces ผลิตออกมา มีคุณสมบัติเป็นสาร antibacterial antifungal antiviral nematicidal antitumor และ enzyme inhibitory activities (Esnard *et al*., 1995; Wu *et al*., 2007) โดยเฉพาะสารปฏิชีวนะซึ่งคาดกันว่าเกิดจากสารออกฤทธิ์ชีวภาพ 22,500 ชนิด ที่สร้างโดยเชื้อจุลินทรีย์ประมาณ 10,100 ชนิด สร้างโดยเชื้อใน order Actinomycetales โดยมีการคาดการณ์ว่า 7,630 ชนิด สร้างโดยเชื้อใน Genus Streptomyces ซึ่งสารส่วนใหญ่ประมาณ 6,550 ชนิด จะเป็นยาปฏิชีวนะ (Berdy, 1995) ซึ่งในความเป็นจริงอาจมีสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สร้างโดยจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ที่ยังไม่ถูกค้นพบอีกมาก มียาปฏิชีวนะมากกว่า 60 ชนิด ที่ผลิตโดยเชื้อในกลุ่ม *Streptomyces* ซึ่งสามารถนำมาผลิตและประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ ตัวอย่างยาปฏิชีวนะที่มีขายในท้องตลาดทั้งยาฆ่าเชื้อแบคทีเรียและราหลายชนิดที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและเป็นยาที่ผลิตจากเชื้อใน genus Streptomyces ได้แก่ streptomycin spectinomycin neomycin tetracycline chlorotetracycline erythromycin clindamycin nystatin amphoteracin B และ chloramphenical เป็นต้น (Madigan *et al*., 2009) เชื้อ *Streptomyces* spp.ที่เป็นพวกแซพโปรไฟต์ สามารถผลิตเอนไซม์ที่มีคุณสมบัติย่อยสลายอินทรียวัตถุต่างๆ เช่น เอนไซม์ cellulase hemicellulase chitinase amylase และ glucanase เป็นต้น (Thammabenjapone and Pajinburavan, 2002) เอนไซม์เหล่านี้สามารถย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ เช่น ไคติน แป้ง และ lignocelluloses ให้มีขนาดเล็กลง เป็นการเพิ่มฮิวมัสให้แก่ดินและพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้พืชมีความแข็งแรง ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นพืชและสร้างความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช



ภาพที่ 25 วงจรชีวิตของเชื้อ *Streptomyces* (Law *et al.*, 2019)

กลไกการควบคุมโรคพืช

1. การแก่งแย่งเพื่อครอบครองพื้นที่อาศัยความสามารถในการครอบครองพื้นที่บนรากหรือรอบรากพืช เป็นการเพิ่มประชากรของเชื้ออยู่บนรากพืช จึงลดการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุบริเวณรากพืชทำให้ลดการเกิดโรคทางดิน (soil- borne) ของพืชได้หลายชนิด เช่น เชื้อ *S. griseoviridis* จึงช่วยลดการเกิดโรคเหี่ยวฟิวซาเรี่ยม (Fusarium wilt) ของคาร์เนชั่น โรคโคนเน่าคอดินของพืชตระกูลกะหล่ำ และโรครากเน่าของแตงกวา จากงานทดลองของ Kortemaa *et al*. (1994) พบว่า เชื้อ *S. griseoviridis* อาศัยและเจริญอยู่บริเวณรากของต้นกล้าเทอร์นิพ (turnip rape) ได้ดีกว่า แครรอท แสดงว่า กลไกการเข้าครอบครองพื้นที่บริเวณรากแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื่องจากรากของพืชแต่ละชนิดจะปลดปล่อยสาร (root exudates) ที่มีชนิดและปริมาณแตกต่างกัน มีอิทธิพลต่อการเข้าครอบครองพื้นที่รากของเชื้อ จุลินทรีย์ซึ่งรากของแครรอทอาจปลดปล่อยสารที่ไม่มีคุณสมบัติต่อการเพิ่มจำนวนของเชื้อ *S. griseoviridis* และจากการทดสอบประสิทธิภาพการคลุกเมล็ดข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลีกับเชื้อ *S. griseoviridis* ควบคุมโรคโคนเน่า (foot rot) ในสภาพแปลงปลูก พบว่า ข้าวสาลีให้ผลผลิตมากกว่าข้าวบาร์เลย์ (Tahvonen *et al*., 1994)

2. การผลิตสารประเภทโปรตีน เชื้อ *Streptomyces* สามารถผลิตเอนไซม์ออกมานอกเซลล์ได้หลายชนิด เพื่อใช้ย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ที่อยู่ในดิน และความสามารถในการผลิตเอนไซม์ chitinase และ glucanase เป็นคุณสมบัติของเชื้อราหรือแบคทีเรียปฏิปักษ์ เนื่องจาก chitin และ β1, 3 glucan เป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์เชื้อรา มีการวิจัยพบว่า ดินที่มีอินทรียวัตถุประเภท chitin มักพบเชื้อ *Streptomyces* เจริญอยู่เป็นจำนวนมาก บ่งชี้ว่าเชื้อดังกล่าวสามารถผลิตเอนไซม์ chitinase (Crawford *et al.,* 1993) พบว่า เชื้อ *S. lydicus*c WYEC108 ที่แยกได้จากดินบริเวณรอบรากของต้นป่านลินิน (linseed plant) สามารถควบคุมโรครากเน่าและเมล็ดเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* เนื่องจากเชื้อ *S. lydicus*c WYEC108 สามารถผลิตสารปฏิชีวนะและ chitinase ยับยั้งการงอกของ oospore และย่อยผนังเซลล์ของเส้นใยเชื้อรา *Pythium ultimum* Chamberlain and Crawford (2000) ค้นพบเชื้อ *Streptomyces* สายพันธุ์ที่สามารถย่อยสลายสาร lignocelluloses และเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน มีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ ช่วยลดการสะสมของชั้นหญ้าที่ตาย (thatch accumulation) และควบคุมโรคของ turfgrass ที่เกิดจากเชื้อรา และ Haggag *et al*. (2011) พบว่า *Streptomyces aureofaciens* สามารถผลิตสารทุติยภูมิ ที่มีเอนไซม์ chitinase และ β-1,3-glucanase ออกมายับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporoides* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของมะม่วง นอกจากนี้ยังพบว่า เชื้อ *Streptomyces cacaoi* GY525 สามารถผลิตสารทุติยภูมิ ซึ่งมีองค์ประกอบของสารพิษ 3-benzyl-1,4-diaza-2,5-dioxobicyclononane เอ็นไซม์ chitinase และ β-1,3-glucanase ที่มีผลยับยั้งการฟักไข่และฆ่าตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ทำให้ลดการเกิดโรครากปมในมะเขือเทศ (Ruanpanun *et al*., 2011; Yoon *et al*., 2011)

3. การผลิตสารปฏิชีวนะ สารปฏิชีวนะที่ผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์เป็นสารประกอบอินทรีย์น้ำหนักโมเลกุลต่ำ ผลิตขึ้นมาเพื่อความอยู่รอดเป็นกลไกการป้องกันตนเองด้วยสารเคมีของเชื้อจุลิทรีย์(Maplestone *et al*., 1992) Rothrock and Gottlieb (1984) พบว่า เชื้อ *S. hygroscopicus* var. *geldanus* ปลดปล่อยสารปฏิชีวนะ geldanamycin ออกมายับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizoctonia solani* สาเหตุโรครากเน่าของถั่วซึ่งย้ายปลูกในดินปลอดเชื้อที่มีการบ่มด้วยเชื้อ *S. hygroscopicus* var. *geldanus* นาน 2 -7 วัน ก่อนปลูกเชื้อ *R. solani* และ เชื้อ *S. hygroscopicus* var. *geldanus* strain EF-76 ป้องกันการเกิดโรคสะแคปของมันฝรั่ง ซึ่งไม่พบใน *S. hygroscopicus* var. *geldanus* strain EF-

ตัวอย่าง

76 ที่กลายพันธุ์และสูญเสียความสามารถในการผลิตสารปฏิชีวนะ geldanamycin (Beause-jour *et al*. 2001) *S. violaceusniger* YCED9 สามารถผลิตสารปฏิชีวนะที่มีคุณสมบัติเป็น antimicrobial จำนวน 3 ชนิด คือ nigericin geldanamycin และ guanidylfungin A ควบคุมโรคเน่าคอดินของผักสลัดที่เกิดจากเชื้อรา *P. ultimum C. graminicola Sclerotinia homeocarpa Gaeumannomyces graminis* และ *Rhizoctonia solani* MSU เชื้อ *S. kasugaensis* สร้างสารปฏิชีวนะ kasugamycin ที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งสารปฏิชีวนะชนิดนี้ไปยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของเชื้อจุลินทรีย์แต่ไม่มีผลต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม บริษัท Hokko Chemical Industries จึงได้พัฒนาเป็นสารเคมีประเภทดูดซึม สำหรับควบคุมเชื้อรา *Pyricularia oryzae* สาเหตุโรคไหม้ (blast) ของข้าว และ เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* สาเหตุโรคใบจุด ใบไหม้ในพืชปลูกหลายชนิด *S. cacaoi* var. *asoensis* ผลิตสาร Polyoxin B และ D ยับยั้งการสังเคราะห์ไคติน ของเชื้อรา *Rhizoctonia solani* และ *S. rimofaciens* สร้างสารปฏิชีวนะ mildiomycin ยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของเชื้อราสาเหตุโรคราแป้ง (Doumbou *et al*., 2001) *Streptomyces avermitilis* สามารถผลิตสาร macrocyclic lactones ที่มีชื่อว่า avermectins สารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าพยาธิ และ สารฆ่าแมลง ที่เป็นปรสิตของคน และสัตว์เลี้ยง มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นที่อยู่อาศัยของปรสิตเหล่านี้น้อยมาก จึงเป็นที่ยอมรับนำมาใช้อย่างกว้างขวางในด้านสุขภาพสัตว์ การเกษตร และสุขภาพมนุษย์ ได้มีการศึกษาถึงโครงสร้างของสารอะเวอร์เมคตินกันอย่างละเอียดและมีสารสังเคราะห์ของ อะเวอร์เมคตินที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ อะบาเมคติน (abamectin) มีองค์ประกอบของ avermectin B1a มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และ avermectin B1b น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ นำมาใช้เป็นสารฆ่าแมลง ไร และไส้เดือนฝอย ในพืชผัก พืชไร่ และไม้ผล มีชื่อการค้าหลายชนิด เช่น AVID® VERMITEC® AGRI-MEK® AFFIRM®และ AVICTA® สารอะบาเมคติน มีผลต่อการทำงานของสารสื่อประสาท g-aminobutyric acid (GABA) ทำให้ไส้เดือนฝอยเป็นอัมพาตและตายในที่สุด ได้มีการทดลองนำตัวอ่อนของไส้เดือนฝอย *Meloidogyne incognita* และ *Rotylenchulus reniformis* แช่ในสารอะบาเมคติน ความเข้มข้น 0.39 และ 8.22 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าลดการเข้าทำลายรากมะเขือเทศได้ชัดเจน และยังมีการนำมาใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ฝ้ายพบว่าลดการเข้าทำลายของทั้ง *M. Incognita* และ *R. reniformis* ได้ (Faske and Starr, 2006; Jayakumar, 2009) ส่วนเชื้อ *Streptomyces albogriseolus* HA1002 ผลิตสาร fungichromin B มีฤทธิ์ฆ่าตัวอ่อนระยะที่สองของไส้เดือนฝอยรากปมทั้งชนิด *M. incognita* และ *M. javanica* เมื่อใช้ ที่ระดับความเข้มข้น 7.64 และ 7.83 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Zeng *et al*., 2013)

4. การเป็นปรสิต (Hyperparasitism) คือ การที่จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ด้วยการใช้จุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งเป็นแหล่งอาหาร จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตอยู่บนจุลินทรีย์ปรสิตอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า จุลินทรีย์ปรสิต (Hyperparasite) จากงานวิจัยต่างๆ ได้แสดงหลักฐานยืนยันการเป็น Hyperparasitism ของเชื้อ *S. griseoviridis* ที่สามารถงอกเส้นใย หรือ สปอร์ปกคลุมส่วนของผนังเส้นใยของเชื้อสาเหตุโรคพืชหลายชนิด และทำให้เส้นใย หรือ conidia ของเชื้อรา ย่อยสลายและผลการศึกษาของ Tapio and Pohto-Lahdenperä (1991) โดยใช้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron) พบว่า เชื้อ *S. griseoviridis* สามารถแทงเข้าไปในผนังเส้นใยของเชื้อรา *Pythium* และทำให้ผนังของเส้นใยย่อยสลาย นอกจากนี้ยังสามารถเจริญคลุมและทำลาย conidia ของเชื้อรา *Alternaria* สำหรับเส้นใยของเชื้อ *R. solani* และ *Fusarium* พบเชื้อ *S. griseoviridis* เจริญเพียงเล็กน้อย

5. การกระตุ้นหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช *Streptomyces olivaceoviridis* และ *S. rochei* สามารถสร้างฮอร์โมนในกลุ่ม auxin gibberellins และ cytokinins ซึ่งเป็นฮอร์โมนช่วยกระตุ้นการ

เจริญพืชเติบโตของพืช จากการทดสอบกับข้าวสาลี พบว่าต้นข้าวสาลีมีความสูงและน้ำหนักสดของต้นเพิ่มขึ้น (Aldesuquy *et al*., 1998) Tuomi *et al*. (1994) พบว่า *S. griseoviridis* ผลิตฮอร์โมน auxin indole-3-acetic acid (IAA) ส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตของพืชปลูกหลายชนิด เช่น แตงกวา และเยอร์บีร่า นอกจากนี้ยังพบว่า เชื้อ *S. pilosus* สามารถผลิตสาร ferrioxamine (endogenous siderophore) และ ferrichrome (exogenous siderophore) ซึ่งเป็นสารชนิด hydroxamate ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำเอาธาตุเหล็กเข้าสู่พืช (Muller *et al*., 1984)

ผลงานวิจัยการใช้ *Streptomyces* spp. ควบคุมโรคพืช

1. การคลุกเมล็ด แช่เมล็ด จุ่มรากต้นกล้าพืช ด้วยเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ก่อนนำไปปลูก เมื่อนำรากของต้นกล้ามะเขือเทศจุ่มลงในเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *S. avermitilis* ไอโซเลต Manp นาน 5 นาที ก่อนนำไปปลูก สามารถลดการเกิดปมที่เกิดจากไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* จำนวนประชากรของไส้เดือนฝอยในดิน จำนวนตัวเมียต่อราก 1 กรัม จำนวนกลุ่มไข่ต่อราก 1 กรัม และจำนวนไข่ต่อ 1 กลุ่มไข่ได้ (Jayakumar, 2009) เมื่อนำ *Streptomyces* ไอโซเลต PR22 และ PR87 มาคลุกเมล็ดก่อนปลูกแล้วพ่นตา มด้วยเซลล์แขวนลอยทุก 7 วัน ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนเก็บเกี่ยวผลผลิตชุดแรก พบว่า สามารถลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราเบโนมิล (รัติกาล, 2558)

2. การราดโคนต้นพืชด้วยเชื้อหรือน้ำเลี้ยงเชื้อ พบว่า การราดโคนต้นพริกหลังย้ายปลูกด้วยเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *S. cavourensis* SY224 ความเข้มข้น 1.3x 10^{10} โคโลนีต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 150 มิลลิลิตรต่อต้น ทุกสัปดาห์ จำนวน 4 ครั้ง สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสของพริกที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* (Lee *et al*, 2012) Yoon *et al*. (2011) พบว่า การราดโคนต้นมะเขือเทศด้วยเซลแขวนลอยของเชื้อ *Streptomyces cacaoi* GY525 สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของมะเขือเทศลดจำนวนกลุ่มไข่และจำนวนของไส้เดือนฝอย *M. incognita* ที่อยู่ในดินได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การราดเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *Streptomyces* PR87 ลงบริเวณโคนต้น ทุก 21 วัน หลังย้ายปลูกจนเก็บเกี่ยวผลผลิตชุดแรก สามารถลดการเกิดโรครากปมได้ 52 เปอร์เซ็นต์ (รัติกาล, 2558)

3. การพ่นเซลล์หรือน้ำเลี้ยงเชื้อบนต้นพืช เมื่อนำน้ำเลี้ยงเชื้อของ *S. hygroscorpicus* SRA14 มาพ่นบนใบกล้วยไม้ สามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรกโนสที่เกิดจากเชื้อ *C. gloeosporioides* (Prapagdee *et al*., 2008) เช่นเดียวกับน้ำเลี้ยงเชื้อของ *S. aureofaciens* เมื่อนำไปพ่นบนต้นมะม่วง สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุดังกล่าว และช่วยเพิ่มผลผลิตของมะม่วงได้ (Haggag *et al*, 2011) และ Palaniyandi *et al*. (2011) พบว่า การพ่นเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *Streptomyces* sp. MJM5763 ที่ระดับความเข้มข้น 10^{8} โคโลนีต่อมิลลิลิตร และสารสกัดหยาบของน้ำเลี้ยงเชื้อ *Streptomyces* sp. MJM5763 ความเข้มข้น 0.5 และ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อต้น สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสบนใบของมันเทศที่เกิดจากเชื้อ *C. gloeosporioides* ได้ดีเช่นเดียวกับการพ่นด้วยสารเคมีเบโนมิล และการพ่นสารแขวนลอยของเซลล์ *Streptomyces* strain A1022 โดยนำเชื้อที่เตรียมเป็นรูปแบบของ solid concentrate มาเจือจางในน้ำให้มีความเข้มข้น 1×10^{4} โคโลนีต่อมิลลิลิตร สามารถควบคุมโรคแอนแทรกโนสของพริกที่เกิดจากเชื้อ *C. gloeosporioides* ได้ดีเช่นเดียวกับการใช้สารกำจัดเชื้อรา azoxystrobin (Kim *et al*., 2014) Li *et al*. (2011) พบว่า การฉีดพ่นน้ำเลี้ยงเชื้อ *Streptomyces globisporus* สายพันธุ์ JK-1 ลงบนต้นกล้าของข้าว สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Magnaporthe oryzae* สาเหตุโรคไหม้ และลดการเกิดโรคไหม้ของข้าวได้

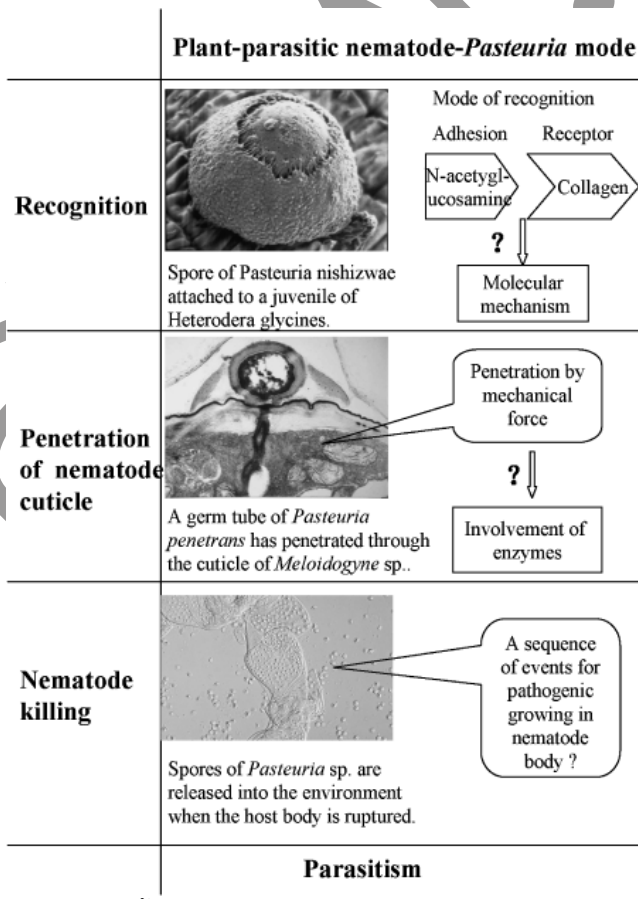
ร่าง

3. เชื้อแบคทีเรีย *Pasteuria penetrans*

เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก สามารถสร้างเส้นใยและเอ็นโดสปอร์ เดิมจัดเป็นแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* และเปลี่ยนเป็นสกุล *Pasteuria* (Sayre and Starr, 1985) เมื่อจำแนกตามลักษณะพื้นฐานที่สำคัญทางด้านสัณฐาน การก่อโรค ขนาดและรูปร่างของถุงหุ้มสปอร์และเอ็นโดสปอร์ โครงสร้างภายในวงจรชีวิตและความกว้างของพืชอาศัย (Atibalentia *et al*., 2000) เป็นแบคทีเรียที่เป็นปรสิตของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* spp.

กลไกการควบคุมไส้เดือนฝอยสาเหตุโรครากปม

สปอร์ของเชื้อ *Pasteuria penetrans* จะเกาะติดกับผิวลำตัวด้านนอก (cuticle) ของตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปมขณะเคลื่อนที่อยู่ในดินและงอกหลังจากที่ตัวอ่อนเข้าไปในรากพืชและเริ่มดูดกินอาหาร จากนั้นสร้าง germ-tube แทงผ่านชั้น cuticle และเจริญเติบโตสร้าง microcolonies แพร่กระจายไปตามร่างกายของไส้เดือนฝอยที่พัฒนาไปเป็นตัวเมีย และ microcolonies ก็จะสร้างเอนโดสปอร์จนเต็มร่างกายของไส้เดือนฝอยเพศเมีย ทำให้ระบบสืบพันธุ์ของทำงานไม่ได้ ไม่สามารถผลิตกลุ่มไข่และเอ็นโดสปอร์ที่แก่ก็จะถูกปลดปล่อยออกมาสู่ดิน (ภาพที่ 26) (Tian *et al*., 2007)



ภาพที่ 26 กลไกการเป็นปรสิตของเชื้อแบคทีเรีย *Pasteuria penetrans* กับ *Meloidogyne incognita* (Tian *et al*., 2007)

ผลงานวิจัยการใช้ *Pasteuria penetrans* ควบคุมโรครากปม

Gowen *et al*. (2008) พบว่า การผสมดินหรือราดดินด้วยเอนโดสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย *P. penetrans* ที่เพิ่มปริมาณโดยนำตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยรากปมที่มีเชื้อเกาะติดที่ลำตัวปลูกลงในพืชอาศัย แล้วเก็บระบบรากที่มีเอนโดสปอร์ของเชื้อบรรจุอยู่ภายในตัวของไส้เดือนฝอยรากปมเพศเมียมาทำให้แห้งและบดเป็นผงละเอียด สามารถเก็บรักษาเชื้อได้นานกว่า 11 ปี เมื่อนำมาผสมกับวัสดุปลูกที่บรรจุในกระถาง หรือในแปลงปลูกไม้ดอก หรือพืชผัก ที่ปลูกในโรงเรือน สามารถลดการเกิดโรครากปมได้ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Yu *et al*. (2003) รายงานว่า การใส่เอนโดสปอร์แขวนลอย (endospore suspension) ของเชื้อ *P. penetrans* ไอโซเลต KW1 จำนวน 200,000 เอนโดสปอร์ต่อวัสดุปลูก 1 กรัม เป็นเวลา 5 วัน ก่อนปลูกผักสลัด สามารถลดจำนวนปมต่อรากได้ 38.9 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการปลูกผักสลัดซ้ำในกระถางเดิม สามารถลดจำนวนปมได้ 77.2 เปอร์เซ็นต์ และกระถางที่มีเชื้อ 100,000 เอนโดสปอร์ต่อวัสดุปลูก 1 กรัม สามารถลดจำนวนปมได้ 54.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทดสอบกับเมลอน พบว่า กระถางที่มีเชื้อ 100,000 และ 200,000 เอนโดสปอร์ต่อวัสดุปลูก 1 กรัม สามารถลดจำนวนปมต่อราก และรากมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยกระถางที่มีเชื้อ 200,000 เอนโดสปอร์ต่อวัสดุปลูก 1 กรัม สามารถลดจำนวนปมต่อรากได้ดีที่สุด คือ 60.2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้เชื้อ *P. penetrans* ผสม 3 ไอโซเลต คือ PpBul Pp3 และ PpIC อัตรา 2 กรัม ที่มีเชื้อ 25,000 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม ร่วมกับ สารเคมีกำจัดไส้เดือนฝอย Vydate 10 G 0.5 กรัม ต่อกระถาง ก่อนปลูกมะเขือเทศพันธุ์ต้านทาน Mondeal สามารถลดการเกิดโรครากปมได้เช่นเดียวกับวิธีการที่ใช้สารเคมี และ เชื้อ *P. penetrans* เพียงอย่างเดียว และกระถางที่มีเชื้อ *P. penetrans* สามารถลดจำนวนไข่ได้ดีกว่าการใช้สารเคมี และเมื่อนำแตงกวาพันธุ์อ่อนแอ Sandra มาปลูกซ้ำในกระถางเดิม พบว่า กระถางที่มีเชื้อผสมกับสารเคมี สามารถลดการเกิดโรครากปม จำนวนไข่ต่อราก 1 กรัม และตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปมได้ และวิธีการที่มีเชื้อเพียงอย่างเดียวสามารถลดจำนวนตัวอ่อนของไส้เดือนฝอยได้เช่นกัน (Samaliev and Baichev, 2006)

4. เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens*

เป็นแบคทีเรียในกลุ่มที่ไม่ทำให้เกิดโรคพืช มีการดำรงชีพแบบ saprophytes พบทั่วไปในดิน น้ำ และบนพืช จัดเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นท่อน มีชื่อเรียก fluorescent เนื่องจากในสภาพที่มีธาตุเหล็กต่ำ สามารถปลดปล่อยรงควัตถุสีเขียวอมเหลือง และเรืองแสง (fluorescein) การเจริญต้องการสภาพที่มีอากาศหรือออกซิเจนเท่านั้น ยกเว้นบางสายพันธุ์ที่สามารถใช้ออกซิเจนจากธาตุไนเตรต มีหางบริเวณปลายขั้วด้านหนึ่งสำหรับเคลื่อนที่ สามารถเจริญได้รวดเร็วในแหล่งที่มีคาร์บอนสูง และเกลือแร่ ปรับตัวได้ดีเพื่อการอยู่รอดในดิน จึงมีการศึกษาวิจัยและนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการควบคุมโรคพืช และบำบัดมลพิษในสภาพแวดล้อม (Ganeshan and Kumar, 2005)

กลไกการควบคุมโรคพืช

เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืชได้เนื่องจากสามารถป้องกันไม่ให้เชื้อราสาเหตุโรคพืชเข้าทำลายเมล็ด และรากพืช โดยมีกลไกการทำงานดังนี้

1. การผลิตสารทุติยภูมิ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะ ไซเดอร์โรฟอร์ สารพิษไฮโดรเจนไซยาไนด์ สารป้องกันกำจัดเชื้อรา 2,4-diacetyl phloroglucinol Karunanithi *et al*. (2000) พบว่า *P. Fluorescens* สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ pyrollnitrin ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* สาเหตุของโรคลำต้นเน่าดำ หรือ Charcoal rot หรือ Ashy stem rot ของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด

2. การแก่งแย่งเพื่อครอบครองพื้นที่อาศัยบริเวณรากและรอบรากพืช เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* สามารเจริญอย่างรวดเร็วและครอบคลุมบริเวณรากพืช ช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคทางดิน (soil- borne) ของพืชหลายชนิด เช่น เชื้อ *Fusarium moniliformae*

3. การกระตุ้นหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ลดความรุนแรงของโรคที่เกิดกับต้นพืช

4. การชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรค (Induduce Systemic Resistant : ISR) เชื้อ *P. fluorescens* ช่วยกระตุ้นหรือชักนำให้พืชสร้างสาร phytoalexins ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และ PR-protein โดยปกติแล้วพืชจะผลิตโปรตีนกลุ่ม PR หลังจากมีการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุ หรือภาวะเครียดต่างๆ เป็นกระบวนการสร้างภูมิคุ้นกันของพืช

ผลงานวิจัยการใช้ *Pseudomonas fluorescens* ควบคุมโรคพืช

1. การคลุกเมล็ด หรือแช่ท่อนพันธุ์ ก่อนปลูกพืช ตามด้วยการฉีดพ่นหลังปลูก *Vidhyasekaran et al*. (1997) พบว่า การคลุกเมล็ดข้าวด้วยผงชีวภัณฑ์ *Pseudomonas fluorescens* อัตรา 10 กรัมต่อเมล็ด 1กิโลกรัม (ปริมาณเชื้อ 9x10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร) ก่อนปลูก และฉีดพ่นชีวภัณฑ์อัตรา 1 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เมื่อข้าวอายุ 60 วันหลังเพาะ โดยใช้เครื่องพ่นสารแบบไม่มีการผสมน้ำ สามารถลดการเกิดโรคใบไหม้ของข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* ได้ดีที่สุด ศตรรฆ และคณะ (2559) พบว่า การแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 9 ด้วยสารพอลิแซคคาไรด์ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังอย่างเห็นได้ชัดที่อายุ 1 เดือน ต่อเนื่องไปจนอายุ 3 เดือน โดยมีความสูง ความยาวราก และจำนวนรากมากที่สุด ในสภาพเรือนปลูกพืชทดลองและสภาพไร่ ซึ่งแตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีควบคุม และการพ่นด้วยพอลิแซคคาไรด์ความเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน อัตรา 150 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 2 และ 3 เดือน ช่วยลดการเกิดโรครากและหัวเน่าได้ 65-77 เปอร์เซ็นต์ Meena abd Marimuthu (2012) พบว่าการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อ *P. fluorescens* สายพันธุ์ Pf1 อัตรา 1 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม (ปริมาณเชื้อ 9x10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร) และพ่นเชื้ออัตรา 5 กรัมต่อลิตรบนต้นถั่วอายุ 30 45 60 75 และ 90 วันหลังงอก ช่วยลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลจากเชื้อรา *Cercosporidium personatum* และยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด และให้ผลผลิตมากที่สุด

2. การราดลงดินก่อนปลูก หรือราดโคนต้นพืชหลังปลูกด้วยเชื้อหรือน้ำเลี้ยงเชื้อ Koffi *et al*. (2014) พบว่า การราดเชื้อ *P. fluorescens* ความเข้มข้น 3 x10^8 – 9 x10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อกระถาง แล้วย้ายปลูกต้นกล้ามะละกออายุ 40 วัน สามารถลดการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของมะละกอที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ได้ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยพบการเกิดโรค 18 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กรรมวิธีควบคุมเกิดโรค 76 เปอร์เซ็นต์ ลาวัลย์ และคณะ (2558) พบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพของ *P. fluorescens* SP007s 2 ISR-P/K® ที่ผลิตขึ้นมาใหม่ 6 ชนิด เมื่อนำมาทดสอบรองก้นหลุมและโรยโคนต้นสามารถลดความรุนแรงโรคใบจุดนูนของถั่วเหลืองที่เกิดจากเชื้อ

ตัวอย่าง

Xanthomonas axonopodis pv. *glycines* 12-2 (Xag12-2) ได้ 31.7–61.1 เปอร์เซ็นต์ โดยสูตรที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และลดความรุนแรงของโรคได้ดีที่สุดคือสูตร SP007s-CC1 และยังช่วยชักนำให้ยีน PR-protein ของถั่วเหลืองทำงานได้สูงสุด ซึ่งสัมพันธ์กับความรุนแรงโรคที่เกิดต่ำสุด

สวพ.3

บทที่ 4

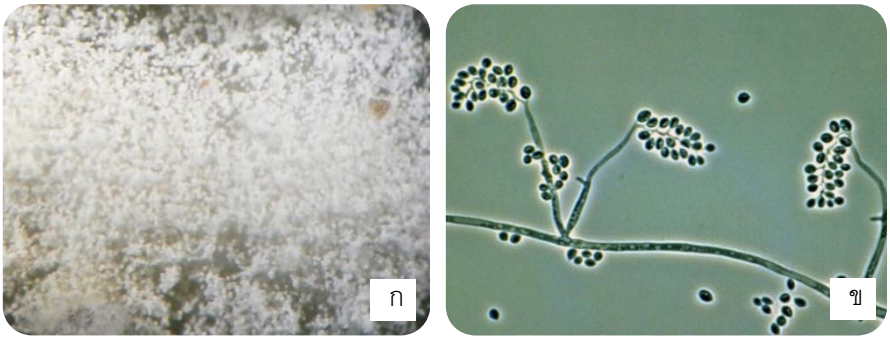
ชีวภัณฑ์ควบคุมแมลงศัตรูพืช

กุศล ถมมา วินิภา ชาลีคาร
จุฑามาส ศรีสำราญ และนิยม ไข่มุกข์

ประเทศไทยเป็นประเทศที่เหมาะต่อการทำเกษตรกรรม เกษตรกรสามารถเพาะปลูกพืชพรรณได้หลากหลายชนิด สร้างผลผลิตและรายได้จำนวนมาก แต่เมื่อการเพาะปลูกขยายตัวมากขึ้น ก็ทำให้แมลงศัตรูพืชต่างๆ เพิ่มจำนวนมากขึ้นเช่นกัน เพราะมีแหล่งอาหารเพิ่มขึ้น ประกอบกับความแปรปรวนของสภาพอากาศจากภาวะโลกร้อน ทำให้แมลงต่างๆ มีการระบาดและทวีความรุนแรงมากขึ้น จนเกษตรกรต้องหันมาพึ่งพาสารเคมีในการกำจัดแมลง ทำให้แมลงดื้อยาเพิ่มขึ้น เกษตรกรต้องใช้สารเคมีในปริมาณที่มากขึ้น จนส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ใช้ รวมถึงเกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในผลิตผลทางการเกษตร เป็นพิษต่อผู้บริโภค นอกจากนี้สารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ยังตกค้างในดิน และปนเปื้อนไปกับน้ำได้อีกด้วยทั้งยังทำให้ประเทศไทยสูญเสียเงินจากการนำเข้าสารเคมีจากต่างประเทศปีละหลายพันล้านบาท (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2561) ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชจึงมีบทบาทสำคัญสามารถนำมาใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดแมลง ในระบบการผลิตพืชตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ หรือนำมาสลับกับการใช้สารเคมี เป็นการบริหารแมลงศัตรูพืชแบบผสมผสาน เพื่อลดความถี่ในการใช้สารเคมีลง ในระบบการผลิตพืชปลอดภัยจากสารพิษตกค้างหรือระบบผลิตพืชตามมาตรฐานเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) นับเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยทั้งกับเกษตรกรผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม จุลินทรีย์กำจัดแมลงที่ใช้ในประเทศไทย ได้แก่ ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง (*Steinernema* spp.; *Steinernema carpocapsae*) เชื้อราบิวเวอเรีย (*Beauveria bassiana*) แบคทีเรียบีที (*Bacillus thuringiensis*) และ ไวรัสเอ็นพีวี (Nuclear Polyhedrosis Virus)

1. เชื้อราบิวเวอเรีย

เชื้อราบิวเวอเรีย *Beauveria bassiana* เป็นเชื้อราที่จัดอยู่ในไฟลัม (Phylum) Ascomycota ชั้น (Class) Sordariomycetes เป็นเชื้อราที่ก่อโรคในแมลง พบเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคครั้งแรกกับ หนอนไหม (Steinhaus, 1949) เชื้อรา *B. bassiana* เป็นเชื้อราพบแพร่กระจายได้ทั่วไปในดิน อาศัยกินซากที่เน่าเปื่อยผุพังในดิน มีแมลงอาศัยอยู่ในอันดับ (Order) Lepidoptera Coleoptera และ Hemiptera เป็นส่วนใหญ่ แต่บางครั้งอาจจะพบในกลุ่ม Diptera และ Hymenoptera ด้วย (Tanada and Kaya, 1993) ในปัจจุบันเชื้อรา *B. bassiana* ได้รับความสนใจจากเกษตรกรกลุ่มผู้ทำการเกษตรปลอดสารพิษเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถใช้ได้กับแมลงหลายประเภท ทั้งกลุ่มแมลงปากกัด ได้แก่ หนอนผีเสื้อศัตรูพืชชนิดต่างๆ และกลุ่มแมลงปากดูด ได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง ซึ่งศัตรูพืชเหล่านี้ทำความเสียหายให้กับพืชผลเกษตรเป็นจำนวนมาก เชื้อรา *B. bassiana* มีเส้นใยรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-2.0 ไมครอน สีใส มีผนังกั้น โคโลนีเรียบ เป็นฝุ่นคล้ายแป้งหรือชอล์ก โคนิเดียรูปทรงกลม (ภาพที่ 27ก) ก้านชูโคนิเดียตั้งขึ้นเป็นเส้นยาว เรียงเป็นสายเดี่ยวหรือเป็น กิ่งก้าน กลุ่มของโคนิเดียอยู่กันเป็นสาขา (Barron, 2013) (ภาพที่ 27ข)



ภาพที่ 27 (ก) เชื้อราบิวเวอเรียที่เจริญบนอาหาร PDA (กุศล ถมมา) (ข) ลักษณะเส้นใยและโคนิเนียของเชื้อราบิวเวอเรีย (https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/ handle/10214/6018)

กลไกการเป็นปฏิปักษ์

เมื่อโคนิเดียของเชื้อราบิวเวอเรียไปติดอยู่กับผนังลำตัวของแมลง และมีความชื้นที่เหมาะสมโคนิเดียจะสร้างเส้นใยแทงทะลุเข้าไปบริเวณผนังลำตัวของแมลงที่มีความอ่อนบาง เช่น รอยต่อระหว่างปล้องหรือข้อต่อระหว่างระยางค์ รูหายใจ หรือบาดแผล จากนั้นเส้นใยจะสร้างเอ็นไซม์ต่างๆ ได้แก่ lipase proteinase และ chitinase ออกมาย่อยเนื้อเยื่อของแมลง และงอกเข้าสู่ช่องว่างภายในลำตัวแมลง เมื่อสภาพความชื้นในตัวแมลงเหมาะสม เชื้อราจะสร้างเส้นใยจำนวนมาก ทำลายชั้นไขมันและแพร่กระจายอยู่ทั่วภายในช่องว่างของลำตัวแมลง ทำให้แมลงเบื่ออาหาร กินน้อยลง ไม่เคลื่อนไหว และตายในที่สุด (ภาพที่ 28ก) เมื่อแมลงตาย เส้นใยจะพัฒนาต่อไปโดยแทงผ่านผนังลำตัวแมลงออกสู่นอกตัวแมลงและสร้างโคนิเนียปกคลุมผนังลำตัวด้านนอกของแมลง (ภาพที่ 28ข) โคนิเดียจะแพร่กระจายไปตามลม ฝนหรือติดกับตัวแมลง เชื้อราจึงสามารถขยายพันธุ์ต่อได้ และเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมก็จะเข้าทำลายแมลงศัตรูต่อไป

ภาพที่ 28 (ก) เชื้อราบิวเวอเรียเจริญบนตัวเพลี้ยอ่อน (ข) เชื้อราสร้างสปอร์คลุมผนังลำตัวเพลี้ยอ่อน (กุศล ถมมา)

ชนิดของแมลงศัตรูพืชที่เชื้อราบิวเวอเรียควบคุมได้

ในประเทศไทยมีการนำเชื้อราบิวเวอเรียมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิด ทั้งกลุ่มแมลงปากกัด ได้แก่ หนอนผีเสื้อศัตรูพืชชนิดต่างๆ และกลุ่มแมลงปากดูด ได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยไฟ และ

เพลี้ยแป้ง เป็นต้น ซึ่งแมลงศัตรูพืชเหล่านี้ทำความเสียหายให้กับพืชผลทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรเนื่องจากมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของตัวเกษตรกรผู้ใช้ รวมทั้งผู้บริโภคแล้ว ยังไม่ทำให้เกิดพิษตกค้างของสารฆ่าแมลงในสภาพแวดล้อม จากการศึกษาของ เสาวนิตย์ และคณะ (2556ก) ที่ได้ขอความอนุเคราะห์ตัวอย่างเชื้อราบิวเวอเรียจากศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ไอโซเลต B4 ซึ่งแยกเชื้อได้จากมอดเจาะเมล็ดกาแฟ เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพกับแมลงศัตรูพืช ได้แก่ เพลี้ยแป้งสีชมพู เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนกระทู้ผัก และหนอนกระทู้หอม โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับเชื้อราบิวเวอเรียจากกรมส่งเสริมการเกษตร ไอโซเลต B2 และเชื้อรา บิวเวอเรียจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ไอโซเลต BCC22355 และ BCC31578 ผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่า เชื้อราบิวเวอเรียทั้ง 4 ไอโซเลต มีแนวโน้มในการใช้ควบคุมเพลี้ยแป้งสีชมพูได้ดีกว่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนกระทู้ผัก และหนอนกระทู้หอม โดยพบว่า เชื้อราบิวเวอเรียไอโซเลต B4 ทำให้เพลี้ยแป้งสีชมพูติดเชื้อได้ 96-100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลการทดสอบประสิทธิภาพกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบการติดเชื้ออยู่ระหว่าง 3.75-12.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพกับหนอนกระทู้ผักและหนอนกระทู้หอม สามารถทำให้ติดเชื้อเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นยังมีการนำ เชื้อรา *B. bassiana* มาใช้ควบคุมศัตรูพืชหลายชนิด เช่น ด้วงเจาะลำต้นกล้วย (แสงแข และคณะ, 2557) ด้วงแรด มะพร้าว ด้วงหนวดยาว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยแป้ง แมลงหวี่ขาว หนอนเจาะสมอฝ้าย ไรแดง เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไก่แจ้ เพลี้ยจักจั่น ตั๊กแตนผี และด้วงหมัดผัก เป็นต้น (วีระศักดิ์ และคณะ, 2557; เสาวนิตย์ และคณะ, 2558)

การผลิตขยายเชื้อราบิวเวอเรีย

โดยทั่วไปแล้วมีการผลิตเชื้อราบิวเวอเรียอยู่ 2 แบบ ได้แก่ การผลิตหัวเชื้อจากอาหารวุ้นซึ่งใช้อาหาร malt extract agar (MEA) sabouraud dextrose agar + yeast extract (SDAY) หรือ potato dextrose agar (PDA) โดยเก็บตัวอย่างแมลงที่ตายด้วยเชื้อราบิวเวอเรียมาเลี้ยงในอาหารวุ้นดังกล่าว และอีกแบบคือการผลิตขยายหัวเชื้อบนเมล็ดธัญพืช ซึ่งในประเทศไทยได้มีการศึกษาวิธีผลิตขยายเชื้อราบิวเวอเรียในอาหารหลากหลายชนิด เสาวนิตย์ และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาชนิดอาหารจากเมล็ดธัญพืชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเพิ่มปริมาณเชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลต DOA-B4 โดยใช้เมล็ดธัญพืช 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพดบดหยาบ ข้าวฟ่าง ข้าวเปลือก และปลายข้าว พบว่า เชื้อบิวเวอเรียสามารถเจริญเติบโตและสร้างโคนิเดียได้มากที่สุดบนข้าวโพดบดหยาบ โดยจะให้โคนิเดีย 18.35×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอก 9.46×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ข้าวฟ่าง ให้จำนวนโคนิเดีย 12.04×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอก 8.15×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร ส่วนข้าวเปลือกและปลายข้าว พบว่าให้จำนวนโคนิเดียและมีเปอร์เซ็นต์การงอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยข้าวเปลือกให้จำนวนโคนิเดีย 8.48×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอก 5.84 x108 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร ส่วนปลายข้าว พบว่าให้จำนวนโคนิเดีย 8.67×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอก 5.77×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร ปัจจุบันเกษตรกรสามารถผลิตขยายเชื้อราบิวเวอเรียในเมล็ดข้าวโพดบดหยาบ เมล็ดข้าวฟ่าง เมล็ดข้าวสาลี และข้าวสารหรือปลายข้าวได้ แต่นิยมผลิตขยายในเมล็ดข้าวโพดบดหยาบและข้าวสารหรือปลายข้าวมากที่สุด เพราะราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายกว่าวัตถุดิบอื่น โดยมีวิธีผลิต ดังนี้

1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยแช่ข้าวสารในน้ำนาน 30 นาที ส่วนเมล็ดข้าวโพดบดหยาบแช่น้ำนาน 1 ชั่วโมง แล้วตักใส่ตะแกรงผึ่งให้สะเด็ดน้ำ บรรจุใส่ถุงพลาสติกขนาด 8x12 นิ้ว บรรจุ 250 กรัม หรือถุงพลาสติกขนาด 9x14 นิ้ว บรรจุ 500 กรัม พับปากถุง แล้วรัดด้วยยางวง

สวพ.3

2. การนึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อ เตรียมหม้อนึ่งโดยใช้หม้อนึ่งแบบลังถึงหรือหม้อนึ่งลูกทุ่งขนาดบรรจุ 200 ลิตร เรียงถุงอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยให้มีช่องว่างระหว่างถุงเพื่อให้ไอน้ำกระจายให้ทั่วหม้อนึ่ง นำถุงอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ไปนึ่งนาน 1 ชั่วโมง โดยเริ่มจับเวลาหลังน้ำเดือด เมื่อครบกำหนดเวลานำไปวางบนชั้นหรือในห้องที่สะอาด พักไว้ให้เย็น

3. การเขี่ยเชื้อ ทำความสะอาดตู้เขี่ยโดยเปิดแสง UV ฆ่าเชื้อนาน 30 นาที จากนั้นทำความสะอาดโต๊ะหรือบริเวณพื้นที่ทำงานด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ทำความสะอาดถุงอาหารด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ก่อนใส่ในตู้เขี่ยเชื้อ จากนั้นตักหัวเชื้อใส่ในถุงอาหารที่เตรียมไว้ประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ รัดปากถุงด้วยยางวงแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน ใช้เข็มล้นไฟเจาะรูบริเวณปากถุงใต้ยางวงประมาณ 20-30 รู เพื่อระบายอากาศ

4. การบ่มเชื้อ นำถุงอาหารเลี้ยงเชื้อที่เขี่ยเชื้อแล้วไปบ่มในห้องบ่มเชื้อ หรือวางบ่มในพื้นที่สะอาด อุณหภูมิระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 3 วัน เส้นใยของเชื้อราเริ่มเดินเป็นสีขาว ขยำอาหารเลี้ยงเชื้อเบาๆ ให้เข้ากันอีกครั้ง แล้วบ่มไว้อีก 4-7 วัน จนเชื้อราสร้างสปอร์สีขาวขึ้นคลุมเต็มผิวอาหารเพาะเลี้ยงจึงสามารถนำไปใช้งานได้

ชีวภัณฑ์เชื้อราบิวเวอเรีย

ในประเทศไทยมีชีวภัณฑ์บิวเวอเรีย *B.bassiana* ของบริษัทแอพพลายเค็ม (ประเทศไทย) จำกัด ที่ขึ้นทะเบียนกับกรมวิชาการเกษตร และวางจำหน่ายในท้องตลาดอยู่ในรูปผงละลายน้ำ (WP) เข้มข้น $1x10^9$ โคนิเดียต่อกรัม ซึ่งสามารถละลายในน้ำได้ ให้ผลดีในการป้องกันกำจัดแมลงปากดูดหลายชนิด เช่น เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แมลงหวี่ขาว เพลี้ยอ่อน เพลี้ยแป้ง เพลี้ยไฟ แมลงหวี่ดำ มวน แมลงสิง แมลงหล่า หนอนกอ หนอนม้วนใบข้าว เพลี้ยไก่แจ้ทุเรียน และไรแดง (แอพพลายเค็ม (ประเทศไทย) จำกัด, 2564) (ภาพที่ 29ก) อีกหนึ่งตัวอย่างคือของบริษัทไทยกรีนอะโกรที่มี *B. bassiana* ความเข้มข้น $1x10^9$ โคนิเดียต่อกรัม เช่นกัน โดยระบุให้ใช้กำจัดแมลงหวี่ขาว เพลี้ยอ่อน เพลี้ยแป้ง เพลี้ยไฟ และไรแดง (ไทยกรีนอะโกร, 2564 (ภาพที่ 29ข)

ภาพที่ 29 ชีวภัณฑ์เชื้อรา *Beauveria bassiana* แบบผงเปียกน้ำ ของบริษัทแอพพลายเค็ม ประเทศไทย จำกัด (ข) ชีวภัณฑ์เชื้อรา *Beauveria bassiana* แบบผงเปียกน้ำ ของบริษัทไทยกรีนอะโกร (*http://www.appliedchemthai.com) และ* (https://www.thaigreenagro.com)

เชื้อราบิวเวอเรีย *B. bassiana* ได้มีการผลิตเชิงพาณิชย์ภายใต้ชื่อการค้าต่างๆ ในหลายประเทศ เช่น Bea-sin ในเม็กซิโก Boverin ในรัสเซีย Boverol-spofa ในเช็กโกสโลวาเกีย Conidia ในโคลัมเบีย Mycotrol ในอเมริกา Ostrinil ในฝรั่งเศส และ Proecol ในเวเนซุเอลา เป็นต้น (Wraight *et al*., 2001) การพัฒนาสูตรชีวภัณฑ์ของเชื้อราบิวเวอเรีย มีการใช้สารผสมหลายชนิด เช่น ผงทัลคัม กลีเซอรีน ยางไม้ น้ำมันข้าวโพด และ แร่เบนโทไนต์ เพื่อผลิตเป็นชีวภัณฑ์ในรูปแบบของผงแห้ง หรือของเหลว (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ชีวภัณฑ์บิวเวอเรีย *Beauveria bassiana* ที่ผลิตเป็นการค้าเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช

ชื่อสินค้า	***Beauveria* spp.**	**แมลงศัตรูพืช**
Conidia	*B. bassiana*	มอดเจาะผลการแฟ
Ostrinil	*B. bassiana*	หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด
CornGuard	*B. bassiana*	หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด
Mycotrol GH	*B. bassiana*	ตั๊กแตนหนวดยาว ตั๊กแตนหนวดสั้น
Mycotrol WP	*B. bassiana*	แมลงหวี่ขาว เพลี้ยอ่อน
BiotaniGard	*B. bassiana*	เพลี้ยไฟ
Naturalis-L	*B. bassiana*	แมลงศัตรูฝ้าย
Proecol	*B. bassiana*	หนอนกระทู้หอม
Boverosil	*B. bassiana*	ด้วงงวง
Betel	*B. bassiana*	แมลงนูนหลวง
Engerlingspilz	*B. brongniartii*	แมลงนูนหลวง
Schweizer Beauveria	*B. brongniartii*	แมลงนูนหลวง
Melocont	*B. brongniartii*	แมลงนูนหลวง

ที่มา: Butt (2002)

การใช้เชื้อราบิวเวอเรียควบคุมแมลงศัตรูพืช

จากการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *B. bassiana* ในการกำจัดด้วงเจาะลำต้นกล้วยเปรียบเทียบกับสารกำจัดแมลง fipronil และ chlorpyrifos ในสภาพห้องปฏิบัติการ ของแสงแข และคณะ (2557) พบว่า สารเคมีทั้ง 2 ชนิดทำให้หนอนด้วงเจาะลำต้นอ้อยระยะตัวอ่อนตายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 3 วัน ส่วนเชื้อรา *B. bassiana* ทำให้ระยะตัวอ่อนตายได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 7 วัน แต่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดแมลงเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ได้เมื่อเวลาผ่านไป 11 วัน ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงเจาะลำต้นกล้วย พบว่าสาร chlorpyrifos และ fipronil สามารถทำให้ด้วงตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 7 และ 10 วัน ตามลำดับ ส่วน *B. bassiana* สามารถทำให้ด้วงตายได้ 33 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 14 วัน ผลการศึกษาการใช้เชื้อรา *B. bassiana* ร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมักพบว่ามีผลกระทบต่อการงอกของสปอร์และการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีกำจัดโรคพืช mancozeb และ benomyl ส่วนสารเคมีกำจัดแมลง thiamethoxam ไม่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยและการสร้างสปอร์ของเชื้อรา (จันทิมา และคณะ, 2558) โดยมีรายงานการใช้เชื้อราบิวเวอเรียร่วมกับสารเคมีบางชนิดได้ เช่น สารกำจัดวัชพืช lenacil และสารกำจัดแมลง imidacloprid ได้ (Poprawski and Majchrowicz, 1995; Alizadeh *et al*., 2007) จากรายงานของเสาวนิตย์ และคณะ

สวพ.3

(2558) ที่ได้ทดสอบเชื้อราบิวเวอเรียที่แยกมาจากมอดเจาะเมล็ดกาแฟ โดยนำเชื้อราบิวเวอเรียมาเลี้ยงในข้าวโพดบดหยาบเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นเตรียมสารแขวนลอยโคนิเดียให้มีความเข้มข้น $1x10^9$ โคนิเดียต่อมิลลิลิตร นำมาทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* (Hübner) หนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius) ด้วงหมัดผัก *Phyllotreta sinuata* (Stephens) เพลี้ยแป้งสีชมพู *Phenacoccus manihoti Matile*-Ferrero และตั๊กแตนผี *Aularches miliaris* (Linnaeus) ในห้องปฏิบัติการ จากผลการทดลอง พบว่าด้วงหมัดผัก เพลี้ยแป้งสีชมพู และตั๊กแตนผี มีการติดเชื้อ 58 64 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าการติดเชื้อของหนอนกระทู้หอม และหนอนกระทู้ผัก ที่พบการติดเชื้อ 19 และ 34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การใช้เชื้อราบิวเวอเรียควรใช้ช่วงเวลาเย็น เนื่องจากเชื้อราต้องอาศัยความชื้นในการเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชหรือการเจริญเพิ่มปริมาณ ดังนั้นควรมีการให้น้ำเพิ่มความชื้นในแปลงที่มีการใช้เชื้อรา โดยเฉพาะในสภาพที่มีความร้อนและอากาศแห้ง เนื่องจากภาวะดังกล่าวมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการควบคุมศัตรูพืช และความอยู่รอดของเชื้อราบิวเวอเรีย การเก็บรักษาเชื้อควรเก็บไว้ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้ประมาณ 1-2 เดือน หรือเก็บที่อุณหภูมิห้อง ในที่ร่มได้นาน 10-15 วัน หากเก็บไว้นานประสิทธิภาพของเชื้อจะลดลง

2. เชื้อราเมตาไรเซียม

เชื้อราเมตาไรเซียม (*Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin) มีชื่อสามัญคือ Green muscardine เป็นจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-90 เปอร์เซ็นต์ เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสามารถทำลายแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น ด้วงแรดมะพร้าว แมลงค่อมทอง หนอนเจาะลำต้นอ้อย ตั๊กแตน เพลี้ยกระโดด ปลวก และแมลงวันผลไม้ เป็นต้น เชื้อรามีอายุอยู่ในดินได้นาน 1 ปี แต่สามารถอยู่ในตัวแมลงได้นานถึง 3 ปี มีรายงานว่าเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในนาข้าวได้ (จริยา และคณะ, 2549; เพชรหทัย และคณะ, 2546)

กลไกการเป็นปฏิปักษ์ต่อแมลงของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม

เมื่อได้รับความชื้นและมีอุณหภูมิที่เหมาะสม เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมจะเข้าทำลายแมลงได้โดยผ่านเข้าทางผนังลำตัว โดยโคนิเดียของราเขียวที่ติดอยู่กับผนังลำตัวแมลงเมื่อได้รับความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมจะกระตุ้นให้เกิดการงอกและแทงทะลุผ่านชั้นผนังลำตัวเข้าสู่ภายในลำตัวแมลง เชื้อราจะทำลายชั้นไขมันเป็นส่วนแรกและแพร่เข้าสู่ช่องว่างภายในลำตัวแมลง เส้นใยของเชื้อราจะเจริญเติบโตโดยการดูดซับอาหารภายในลำตัวแมลง ในขณะเดียวกันเส้นใยบางส่วนอาจเข้าทำลายเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะภายในของแมลงให้ได้รับความเสียหาย จากนั้นจะเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณจนเต็มตัวแมลง แมลงที่ตายด้วยเชื้อราเขียวมักมีลักษณะแห้งและแข็ง เรียกว่า “มัมมี่” เนื่องจากมีเส้นใยของเชื้อราเจริญอัดแน่นอยู่ภายในลำตัว หลังจากแมลงตายเส้นใยของเชื้อราเขียวจะแทงทะลุผ่านผนังลำตัวออกมา ในช่วงแรกจะพบเส้นใยสีขาวขึ้นปกคลุมลำตัวแมลง เชื้อราจะสร้างโคนิเดียสีเขียวขึ้นปกคลุมซากแมลงในเวลาต่อมา (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2563)

การใช้เชื้อราเมตาไรเซียมควบคุมแมลงศัตรูพืช

เสาวนิตย์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาอัตราการใช้เชื้อรา *M. anisopliae* (Metsch) Sorokin ในการควบคุมหนอนด้วงแรดมะพร้าวในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร โดยผสมปุ๋ยคอกและขุยมะพร้าว อัตรา 0.5:1

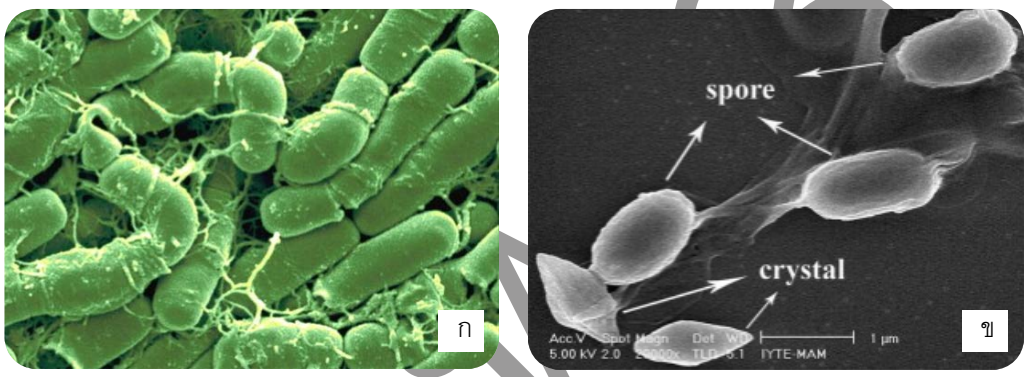
ส่วน นำมาคลุกเคล้าแล้วเติมลงไปในบ่อซีเมนต์ขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร รดน้ำให้ชุ่มทิ้งไว้ประมาณ 1–2 อาทิตย์ จากนั้นจึงนำเชื้อราที่เตรียมไว้อัตรา 200-1,000 กรัม ผสมลงไป จากนั้น ใส่หนอนด้วงแรดมะพร้าวในอัตรา 30 ตัวต่อบ่อ พบว่า ที่อัตราการใช้เชื้อราเมตาไรเซียม 200 กรัม ที่เวลา 28 วัน พบการติดเชื้อของหนอนด้วงแรดมะพร้าวอยู่ระหว่าง 64-83 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นในปี 2554-2556 ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราเมตาไรเซียม *M. anisopliae* จำนวน 10 ไอโซเลต ในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก *P. sinuata* ในระดับห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบ พบว่าเชื้อราเมตาไรเซียม ไอโซเลต M3 M5 M7 M8 M2 M9 M1 M0 และ M6 มีประสิทธิภาพทำให้ด้วงหมัดผักติดเชื้อได้ตั้งแต่ 85-100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไอโซเลต M4 ทำให้ด้วงหมัดผักติดเชื้อน้อยที่สุดที่ 74 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาได้คัดเลือกเชื้อรา เมตาไรเซียม ไอโซเลต M3 เพื่อใช้หาอัตราการใช้ที่เหมาะสมในการควบคุมด้วงหมัดผักในสภาพไร่ โดยทำการทดลองใน 2 พื้นที่ คือ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี และแปลงเกษตรกรที่ อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าการใช้ราไอโซเลต M3 ยังไม่สามารถควบคุมประชากรด้วงหมัดผักได้ทั้ง 2 พื้นที่ ซึ่งอาจเกิดจากระยะเวลาและเทคนิคการใช้ที่ไม่เหมาะสม จากนั้น เสาวนิตย์ และคณะ (2556ข) ได้ศึกษาอัตราการใช้ราเมตาไรเซียมในการควบคุมหนอนด้วงแรดมะพร้าวที่เหมาะสมต่อหน่วยพื้นที่ พบว่าการใช้ราเมตาไรเซียมในอัตราตั้งแต่ 200-1,000 กรัมต่อพื้นที่ความจุ 0.25 ลูกบาศก์เมตร มีการตายของหนอนด้วงแรดมะพร้าวไม่ต่างกัน การแพร่กระจายของเชื้อราโรคแมลงขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของเชื้อต้องมีมากพอ และต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิและความชื้นที่พอเหมาะจะกระตุ้นในเชื้อราสร้างโคนิเดียและงอกได้ แมลงที่มีการสัมผัสกับเชื้อส่วนใหญ่มักได้รับเชื้อผ่านเข้าทางผนังลำตัว ดังนั้นการนำเชื้อราดังกล่าวไปใช้จึงจำเป็นต้องทำให้เชื้อรากระจายตัวให้มากที่สุดเพื่อให้ถูกแมลงศัตรูพืชเป้าหมายให้ได้มากที่สุด ต่อมาเสาวนิตย์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาและพัฒนาการผลิตเชื้อราเมตาไรเซียมให้อยู่ในรูปแบบชีวภัณฑ์อัดเม็ดที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงแรดมะพร้าว ที่สะดวกต่อการใช้งาน ลดการปลิวของโคนิเดีย ปลอดภัยต่อผู้ใช้ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ ผลการศึกษาพบว่าชีวภัณฑ์สูตรที่มีส่วนผสมของ Pumice เชื้อราเมตาไรเซียมรูปแบบเชื้อสด น้ำมันพืช และน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ มีความเหมาะสมสำหรับผลิตในรูปแบบอัดเม็ด เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการผลิตสั้น และมีต้นทุนที่ต่ำ โดยมีอัตราแนะนำคือใช้เชื้อสดอัดเม็ด 200 กรัม ต่อพื้นที่กองกับดักความจุ 0.24 ลูกบาศก์เมตร และการทดสอบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ในสภาพไร่ในพื้นที่ จังหวัดนครปฐม และจังหวัดสมุทรสงคราม พบหนอนด้วงแรดติดเชื้อราเมตาไรเซียม 87 และ 78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis*

เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* (Bt) หรือเชื้อแบคทีเรียบีที เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (gram positive) มีรูปร่างเป็นท่อน (rod-shape) ความกว้างประมาณ 0.5–0.8 ไมโครเมตร ยาว 1.0–3.0 ไมโครเมตร พบได้ทั่วไปในธรรมชาติทั้งในอากาศ ดิน น้ำ ต้นไม้ และใบไม้ เมื่อแบคทีเรียมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนในระยะ vegetative จะได้เซลล์ที่ต่อกันเป็นสายโซ่ (ภาพที่ 30ก) แต่เมื่อขาดแคลนอาหารหรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม แบคทีเรียบีที จะเข้าสู่ระยะ sporulation เป็นระยะการสร้างสปอร์และสร้างผลึกโปรตีน (crystal protein) (ภาพที่ 30ข) (Palma *et al*., 2014) สปอร์จะมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี แม้ในสภาพอุณหภูมิสูงหรือแห้งแล้ง เมื่อเซลล์แบคทีเรียสลายไปสปอร์และผลึกโปรตีนจะเป็นอิสระ เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมสปอร์จะงอกและเข้าสู่ระยะ vegetative อีกครั้ง (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2563) ส่วนผลึกโปรตีนโดยจะเปลี่ยนไปเป็นพิษในระบบกระเพาะซึ่งเป็นด่าง โดยกระเพาะแบบนี้ไม่พบในกลุ่มสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง ดังนั้น จึงไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์เลือดอุ่น ปลา นก ผึ้ง แมลงห้ำ และแมลงเบียน (กรมวิชาการเกษตร, 2559) สารพิษที่เป็นผลึกโปรตีน

สวพ.3

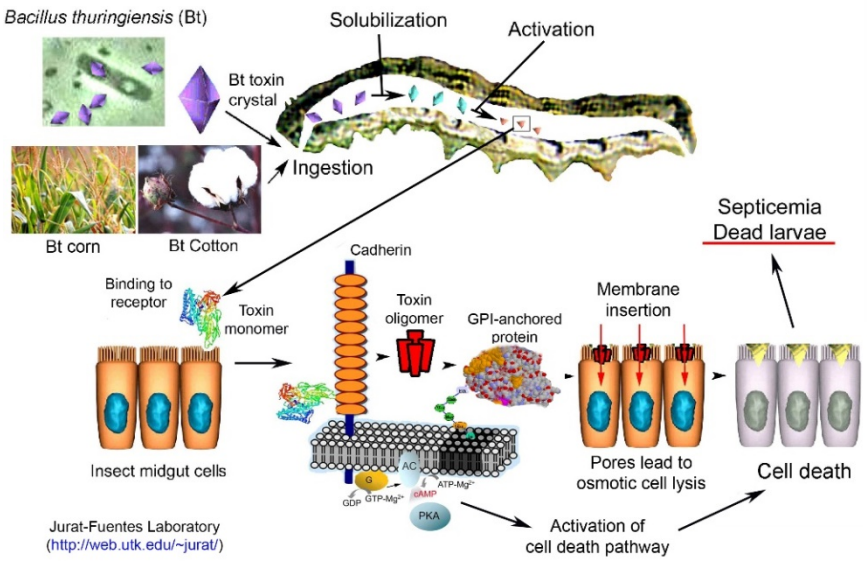
ดังกล่าวนี้มีส่วนประกอบของ endotoxin อย่างน้อย 1 ชนิด ที่มีคุณสมบัติเป็นพิษต่อแมลงหลายชนิดที่อยู่ใน Orders Lepidotera ได้แก่ ผีเสื้อกลางวัน และกลางคืน Diptera ได้แก่ แมลงวัน และยุง Coleoptera ได้แก่ ด้วง และแมลงปีกแข็ง Hymenoptera ได้แก่ ตัวต่อ และผึ้ง Cry proteins บางชนิดมีพิษต่อสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ไส้เดือนฝอย ไร และโปรโตซัว เป็นต้น (Tian *et al*., 2007) ในปัจจุบัน พบว่า เชื้อแบคทีเรียบีทีสามารถสร้างสารพิษได้ 57 ชนิด แต่ละชนิดมีผลต่อแมลงแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น Cry1Aa และ Cry2A มีผลต่อผีเสื้อและผีเสื้อกลางคืน ส่วน Cry5 มีผลต่อแมลงประเภทยุง แบคทีเรียบีทีจะทำลายแมลงได้ก็ต่อเมื่อถูกแมลงกินเข้าไปแล้วเท่านั้น นอกจากนี้แบคทีเรียบีทียังมีผลเฉพาะเจาะจงกับแมลงบางกลุ่มเท่านั้น ส่วนแมลงชนิดอื่นๆ จะไม่ถูกทำลาย จึงเป็นผลดีต่อระบบนิเวศน์ แบคทีเรียบีทีเริ่มมีการนำมาใช้เพื่อกำจัดแมลงในปี 1956 ในชื่อของ Thuricide (วิกิพีเดีย, 2559ข) เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียบีทีสามารถผลิตโปรตีนที่เป็นพิษได้หลากหลายชนิด ทำให้ได้รับความนิยมในการนำมาใช้กำจัดแมลงมาโดยตลอด (Schnepf *et al*., 1998; Roh *et al*., 2007)



ภาพที่ 30 (ก) เซลล์แบคทีเรียบีที (ข) สปอร์และผลึกโปรตีนของแบคทีเรียบีที (https://fineartamerica.com/featured/8-bacillus-thuringiensis-bacteria scimat.html) และ (https://www.mdpi.com/2072-6651/6/12/3296)

กลไกการเป็นปฏิปักษ์

โดยทั่วไปแบคทีเรียบีทีจะทำลายเฉพาะตัวอ่อนของแมลงเท่านั้น เช่น ตัวหนอน หรือ ลูกน้ำยุงจะไม่ทำลายแมลงในระยะที่เป็นไข่ หรือตัวเต็มวัย กลไกการเป็นปฏิปักษ์ของแบคทีเรียบีที (ภาพที่ 31) เริ่มจากเมื่อแมลงกินเข้าไปถึงกระเพาะส่วนกลาง (mid gut) โปรตีนจะละลายออกมา ทำให้สารพิษ (δ-endotoxin) ที่อยู่ในรูปที่ยังไม่เป็นพิษ (protoxin) ซึ่งมีรูปร่างเป็นผลึกคล้ายขนมเปียกปูนถูกปลดปล่อยออกมา แล้วเมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์ protease ในกระเพาะแมลง โปรตีนนี้จึงจะกลายเป็นสารพิษ (active toxin) ซึ่งสารพิษดังกล่าวสามารถทำลายเซลล์เยื่อบุผนังกระเพาะอาหารของแมลงได้ ทำให้ระบบการย่อยอาหารและระบบทางเดินอาหารของแมลงถูกทำลาย แมลงไม่สามารถกินอาหารได้ การเคลื่อนไหวจะช้าลง และตายในที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปแบคทีเรียบีทีสามารถให้แมลงตายได้ภายในเวลา 2-3 วัน (ภาพที่ 32) ขึ้นอยู่กับขนาดของแมลงและปริมาณแบคทีเรียที่แมลงกินเข้าไป (Sarjeet *et al*., 1992; Aronson and Shai, 2001; Bravo *et al*., 2007; Tian *et al*., 2007)



ภาพที่ 31 กลไกของแบคทีเรียบีทีในการเข้าทำลายหนอน (http//web.utk.edu/_jurat/)

ชนิดของแมลงศัตรูพืชที่แบคทีเรียบีทีควบคุมได้

เนื่องจากความเป็นพิษที่เฉพาะเจาะจงของแบคทีเรียบีที ทำให้ปัจจุบันถูกนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะกับแมลงในอันดับ Lepidoptera Diptera Coleoptera และ Hymenoptera (Chungjatupornchai *et al.*, 1988; Bischof *et al.*, 2006; Xue *et al.*, 2008) กรมวิชาการเกษตร (2559) ได้รายงานการนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิดในประเทศไทย ได้แก่ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella* Linnaeus) หนอนคืบกะหล่ำ (*Trichoplusia ni* Hübner) หนอนผีเสื้อสีขาว (*Pieris canidia* Sparrman) หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius) หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hübner) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera* Hübner) หนอนร่าน กินใบปาล์ม (*Dama furva* Wileman *Parasa lepida* Cramer *Thosia sythoffi* Snellen) หนอนหัวดำมะพร้าว (*Opisima arenosela*) หนอนห่อใบข้าว (*Cnaphalocrosis medinalis* Guenée) หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด (*Ostrinia furnacalis* Guenée) หนอนแก้วส้ม (*Papilio demoleus malayanus* Wallace) หนอนปลอกใหญ่ (*Mahasena corbetti* Tams) หนอนกินสนสามใบ (*Metanastria latipennis*) และหนอนแปะใบ (*Archips sp.*)

การผลิตขยายแบคทีเรียบีที

การใช้ชีวภัณฑ์บีทีในปัจจุบันนิยมใช้ที่มีจำหน่ายเป็นการค้า เนื่องจากบริษัทเอกชนมีกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐานและผ่านการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร แต่เนื่องจากราคาจำหน่ายแบคทีเรียบีทีค่อนข้างสูง ปัจจุบันเกษตรกรจึงผลิตขยายใช้เอง โดยสูตรที่เกษตรกรนิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่ การใช้นมข้นหวาน กากน้ำตาล ผสมน้ำ ใช้น้ำมะพร้าว หรือ นมพาสเจอร์ไลท์ เป็นแหล่งอาหารในการเลี้ยงแบคทีเรียบีที อย่างไรก็ตาม การขยายเชื้อที่เกษตรกรทำเอง ยังไม่มีการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียบีทีที่ขยายได้แต่ละครั้ง จึงไม่ทราบถึงประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืชของแบคทีเรียที่ผลิตได้แต่ละครั้ง

ดังนั้น กรมวิชาการเกษตรจึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียบีทีที่ผลิต ตามสูตรอาหารบางชนิด โดย สมชัย และคณะ (2555ก) พบว่า การเพาะขยายเชื้อแบคทีเรียในอาหารแข็งที่ทำจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวฟ่าง ชานอ้อยผสมรำ และข้าวสุก ให้จำนวนเซลล์แบคทีเรียเฉลี่ย $8.8x10^7$- $2.9x10^8$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร สูงกว่าการเพาะขยายในอาหารเหลวที่ทำจากน้ำมะพร้าวผสมไข่ไก่ หรือ น้ำมะพร้าว ผสมนมข้นหวาน และหางนม ที่ให้จำนวนเซลล์ $4.5x10^6$ - $3.2x10^7$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร ขณะที่ชีวภัณฑ์แบคทีเรียมาตรฐานมีเซลล์ $1.8x10^{10}$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร แม้ว่าสูตรอาหารต่างๆ สามารถใช้เลี้ยงเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียบีทีได้ แต่เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผักวัย 2 กลับพบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่ามาตรฐานอย่างชัดเจน โดยทำให้หนอนตายเฉลี่ยเพียงร้อยละ 2-37 ขณะที่แบคทีเรียบีทีมาตรฐานทำให้หนอนตายได้ทั้งหมด ในเวลา 7 วัน เท่ากัน

ชีวภัณฑ์แบคทีเรียบีที

เนื่องจากแบคทีเรียบีทีเป็นแบคทีเรียที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ผสมสารพาได้หลายชนิด ดังนั้นจึงมีรูปแบบชีวภัณฑ์ที่หลากหลาย ที่นิยมผลิตและใช้มีอยู่หลายรูปแบบ เช่น ชีวภัณฑ์รูปแบบผง ได้แก่ แบบผงผสมน้ำ (WP) แบบผงละลายน้ำ (SC) แบบผงแห้งไม่ละลายน้ำ (DF) แต่ผสมน้ำจะได้ของเหลวข้น เป็นการนำสปอร์ของแบคทีเรียมาผสมกับสารพาชนิดผง สามารถละลายน้ำแล้วนำไปพ่นได้ นอกจากนี้ยังมีรูปแบบเม็ด คือ แบบเม็ดละลายน้ำ (WG) และชีวภัณฑ์รูปแบบน้ำ และแบบน้ำเข้มข้น เช่น ชีวภัณฑ์แบคทีเรียบีทีของกรมวิชาการเกษตร (ภาพที่ 32ก) และชีวภัณฑ์แบคทีเรียบีทีรูปแบบน้ำที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (ภาพที่ 32ข)

ภาพที่ 32 (ก) ชีวภัณฑ์แบคทีเรียบีทีรูปแบบน้ำของกรมวิชาการเกษตร (ข) ชีวภัณฑ์แบคทีเรียบีทีรูปแบบน้ำที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
(https://kasettumkin.com/ plant/article_54939) และ
(https://shop.thepwatana.com/product/แบคโทสปิน/)

การใช้แบคทีเรียบีทีควบคุมแมลงศัตรูพืช

จริยา และคณะ (2549) ทำการรวบรวมสายพันธุ์แบคทีเรียบีทีในประเทศไทย และจำแนกสายพันธุ์โดยเทคนิคทางซีรั่มวิทยา (H-serotype) ได้จำนวน 17 สายพันธุ์ จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียบีทีกับแมลงศัตรูผักชนิดที่สำคัญ เช่น หนอนใยผัก หนอนกระทู้หอม และหนอนเจาะสมอฝ้าย

โดยนำสายพันธุ์แบคทีเรียบีทีที่ได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์หายีน *cry*I สามารถจัดจำแนกอยู่ใน 5 จีนัส คือ kurstaki gallenriae kenyae neoleonensis และ thailandensis จากนั้นจึงทดสอบหาค่าความเข้มข้นของบีทีที่ฆ่าหนอนให้ตายได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) และคัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ ที่ให้ค่า LC_{50} ต่ำเพื่อนำมาวิจัยต่อ คือ สายพันธุ์ galleriae และ kurstaki ให้ค่า LC_{50} เท่ากับ 1.140×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และ 4.5×10^3 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ส่วนการทดสอบกับหนอนกระทู้หอมคัดเลือกได้สายพันธุ์ kurstaki ให้ค่า LC50 1.8×10^4 และ 7.0×10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร หนอนเจาะสมอฝ้ายคัดเลือกสายพันธุ์ kurstaki และ kenyae ให้ค่า LC50 7.2×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และ 5.6×10^5 สปอร์ต่อมิลลิลิตร นำแบคทีเรียบีทีสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในสภาพเรือนปลูกพืชและแปลงปลูกของเกษตรกร พบว่า มีเพียง 2 สายพันธุ์ที่มีควบคุมหนอนใยผักได้ดี ส่วนการควบคุมหนอนกระทู้หอมและหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร อิศเรส และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณของอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบีทีอย่างง่ายโดยใช้นมถั่วเหลืองและนมผงสำเร็จรูป พบว่า กรรมวิธีที่ใช้นมถั่วเหลืองอัตรา 60 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1 ลิตร ได้ปริมาณเชื้อเฉลี่ย 1.3×10^9 cfu ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพทำให้หนอนกระทู้หอมวัย 2 ตายได้ 53.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้นมผงสำเร็จรูปอัตรา 4 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่า ได้ปริมาณเชื้อเฉลี่ย 1.67×10^8 cfu ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพทำให้หนอนตายได้ 86.7 เปอร์เซ็นต์ ต่อมามีการศึกษาของนันทนัช และคณะ (2555) ที่ทดสอบใช้เชื้อแบคทีเรียบีทีสายพันธุ์ไทย JC590 เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผักในจิบโซฟิลลา และพิทูเนีย ในสภาพเรือนปลูกพืชและสภาพแปลงปลูก โดยเพาะเลี้ยงเชื้อและนำมาปรับความเข้มข้นให้ได้ 10^8 cfu ต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำไปควบคุมหนอนกระทู้ผัก โดยเปรียบเทียบกับเชื้อแบคทีเรียบีทีสายพันธุ์การค้า และสารเคมี cypermethin ในสภาพเรือนปลูกพืช พบว่าทั้ง 3 กรรมวิธีมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน และมีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผักในแปลงปลูกไม้ดอกไม้ประดับได้ใกล้เคียงกัน อิศเรส และคณะ (2560) ที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของ เชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* (Bta) *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Btk) และสารเคมี fipronil (5% SC) ที่อัตราต่างๆ ผสมน้ำ 20 ลิตร เพื่อการควบคุมหนอนห่อใบข้าว โดยใช้วิธี leaf dipping พบว่าในวันที่ 7 การใช้ Bta ที่อัตรา 40 60 และ 80 มิลลิลิตร พบเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนร้อยละ 92.5 92.5 และ 95 ตามลำดับ ส่วนการใช้ Btk อัตรา 40 60 และ 80 มิลลิลิตร พบเปอร์เซ็นต์การตาย 95 95 และ 100 ตามลำดับ การใช้ fipronil อัตรา 50 มิลลิลิตร พบเปอร์เซ็นต์การตายร้อยละ 90

กรมวิชาการเกษตรมีคำแนะนำการใช้แบคทีเรียเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2559) ดังนี้

1. ควรอ่านฉลากข้างภาชนะบรรจุก่อนนำไปใช้ เพื่อให้ทราบว่าแบคทีเรียบีทีชนิดนี้สามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชชนิดใดได้บ้าง มีชื่อแมลงศัตรูพืชที่ต้องการกำจัดระบุอยู่บนฉลากหรือไม่ ทั้งนี้ในท้องตลาดมีแบคทีเรียบีทีหลากหลายสายพันธุ์ ประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงจะแตกต่างกันไป นอกจากนี้แบคทีเรียบีทีที่มีจำหน่ายมีหลายชนิด หลายความเข้มข้น ทั้งในรูปผงแห้ง และน้ำเข้มข้น โดยควรใช้ตามคำแนะนำที่ระบุในฉลากของผลิตภัณฑ์

2. สำหรับแบคทีเรียบีทีผงแห้งควรผสมในน้ำประมาณ 1 ลิตร แล้วคนให้ละลายก่อนจะนำไปผสมลงในน้ำที่จะใช้ทั้งหมด หลังจากผสมแบคทีเรียบีทีแล้วให้พักไว้ 2-3 ชั่วโมง เพื่อให้แบคทีเรียบีทีแตกตัวและสร้างสารพิษในถังพ่น โดยผสมสารจับใบทุกครั้งเพื่อช่วยให้แบคทีเรียบีทีติดอยู่กับส่วนต่างๆ ของพืชได้นานยิ่งขึ้น

3. แบคทีเรียบีทีเป็นสิ่งทีมีชีวิตที่จะถูกทำลายโดยรังสีอุลตร้าไวโอเลต (UV) จากแสงแดด ดังนั้นควรฉีดพ่นตอนเย็นซึ่งเป็นช่วงที่แดดอ่อน จะช่วยยืดอายุให้แบคทีเรียบีทีอยู่บนต้นพืชได้นานขึ้น

สวพ.3

4. การปรับหัวฉีดให้เกิดละอองน้ำให้มากที่สุดจะช่วยให้แบคทีเรียบีทีเกาะผิวใบได้ดี และพ่นให้ทั่วต้นพืชมากที่สุดให้ครอบคลุมบริเวณส่วนล่างของใบพืช เนื่องจากแมลงศัตรูผักบางชนิด เช่น หนอนใยผัก หนอนคืบกะหล่ำ มักอาศัยกัดกินอยู่ด้านล่างของใบ

5. การพ่นแบคทีเรียบีทีควรพ่นเมื่อสำรวจพบหนอนตัวเล็กซึ่งเป็นหนอนวัยแรกๆ (วัย 1-3) จะให้ผลในการควบคุมดีกว่าการพ่นแบคทีเรียบีทีเมื่อพบหนอนตัวใหญ่ (วัย 4-5)

6. ไม่ควรผสมแบคทีเรียบีทีกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชเพื่อใช้พ่นในคราวเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากสารป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิดอาจทำให้แบคทีเรียบีทีเสื่อมประสิทธิภาพได้

7. เนื่องจากแบคทีเรียบีทีออกฤทธิ์ช้า ใช้เวลา 2-3 วัน แมลงจึงจะตาย การใช้อัตราสูงกว่าคำแนะนำไม่ช่วยให้แมลงตายเร็วขึ้น เมื่อพบการระบาดของแมลงรุนแรง ควรพ่นแบคทีเรียแบคทีเรียบีทีตามอัตราแนะนำ โดยพ่นติดต่อกัน 3 ครั้งทุก 3-4 วัน แบคทีเรียบีทีเหมือนกับสารชีวภัณฑ์ทั่วไปที่ถูกทำลายได้ด้วยแสงยูวีและความร้อน ควรพ่นในช่วงที่แสงแดดไม่จัดเกินไป โดยแนะนำให้ฉีดพ่นในช่วงเวลาเย็นถึงค่ำ ควรใช้สารจับใบร่วมด้วยทุกครั้ง และปรับหัวฉีดให้เกิดละอองมากที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้แบคทีเรียบีทีเกาะติดตามส่วนต่างๆ ของพืช ควรใช้ต่อเนื่องติดต่อกันทุก 3-4 วัน ในกรณีที่มีการระบาดของหนอนรุนแรง แต่ไม่ควรผสมเชื้อแบคทีเรียบีทีกับสารป้องกันกำจัดโรคพืช โดยเฉพาะสารที่ออกฤทธิ์ทำลายแบคทีเรีย เช่น สารปฏิชีวนะ ทองแดง คลอไรด์ และคอปเปอร์ เป็นต้น และไม่ควรผสมเชื้อแบคทีเรียบีที ในน้ำที่เป็นด่าง

4. เชื้อไวรัสเอ็นพีวี

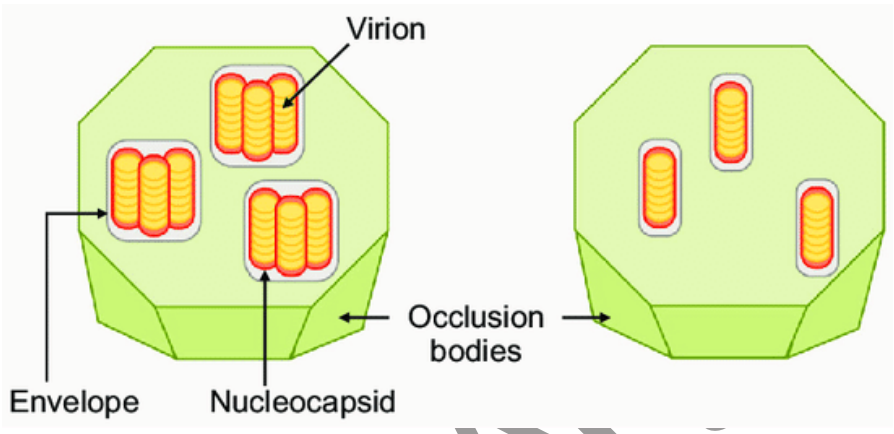
เชื้อไวรัสเอ็นพีวี (Nucleopolyhedrovirus: NPV) เป็นไวรัสกลุ่มหนึ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติและทำให้แมลงเกิดโรค มีการทดสอบความปลอดภัยของเชื้อไวรัสเอ็นพีวีและผลิตเป็นการค้าจำหน่ายทั่วโลก เนื่องจากเป็นเชื้อมีความมีความเฉพาะเจาะจงในการเข้าทำลายหนอนแต่ละชนิด โดยในประเทศไทยพบเชื้อไวรัสเอ็นพีวีที่จำเพาะต่อหนอน 3 ชนิด ได้แก่ หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย ซึ่งเป็นศัตรูพืชที่ทำลายพืชเศรษฐกิจของไทย (สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร, 2561) อนุภาคไวรัสมีลักษณะเป็นท่อนตรง มีความกว้าง 30-70 นาโนเมตร ยาว 250-400 นาโนเมตร ประกอบด้วยกรดนิวคลีอิกชนิด DNA ที่มีลักษณะเป็นเส้นคู่พันเป็นเกลียววงกลมปิด ขนาดประมาณ 80-180 กิโลเบส มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 50-100 กิโลดัลตัน ปลอกแคพสิดที่ห่อหุ้มกรดนิวคลีอิก ประกอบด้วยโปรตีนหน่วยย่อย ที่เรียกว่าแคปโซเมียร์ (capsomere) อนุภาคไวรัสมีผนังล้อมรอบหนาประมาณ 5-6 นาโนเมตร ประกอบด้วยไลโปโปรตีน (lipoprotein) 3 ชั้น นิวคลีโอแคพสิดที่มีผนังล้อมรอบนี้เรียกว่า วิริออน (virion) ซึ่งแบ่งตามลักษณะโครงสร้างของวิริออนออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. Single-embedded NPV (SNPV) ในผลึกโปรตีนมีวิริออนที่ประกอบด้วยอนุภาคไวรัสเพียงอนุภาคเดียวเท่านั้น เช่น เชื้อไวรัสเอ็นพีวีของหนอนเจาะสมอฝ้าย

2. Multiple-embedded NPV (MNPV) ในผลึกโปรตีนมีวิริออนที่ประกอบด้วยอนุภาคไวรัสตั้งแต่ 1-29 อนุภาค ขนาดของวิริออนจึงขึ้นอยู่กับจำนวนอนุภาคไวรัสที่อยู่ภายใน เช่น เชื้อไวรัสเอ็นพีวี ของหนอนกระทู้หอมผลึกโปรตีน (polyhedral inclusion body) ของไวรัสเอ็นพีวี ประกอบด้วยโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคไวรัส ส่วนวิริออนจะฝังตัวอยู่ในผลึกโปรตีนอย่างกระจัดกระจายในเซลล์แต่ละเซลล์ของแมลงที่เชื้อไวรัสเอ็นพีวีเข้าทำลาย จะมีการสร้างวิริออนจำนวนมากที่อยู่เป็นอิสระนอก ผลึกโปรตีน เมื่อผลึกโปรตีนเจริญเต็มที่จะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน เช่น รูปสี่เหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม รูปเหลี่ยมหลายด้าน ตลอดจนรูปทรงกลม ซึ่งเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นผลึกโปรตีนสะท้อนแสงชัดเจน นอกจากนี้จะมีผนังล้อมโดยรอบผลึก เรียกว่า polyhedral membrane ผลึกโปรตีนของไวรัสเอ็นพีวีชนิดเดียวกัน มักจะมีรูปร่าง

ลักษณะและขนาดเหมือนหรือใกล้เคียงกัน ดังนั้นโครงสร้างของไวรัสเอ็นพีวี ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ผลึกโปรตีน (polyhedral inclusion body/occusion body) อนุภาคไวรัสที่มีผนังล้อมรอบ (virion) และตัวอนุภาคไวรัส (nucleocapsid) (วิกิพีเดีย, 2559ก) (ภาพที่ 33)

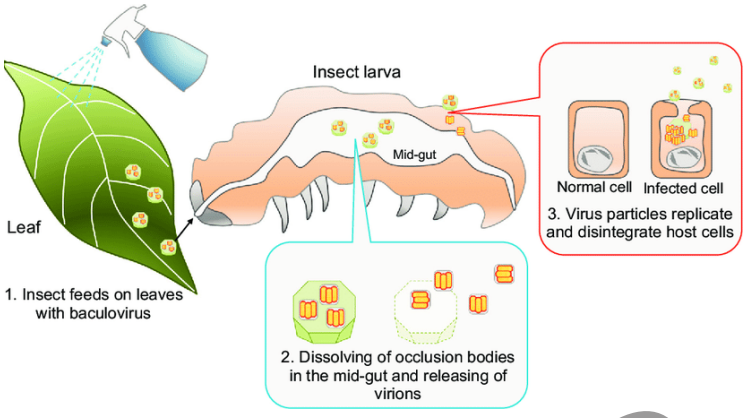
มีการนำไวรัสสาเหตุโรคของแมลงมาใช้เป็นชีวภัณฑ์ควบคุมแมลงศัตรูพืชหลายชนิดในประเทศต่างๆ ทั่วโลก เช่น สหรัฐอเมริกา แอฟริกา ออสเตรเลีย สหภาพโซเวียต ญี่ปุ่น อินเดีย และจีน เนื่องจากไวรัสเอ็นพีวีมีประสิทธิภาพสูง และมีความเฉพาะเจาะจงในการทำลายแมลง ปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Entwistle, 1998) ในประเทศไทยมีการวิจัยโรคของแมลงที่เกิดจากไวรัสเอ็นพีวี ตั้งแต่ปี 2510 โดยกลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา (อุทัย, 2544)



ภาพที่ 33 โครงสร้างวิริออน
(https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-Nucleopolyhedrovirus-NPV-and-Granulovirus-GV-and-infection-cycle-of_fig2_321368874)

กลไกการเป็นปฏิปักษ์

เชื้อไวรัสเอ็นพีวีมีการออกฤทธิ์แบบกินตาย หนอนต้องกินเชื้อไวรัสเข้าไปในลำไส้ส่วนกลางของหนอน ซึ่งมีสภาพเป็นด่างจะละลายผลึกที่หุ้มตัวไวรัสออก เชื้อไวรัสจะเริ่มทำลายกระเพาะของหนอนและกระจายไปทั่ว ทำให้หนอนติดเชื้อและตายในที่สุด (ภาพที่ 34) เมื่อหนอนติดเชื้อจะสังเกตได้จาก หนอนจะเคลื่อนไหว ช้าลง ลดการกินอาหาร โดยหนอนจะตายบนยอด ห้อยหัวลงเป็นลักษณะตัววี (V Shape) (ภาพที่ 35) ซึ่งเป็นลักษณะการตายจำเพาะของหนอนที่ได้รับเชื้อไวรัสเอ็นพีวี เมื่อลมพัด ตัวหนอนปริแตกเชื้อไวรัสจะไหลลงตามต้นพืช เมื่อหนอนตัวอื่นมากินก็จะได้รับเชื้อต่อไป (สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร, 2561) ของเหลวภายในลำตัวจะไหลออกมาเป็นสีขาวขุ่น โดยระยะเวลาตั้งแต่หนอนกินเชื้อไวรัสจนกระทั่งหนอนตายจะใช้เวลาประมาณ 3-7 วัน ขึ้นกับขนาดของหนอนและปริมาณเชื้อไวรัสที่หนอนกินเข้าไป (กรมวิชาการเกษตร, 2558ก ; สัมฤทธิ์, 2559)



ภาพที่ 34 กลไกการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อไวรัสเอ็นพีวี (https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-Nucleopolyhedrovirus-NPV-and-Granulovirus-GV-and-infection-cycle-of_fig2_321368874)

ภาพที่ 35 หนอนที่ถูกเชื้อไวรัสเอ็นพีวีทำลาย (http://chemicalfreeagriculture.blogspot.com/2011/05/preparation-of-npv-virus-solution.html)

ชนิดของแมลงศัตรูพืชที่เชื้อไวรัสเอ็นพีวีควบคุมได้

ระหว่างปี 2549-2551 กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ร่วมกันจัดจำแนกชนิด เชื้อไวรัสเอ็นพีวี 4 ชนิด ได้แก่ เชื้อไวรัสเอ็นพีวีของหนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนคืบกะหล่ำ ด้วยเทคนิค PCR-Base Typing เพื่อให้ง่ายต่อการวินิจฉัยชนิดเชื้อไวรัสเอ็นพีวีได้ในเวลาที่รวดเร็ว เป็นประโยชน์ในการบ่งชี้ชนิดไวรัสได้อย่างแม่นยำ ช่วยแยกสาเหตุการตายของหนอนจากการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคชนิดอื่น (สุชลวัจน์ และวัชรี, 2552) เชื้อไวรัสเอ็นพีวี เป็นทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรนำไปใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้อยู่ประจำได้ เนื่องจากไวรัสเอ็นพีวีมีความเฉพาะเจาะจงกับแมลงสูง ทำลายแมลงเพียงชนิดเดียวหรือแมลงในสกุลเดียวกันเท่านั้น (กรมวิชาการเกษตร, 2558ก) เชื้อไวรัสเอ็นพีวี

เป็นเชื้อที่ทำลายเฉพาะแมลงเป้าหมาย มีความปลอดภัยต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรกันแพร่หลายทั่วโลก ช่วยให้ศัตรูธรรมชาติได้รอดชีวิตอยู่ในนิเวศเกษตร ทั้งยังช่วยลดปัญหาสารพิษตกค้างในผลิตผล และลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2561) ปัจจุบันในประเทศไทยได้นำมาผลิตเป็นชีวภัณฑ์อยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ชีวภัณฑ์เอ็นพีวีหนอนกระทู้ผัก ใช้ควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius) ชีวภัณฑ์เอ็นพีวีหนอนเจาะสมอฝ้าย ใช้ควบคุมหนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera* Hübner) และชีวภัณฑ์เอ็นพีวีหนอนกระทู้หอม ใช้ควบคุมหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hübner) (กรมวิชาการเกษตร, 2558ก)

การใช้ชีวภัณฑ์เอ็นพีวีให้มีประสิทธิภาพสูงสุดควรเลือกใช้ให้ตรงกับชนิดของหนอน หากพ่นชีวภัณฑ์ในขณะที่พบหนอนตัวเล็กหรือเพิ่งฟักออกจากไข่ จะสามารถควบคุมได้ดีกว่าหนอนที่มีขนาดใหญ่ ก่อนใช้ควรเขย่าขวดบรรจุภัณฑ์และควรผสมสารจับใบก่อนการพ่นทุกครั้ง โดยพ่นในช่วงเวลาเย็น เนื่องจากเชื้อไวรัสเอ็นพีวีถูกทำลายได้ง่ายโดยแสง UV ชีวภัณฑ์เอ็นพีวีสามารถนำไปผสมกับสารฆ่าแมลง หรือสารป้องกันกำจัดโรคพืชได้ทุกชนิด โดยต้องผสมแล้วพ่นทันทีอย่าปล่อยทิ้งไว้นาน การพ่นชีวภัณฑ์เอ็นพีวี จะทำให้หนอนอ่อนแอ จากนั้น 3-4 วัน จึงพ่นสารเคมีกำจัดแมลงตามหลัง พบว่าสามารถกำจัดแมลงได้ง่ายขึ้น การเก็บรักษาชีวภัณฑ์เอ็นพีวีควรเก็บในที่ร่มและเย็น (กรมวิชาการเกษตร, 2558ก)

การผลิตขยายไวรัสเอ็นพีวี

การผลิตชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี มีทั้งสูตรแขวนลอยในน้ำและสูตรผงละลายน้ำ ประสิทธิภาพของไวรัสจะคงอยู่ได้นานเพียงใดขึ้นอยู่กับสูตรสำเร็จ (formulation) แต่ละสูตร ซึ่งสูตรสำเร็จที่ดีควรเป็นสูตรที่ทำให้ไวรัสคงประสิทธิภาพได้นานกว่า 12 เดือน (Hunter-Fujita *et al*., 1998) ไวรัสเอ็นพีวีสามารถผลิตขยายได้ในระดับห้องปฏิบัติการใน 2 รูปแบบ คือการเลี้ยงในหนอนเรียกว่าเป็นการเลี้ยงแบบ in vivo กับการเลี้ยงในเซลล์เพาะเลี้ยง เรียกว่าแบบ in vitro (สุชลวัจน์, 2545; Wongwilikhit and Somsuk, 2006) สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ได้นำเทคนิคการผลิตจาก United Stated Department of Agriculture (USDA) โดยใช้เซลล์หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม โดยมีอัตราการเจริญดี จึงใช้เป็นรูปแบบการผลิตขยายชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวีมาอย่างต่อเนื่อง และในปี 2554 ได้พัฒนาการผลิตในเซลล์เพาะเลี้ยง หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนกระทู้หอม ซึ่งมีการเจริญดีถึงร้อยละ 90.1 90.2 91.3 และ 91.5 ตามลำดับ (สุชลวัจน์ และคณะ, 2555) นอกจากชีวภัณฑ์สูตรมาตรฐานแล้ว กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ยังได้พัฒนา ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวีในรูปผงละลายน้ำ โดยใช้หางนม (skim milk) 35-36 เปอร์เซ็นต์ Kaolin 29-30 เปอร์เซ็นต์ และ surfactant A 48-50 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนผสมในชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวีเพื่อใช้การกำจัดหนอนกระทู้หอม (สมชัย และคณะ, 2555ข) ในปี 2550 ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้จัดตั้งโรงงานต้นแบบผลิตชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชขึ้น โดยทำการวิจัยและพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวีของหนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย ซึ่งเป็นแมลงศัตรูของพืชเศรษฐกิจสำคัญของไทยแบบครบวงจร เริ่มตั้งแต่การจับคู่ผีเสื้อเพื่อผลิตหนอน แล้วนำหนอนที่ได้มาผลิตเชื้อ โดยให้กินอาหาร ที่เคลือบเชื้อไวรัส เมื่อหนอนตาย ก็นำซากหนอนที่ได้รับเชื้อไปปั่นแยกเชื้อมาผลิตชีวภัณฑ์ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2561)

สวพ.3

ส่วนการผลิตขยายอย่างง่ายที่เกษตรกรสามารถทำได้ คือ นำเชื้อไวรัสเอ็นพีวีของหนอนกระทู้หอมมาผสมน้ำตามอัตราแนะนำและพ่นบนแปลงปลูกพืชทุก 2 วัน ติดต่อกัน 3 ครั้ง แล้วเก็บหนอนกระทู้หอมที่ระบาดอยู่ในแปลงปลูกพืช คัดขนาดตัวเท่าก้านไม้ขีดไฟหรือเล็กกว่ามาปล่อยบนต้นพืชที่พ่นเชื้อเอ็นพีวีเอาไว้ หลังจากปล่อยหนอนไว้ 5 วัน จะพบหนอนกระทู้หอมขึ้นมาตายบนต้นพืช ตัวหนอนจะมีสีขาวขุ่นหรือสีครีม ให้เก็บใส่ขวดสีชาที่ล้างสะอาดแล้ว ใส่หนอนที่ตายลงไปแล้วปิดฝาไว้ วิธีนำไปใช้ ให้นำหนอนที่ตายด้วยเชื้อไวรัสเอ็นพีวีจำนวน 40 ตัว บี้ตัวหนอนให้แตก ผสมกับน้ำ 20 ลิตร กรองเอาเฉพาะน้ำ แล้วจึงนำไปพ่นในแปลงผลิตพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2558ก)

ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี

ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวีมีทั้งสูตรแขวนลอยในน้ำและสูตรผงละลายน้ำ การผลิตเชิงการค้าที่มีจำหน่ายในประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเหลวแบบน้ำเข้มข้น เช่น ชีวภัณฑ์ของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ดีโอเอ ไบโอ-วี1 ดีโอเอ ไบโอ-วี2 และ ดีโอเอ ไบโอ-วี3 (ภาพที่ 36)

ภาพที่ 36 ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี ดีโอเอ ไบโอ-วี1 ดีโอเอ ไบโอ-วี2 และ ดีโอเอ ไบโอ-วี3
(https://www.kasetkaoklai.com/home /2021/05เกษตรฯ-ชงปลดล็อคขั้นตอน/)

การใช้ชีวภัณฑ์เอ็นพีวีควบคุมแมลงศัตรูพืช

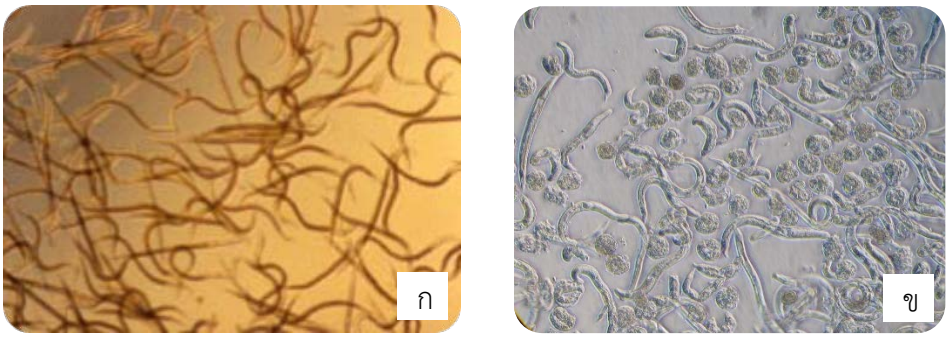
กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ยังได้พัฒนาชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี ในรูปผงละลายน้ำ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและเก็บรักษา โดยยังคงมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมหนอนกระทู้หอม และพบว่าชีวภัณฑ์ที่ได้มีประสิทธิภาพการกำจัดหนอนกระทู้หอมได้ไม่แตกต่างทางสถิติกับชีวภัณฑ์สูตรมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (DOA BIO V1) โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอน 98.8 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สมชัย และคณะ, 2555ข) ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี สามารถนำไปใช้ควบคุมหนอนกระทู้ผัก หนอนเจาะสมอฝ้าย หรือหนอนกระทู้หอมที่ระบาดในแปลงผลิตพืชผัก พืชไร่ ไม้ผล และไม้ดอกไม้ประดับ โดยเลือกใช้ไวรัสให้ตรงกับชนิดของหนอน โดยทั่วไปจะแนะนำให้ใช้อัตรา 40-50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมสารจับใบ พ่นสัปดาห์ละครั้ง หรือทุก 7-10 วัน หากพบหนอนระบาดรุนแรงควรพ่นทุก 4 วัน ติดต่อกัน 2 ครั้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2558ก) อิศเรศ และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาการใช้เชื้อไวรัสเอ็นพีวี ในการควบคุมหนอนกระทู้ผักในหอมหัวใหญ่ พบว่า การใช้เชื้อไวรัสใน

อัตรา 40 50 60 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นเมื่อพบใบหอมหัวใหญ่ถูกหนอนทำลายเฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และพ่นซ้ำทุก 7 วัน ติดต่อกัน 2 ครั้ง มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผักไม่แตกต่างทางสถิติกับการพ่นด้วยสาร emamectin benzoate อนุสรณ์ และคณะ (2562) ศึกษาการใช้เชื้อไวรัส SlNPV ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก (Spodoptera litura (Fabricius)) ในแปลงปลูกเผือกของเกษตรกร ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าการใช้ไวรัส SlNPV อัตรา 20 30 40 50 และ 60 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร และสาร emamectin benzoate (1.92% EC) อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร อัตราการใช้น้ำ 80 ลิตร ต่อไร่ ทำการพ่นสารทดลองทุก 7 วัน ติดต่อกัน 3 ครั้ง พบว่า การใช้เชื้อไวรัส SlNPV อัตรา 40 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ดีเทียบเท่าสาร emamectin benzoate โดยการใช้ SlNPV ให้ผลดีในการควบคุมหนอนกระทู้ผักได้ในช่วง 7 วันแรก หลังพบการเข้าทำลายหรือช่วงที่หนอนกระทู้ผักมีขนาดเล็ก หากพบหนอนกระทู้ผักระบาดมากขึ้น แนะนำให้พ่นทุก 3-4 วัน โดยทั่วไปแล้ววิธีการใช้ไวรัสเอ็นพีวีไม่แตกต่างจากการใช้สารควบคุมศัตรูพืชทั่วไป คือนำไปผสมน้ำแล้วพ่น แต่การใช้ให้ได้ประสิทธิภาพ เกษตรกรต้องรู้จักชนิดของหนอน เพื่อเลือกใช้เชื้อไวรัสเอ็นพีวีให้ตรงกับชนิดของหนอนที่ต้องการควบคุม และต้องประเมินความรุนแรงของหนอนที่เข้าทำลายพืช เพื่อจะได้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และควรพ่นในเวลาเย็นเพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดด และควรผสมสารจับใบเพื่อให้เชื้อไวรัสติดอยู่บนใบพืชได้ดี (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2561)

5. ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (entomopathogenic nematode) คือ ไส้เดือนฝอยที่เข้าอาศัยอยู่ภายในตัวแมลง ทำให้แมลงเกิดโรคและตายได้ จัดเป็นไส้เดือนฝอยที่มีประโยชน์ในการกำจัดแมลงศัตรูพืช (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2563) ไส้เดือนฝอยเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก มองเห็นด้วยตาเปล่าได้ยาก สามารถเคลื่อนที่ได้ในของเหลวเท่านั้น มีการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ในตัวแมลง แล้ววางไข่และฟักเป็นตัวอ่อน มีการเจริญเติบโต 3 ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยตัวเต็มวัยเพศผู้จะมีขนาดเล็กกว่าตัวเต็มวัยเพศเมีย 3-4 เท่า (กรมวิชาการเกษตร, 2558ข) ในประเทศไทยนิยมใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง 2 ชนิด ได้แก่ ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย *Steinernema siamkayai* Thai strain (KP code) (ภาพที่ 38ก) และไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* เป็นสายพันธุ์จากต่างประเทศ (ภาพที่ 37ข) ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* Thai strain มีรูปร่างคล้ายเส้นด้าย ลักษณะหัวและท้ายเรียว มีความยาวลำตัวเฉลี่ย 0.43 มิลลิเมตร และกว้าง 0.02 มิลลิเมตร ลำตัวไม่แบ่งเป็นข้อปล้อง ผนังชั้นนอกของลำตัวมีรอยหยักและมีความยืดหยุ่น มีช่องขับถ่ายทางผิวหนัง เส้นประสาท ทางเดินอาหาร อวัยวะสืบพันธุ์ และกล้ามเนื้อ แต่ไม่พบระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ เข้าทำลายแมลงได้ทั้งในระยะตัวหนอนและ ตัวเต็มวัย ไส้เดือนฝอยสามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ภายในตัวแมลงได้ 2-3 ชั่วอายุ ให้ลูกรุ่นใหม่ตั้งแต่ 10,000-100,000 ตัวต่อหนอน 1 ตัว ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของหนอน (นุชนารถ, 2558) ส่วนไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *S. carpocapsae* มีขนาดลำตัวยาว 0.4-1.0 มิลลิเมตร หัวกลม หางเรียว ลำตัวไม่มีข้อปล้อง ระยะตัวอ่อนจะโปร่งใส ระยะตัวเต็มวัยจะทึบแสง (กรมวิชาการเกษตร, 2561)

ตัวอย่าง



ภาพที่ 37 ไส้เดือนฝอย (ก) *Steinernema siamkayai* Thai strain (KP code) (นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด)
(ข) *Steinernema carpocapsae* (วิไลวรรณ เวชยันต์)

กลไกการเป็นปฏิปักษ์

ตัวอ่อนไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* Thai strain ระยะที่ 3 เมื่อพบแมลงที่เป็นเหยื่อ จะเคลื่อนที่เข้าสู่ตัวแมลงโดยผ่านช่องเปิด เช่น ทางปาก ช่องขับถ่าย หรือรูหายใจ เมื่อเข้าสู่ช่องว่างภายในตัวแมลงจะปลดปล่อยแบคทีเรีย *Xenorhabdus* sp. ที่อาศัยอยู่บริเวณลำไส้ส่วนหน้าของไส้เดือนฝอย เข้าสู่กระแสเลือดของแมลง โดยแบคทีเรียดังกล่าวจะสร้างสารพิษที่มีผลทำให้แมลงเกิดภาวะเลือดเป็นพิษ และตายอย่างรวดเร็วภายในเวลา 12-24 ชั่วโมง โดยสีของตัวแมลงจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำถึงดำ (ภาพที่ 38ก) เมื่อไส้เดือนฝอยตัวอ่อนระยะที่ 3 อยู่ในตัวแมลงจะเจริญเติบโตโดยวิธีการลอกคราบ กลายเป็นตัวอ่อนระยะที่ 4 แล้วจึงพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งตัวเต็มวัยเพศเมียจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ 3 เท่า เต็มวัยเพศเมีย 1 ตัว สามารถผลิตไข่ได้ 800-1,000 ฟอง เมื่อไข่ได้รับการผสมจะพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 ในไข่ เมื่อฟักออกจากไข่ และลอกคราบ จะกลายเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยใช้เวลาประมาณ 4-5 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของแมลงที่เป็นเหยื่อ ไส้เดือนฝอยตัวอ่อนระยะที่ 3 รุ่นลูกจะสะสมอาหารสำรองประเภทไขมันไว้บริเวณเนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่างผิวหนังกับกล้ามเนื้อช่องท้อง และดูดกลืนเซลล์แบคทีเรียเก็บไว้บริเวณลำไส้ส่วนหน้า ก่อนเคลื่อนตัวออกจากซากของหนอน (ภาพที่ 39ข) หรือซากแมลง (ภาพที่ 38ค) เพื่อหาเหยื่อตัวใหม่ โดยแหล่งอาศัยของไส้เดือนฝอยตัวอ่อนระยะที่ 3 ซึ่งเป็นระยะที่เข้าทำลายแมลงจะอาศัยอยู่ในดินที่ระดับความลึก 4-6 นิ้ว พบในเนื้อดินทั้งชนิดดินร่วน ดินร่วนปนทราย และดินเหนียว สามารถอยู่ในดินได้นาน 6-8 เดือน โดยตัวอ่อนระยะที่ 3 นี้จะไม่กินอาหารและไม่เจริญเติบโตในขณะที่อยู่ในดิน ส่วนไส้เดือนฝอย ที่ระยะการเจริญเติบโตอื่นๆ จะอาศัยอยู่ภายในตัวแมลงเท่านั้น และไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมภายนอกตัวแมลง (นุชนารถ, 2558) ส่วนไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เมื่อเจอแมลงอาศัย จะเข้าสู่แมลงทางปาก ทวาร หรือรูหายใจ แล้วชอนไชผ่านผนังลำไส้เข้าไปในกระแสเลือด จากนั้น จะปล่อยแบคทีเรียออกมาแล้วเพิ่มปริมาณในกระแสเลือดทำให้เลือดเป็นพิษ ทำให้แมลงตายใน 24-48 ชั่วโมง โดยไส้เดือนฝอยจะเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิต ไส้เดือนฝอยเพศเมียหลังจากได้รับการผสมพันธุ์จะผลิตไข่และฟักเป็นตัวอ่อนได้หลายรุ่นภายในซากแมลง จนกระทั่งอาหารในตัวแมลงหมด ไส้เดือนฝอยจึงจะออกจากซากแมลงเพื่อหาแหล่งอาหารใหม่ต่อไป (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2563)

สวพ.3

ภาพที่ 38 (ก) หนอนใยผักที่ถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลาย (ข) ไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่ออกมาจากซากหนอนใยผัก (ค) ไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่ออกมาจากซากด้วงหมัดผัก (กุศล ถมมา)

ชนิดของแมลงศัตรูพืชที่ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงควบคุมได้

1. ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย *S. siamkayai* Thai strain มีประสิทธิภาพในการศัตรูแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น หนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม หนอนคืบ ด้วงหมัดผัก หนอนเจาะสมอฝ้าย และปลวก (นุชนารถ, 2557)

2. ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *S. carpocapsae* ในประเทศไทยพบรายงานการเป็นปฏิปักษ์ต่อแมลงในกลุ่มหนอนผีเสื้อและด้วง ได้แก่ หนอนกินใต้ผิวเปลือกลองกอง (วัชรี และคณะ, 2529) ตัวอ่อนด้วงหมัดผัก (วัชรี และคณะ, 2534ก) ด้วงงวงมันเทศ (วัชรี และคณะ, 2534ข) หนอนกระทู้หอม (วัชรี และคณะ, 2537) ด้วงเจาะลำต้นกล้วย (ณัฐกฤต และคณะ, 2544) ด้วงเจาะลำต้นมะม่วง และด้วงกุหลาบ (สาทิพย์, 2555) ด้วงหมัดผัก (วิไลวรรณ และคณะ, 2556) หนอนเจาะดอกมะลิ (สาทิพย์ และวิไลวรรณ, 2556)

การผลิตขยายไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

เนื่องจากในปัจจุบันไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงที่เกษตรกรสามารถผลิตขยายเองได้คือไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทยซึ่ง นุชนารถ (2558) ได้พัฒนาสูตรอาหารเทียมอย่างง่าย โดยนำไส้เดือนฝอยที่เลี้ยงเพิ่มปริมาณในหนอนกินรังผึ้ง มาใช้เป็นหัวเชื้อเพื่อผลิตขยายในระดับเกษตรกร ซึ่งมีวิธีการผลิตขยาย ดังนี้

อุปกรณ์

1. ไข่ไก่หรือไข่เป็ด 260 มิลลิลิตร (4-5 ฟอง)
2. น้ำมันหมู 130 มิลลิลิตร
3. น้ำสะอาด 260 มิลลิลิตร
4. ฟองน้ำที่ตัดเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด 1x1 เซนติเมตร น้ำหนัก 40 กรัม
5. ภาชนะผสมอาหารพร้อมฝาปิด เช่น กระปุกพลาสติก
6. กะละมังพลาสติก ขนาด 10 ลิตร
7. หม้อนึ่งก๋วยเตี๋ยวพร้อมชุดทำความร้อน

วิธีการผลิต

1. เตรียมอาหารเพาะเลี้ยงปริมาตร 650 มิลลิลิตร ที่ประกอบด้วยไข่ไก่หรือไข่เป็ด น้ำมันหมู และน้ำสะอาด ผสมส่วนผสมดังกล่าวให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยการเขย่าในภาชนะผสมอาหารที่ปิดฝาสนิท นำฟองน้ำที่ตัดแล้วใส่ลงในกะละมังพลาสติก จากนั้นเทอาหารลงบนก้อนฟองน้ำ ใช้มือคลุกเคล้าผสมให้ก้อนฟองน้ำดูดซับอาหารให้ทั่วทุกก้อน นำก้อนฟองน้ำใส่ลงในภาชนะเพาะเลี้ยง ซึ่งอาจใช้กระปุกพลาสติก (ภาพที่ 40ก) หรือถุงพลาสติกอย่างหนา (ภาพที่ 40ข) จำนวน 20 ภาชนะ ปิดภาชนะโดยให้มีรูระบายอากาศขนาด

สวพ.3

เล็กอยู่ในทุกภาชนะ หากใช้กระปุกพลาสติกให้เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ไว้ที่ฝา หากใช้ถุงพลาสติกให้ใช้กรรไกรขลิบมุมถุงด้านบนลึกเข้าไป 1 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นจุดใส่หัวเชื้อและระบายอากาศ

2. นึ่งฆ่าเชื้ออาหารเพาะเลี้ยง โดยเติมน้ำปริมาตร 3 ลิตร ลงในหม้อนึ่ง นำตะแกรงรองใส่ลงไปในหม้อ จากนั้นนำภาชนะที่บรรจุอาหารวางเรียงซ้อนกันบนตะแกรงรอง ปิดฝาหม้อ และนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เมื่อครบเวลานึ่งให้พักภาชนะบรรจุอาหารไว้ในหม้อประมาณ 30 นาที ทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานและอุปกรณ์ที่จะใช้ในการย้ายเชื้อ รวมถึงทำความสะอาดมือของผู้ปฏิบัติงานด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำภาชนะเพาะเลี้ยงที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วออกมาวางพักไว้ให้เย็นรอใส่หัวเชื้อ

3. ใช้กระบอกฉีดยาปริมาตร 20 มิลลิลิตร พร้อมเข็มเบอร์ 18 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว แทงผ่านถุงบรรจุหัวเชื้อและดูดไส้เดือนฝอยจากถุงทั้งหมดในครั้งเดียว แล้วนำไปฉีดผ่านรูที่ฝากระปุกหรือรอยเปิดที่มุมถุงเพาะเลี้ยง ประมาณ 1 มิลลิลิตรต่อภาชนะ เขย่าภาชนะเบาๆ ให้หัวเชื้อไส้เดือนฝอยกระจายทั่วก้อนอาหาร

4. นำภาชนะเพาะเลี้ยงไปวางในมุ้งกันแมลง บ่มในห้องที่มีอากาศถ่ายเท อุณหภูมิประมาณ 27-33 องศาเซลเซียส นาน 7-10 วัน หากมีการเจริญเติบโตดี จะสังเกตเห็นไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่มาเกาะบริเวณผิวด้านในของภาชนะเพาะเลี้ยง ลักษณะเป็นเส้นตาข่ายหรือรวมกลุ่มกันเป็นกระจุก (ภาพที่ 39ค)

ภาพที่ 39 (ก) การผลิตขยายไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยในกระปุกพลาสติก (ข) การผลิตขยายไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยในถุงพลาสติก (ค) ลักษณะตาข่ายที่เกิดจากตัวไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่ไปตามผิวด้านในของภาชนะเพาะเลี้ยง (กุศล ถมมา)

การผลิตไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในระดับเกษตรกร โดยนำไส้เดือนฝอยวัย 3 (ระยะ IJ) อัตรา 2,000 ตัวต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร หยอดลงบนกระดาษกรองที่วางในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ นำหนอนกินรังผึ้งวัย 5 วางลงบนกระดาษกรองในจานเพาะเลี้ยง จานละ 10 ตัว ปิดฝาจานเพาะเลี้ยงแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศา

เซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง สังเกตตัวหนอนจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองครีม ลำตัวไม่มีเมือกเหนียว แสดงว่าหนอนตายเนื่องจากการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอน จากนั้นคัดเลือกตัวหนอนมาล้างด้วยสาร formalin (0.1%) ก่อนนำมาวางบนกระดาษกรองที่อยู่ในจานหรือกล่องพลาสติกที่ฝาปิด โดยในกล่องจำหล่อน้ำไว้เล็กน้อยเพื่อให้ความชื้น นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสนาน 10-12 วัน จะสังเกตเห็นไส้เดือนฝอยที่ออกจากซากหนอนมาอยู่ในน้ำที่หล่อไว้ในกล่อง จากนั้นให้เทเอาน้ำดังกล่าวเก็บไว้ และเติมน้ำหล่อไว้ในกล่องเช่นเดิม โดยสามารถทำแบบนี้ได้ 4-5 ครั้ง โดยเก็บไส้เดือนฝอยได้วันเว้นวัน จนกว่าซากหนอนจะแห้ง หนอน 1 ตัวจะให้ผลผลิตไส้เดือนฝอยประมาณ 100,000 ตัว เมื่อได้ผลผลิตไส้เดือนฝอยแล้ว ให้ทำความสะอาดผลผลิตด้วยการเติม formalin (0.1%) โดยตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้ไส้เดือนฝอยตกตะกอน จากนั้นเทน้ำส่วนบนทิ้ง เติมน้ำสะอาดลงไปใหม่ ทำแบบนี้ 2-3 ครั้ง จึงเก็บผลผลิตไส้เดือนฝอยไว้เพื่อนำไปใช้ต่อไป (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2563)

ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

กรมวิชาการเกษตรมีการผลิตไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย ในรูปชีวภัณฑ์แบบเจล (ภาพที่ 40ก) สำหรับนำไปเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณในอาหารเทียมก่อนนำไปใช้ นอกจากนี้ยังมีชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยรูปแบบผงละลายน้ำ ซึ่งเป็นไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ คือ *S. carpocapsae* ดำเนินการผลิตโดยกรมวิชาการเกษตร (ภาพที่ 40ข)

ภาพที่ 40 (ก) หัวเชื้อไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* Thai strain รูปแบบเจล (ข) ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* แบบผงละลายน้ำ (กุศล ถมมา)

การใช้ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

การใช้ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย *S. siamkayai* Thai strain ที่ผลิตในอาหารเทียมและเพาะเลี้ยงในภาชนะเป็นเวลา 7-14 วัน เป็นระยะที่สามารถนำไปใช้ได้ วิธีการแยกไส้เดือนฝอยออกจากก้อนอาหาร ทำได้โดยเทก้อนอาหารลงในกะละมังหรือถังพลาสติก ใช้น้ำล้างไส้เดือนฝอยที่ติดอยู่รอบๆ ภาชนะเพาะเลี้ยงออกให้หมด เติมน้ำให้ท่วมก้อนอาหาร หยดน้ำยาล้างจานลงไป 3-4 หยด จากนั้นใช้มือกวนและขยำก้อนอาหารให้ไส้เดือนฝอยหลุดออกมาอยู่ในน้ำ และบีบก้อนฟองน้ำแยกทิ้งไป เทน้ำที่ได้ทั้งหมดผ่านตะแกรงหยาบหรือกระชอนเพื่อกรองแยกเศษอาหารหรือก้อนฟองน้ำที่ตกค้างอยู่ทิ้งไป น้ำที่ผ่านตะแกรงลงสู่ภาชนะรองรับจะมีไส้เดือนฝอยจำนวนมาก ให้นำไปใส่ถังพ่นแล้วจึงเติมน้ำจนครบตาม

สัดส่วน โดยใช้อัตราส่วนตามชนิดศัตรูพืชและความรุนแรงในการระบาด (ตารางที่ 5) ควรพ่นชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยในช่วงเย็นหรือเช้า เพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดดขณะพ่น พยายามพ่นไส้เดือนฝอยให้ถูกตัวแมลงมากที่สุดเพื่อให้ไส้เดือนฝอยเข้าสู่ตัวแมลงได้เร็วขึ้น ในระหว่างการพ่นควรกวนหรือเขย่าถังพ่นทุก 10 นาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนของตัวไส้เดือนฝอย (นุชนารถ, 2558)

ตารางที่ 5 การใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทยในการควบคุมแมลงศัตรูพืช

ชนิดศัตรูพืช	อัตราการใช้	ข้อแนะนำ
หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม หนอนใยผัก หนอนคืบ หนอนเจาะสมอฝ้าย	4 ภาชนะเพาะเลี้ยง ไส้เดือนฝอย 60 ล้านตัว ต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นในพื้นที่ 150-190 ตารางเมตร	พ่นเมื่อพบตัวหนอน 1 ตัว ต่อ 2 ต้น ใช้ถังพ่นสารแบบสะพายหลังพ่นให้ถูกตัวหนอนให้มากที่สุด
ด้วงหมัดผัก	8 ภาชนะเพาะเลี้ยง ไส้เดือนฝอย 120 ล้านตัว ต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นในพื้นที่ 150-190 ตารางเมตร	พ่นเมื่อพบตัวหนอน 1 ตัว ต่อ 2 ต้น ใช้ถังพ่นสารแบบสะพายหลังพ่นให้ถูกตัวหนอนให้มากที่สุด

การใช้ *S. carpocapsae* โดยใช้ไส้เดือนฝอยอัตรา 3.2×10^8 ตัวต่อน้ำ 160 ลิตร พ่นในพื้นที่ 1 ไร่ ในเวลาเย็นหลังการให้น้ำผัก โดยพ่น 4 ครั้ง เมื่อผักอายุ 0 10 20 และ 30 วัน เพื่อควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว (วัชรี และคณะ, 2534 ก) การใช้ *S. carpocapsae* อัตรา 2×10^7 ตัวต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นแปลงคะน้าทุก 7 วัน ติดต่อกัน 2 ครั้ง ให้ผลในการควบคุมด้วงหมัดผักในแปลงผลิตคะน้าได้ ไม่แตกต่างกับการใช้สารเคมี fipronil (5% SC) อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร แต่ให้ผลการควบคุมดีกว่าการใช้ ชีวภัณฑ์แบคทีเรียบีที (*B. thuringiensis* subsp.*Tenebrionis*) อัตรา 80 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ที่พ่นทุก 7 วัน (วิไลวรรณ และคณะ, 2556) ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* แบบผงต้องเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น เพื่อให้คงความมีชีวิตและประสิทธิภาพ โดยไม่ควรเก็บชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยไว้นานเกิน 6 เดือน โดยมีข้อแนะนำการใช้ให้เหมาะสมกับแมลงศัตรูแต่ละชนิด (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2563) (ตารางที่ 6)

เนื่องจากไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ไม่ทนต่อแสงแดดจึงควรพ่นในตอนเย็น และควรให้น้ำในแปลงปลูกพืชก่อนเพื่อให้สภาพแวดล้อมเหมาะกับการอยู่รอดของไส้เดือนฝอย ต้องเขย่าถังพ่นเป็นระยะๆระหว่างการพ่นเพื่อไม่ให้ไส้เดือนฝอยตกตะกอนและกระจายตัวอยู่ในน้ำอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการพ่น ควรพ่นไส้เดือนฝอยที่เตรียมไว้ให้หมดในการใช้แต่ละครั้ง นอกจากนี้ยังควรใช้หัวฉีดขนาดเล็กไม่เกิน 0.4 มิลลิเมตรในการพ่นไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

สวพ.3

ตารางที่ 6 การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช

ชนิดศัตรูพืช	อัตราการใช้ไส้เดือนฝอย	ข้อแนะนำ
ตัวอ่อนด้วงหมัดผักในผักตระกูลกะหล่ำ	320 ล้านตัว/ไร่/น้ำ 160 ลิตร 40 ล้านตัว/200 ตารางเมตร	พ่นหรือราดลงดินหลังการให้น้ำก่อนปลูกพืช และ 7 วัน หลังปลูกพืช
หนอนกระทู้หอมในดาวเรือง	320 ล้านตัว/ไร่/น้ำ 160 ลิตร 40 ล้านตัว/200 ตารางเมตร	พ่นเมื่อดาวเรืองอายุ 15 วัน โดยพ่นตามยอดหรือดอกให้ทั่ว ช่วงที่มีการระบาดรุนแรงให้พ่นทุก 5 วัน จากนั้นจึงพ่นทุก 7-10 วัน
ด้วงงวงมันเทศ	320 ล้านตัว/ไร่/น้ำ 160 ลิตร หรือ 40 ล้านตัว/200 ตารางเมตร/น้ำ 20 ลิตร	พ่นหรือราดลงแปลงปลูกมันเทศที่อายุ 60 วัน ในตอนเย็น และใช้ทุก 15-20 วัน ต่อเนื่อง 3-4 ครั้ง
หนอนผีเสื้อในโรงเพาะเห็ด	16 ล้านตัว/น้ำ 20 ลิตร	เริ่มพ่นเมื่อเปิดปากถุงเห็ด โดยพ่นไส้เดือนฝอยเข้าทาง ปากถุงก้อนเชื้อเห็ด หรือเริ่มพ่นเมื่อพบการเข้าทำลายของหนอนในก้อนเชื้อเห็ด หลังจากนั้นให้พ่นทุก 7 วัน
หนอนกินใต้เปลือกลองกองและลางสาด	40 ล้านตัว/น้ำ 20 ลิตร	พ่นตามกิ่งและลำต้นที่มีหนอน 2-3 ลิตร/ต้น (ขึ้นอยู่กับขนาดของต้น) ควรพ่นทุก 15 วัน ติดต่อกัน 2 ครั้ง
ด้วงกินรากสตอร์เบอร์รี่	200 ล้านตัว/ไร่/น้ำ 160 ลิตร หรือ 50 ล้านตัว/400 ตารางเมตร/น้ำ 40 ลิตร	พ่นเมื่อสตอร์เบอร์รี่อายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก ในช่วงเย็นหลังให้น้ำ

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช (2563)

สวพ.3

บทที่ 5

คำแนะนำการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

รัติกาล ยุทธศิลป์ เอมอร เพชรทอง
ณัฐฏา ดีรักษา แคทลิยา เอกอุ่น
และวินิภา ชาลีคาร

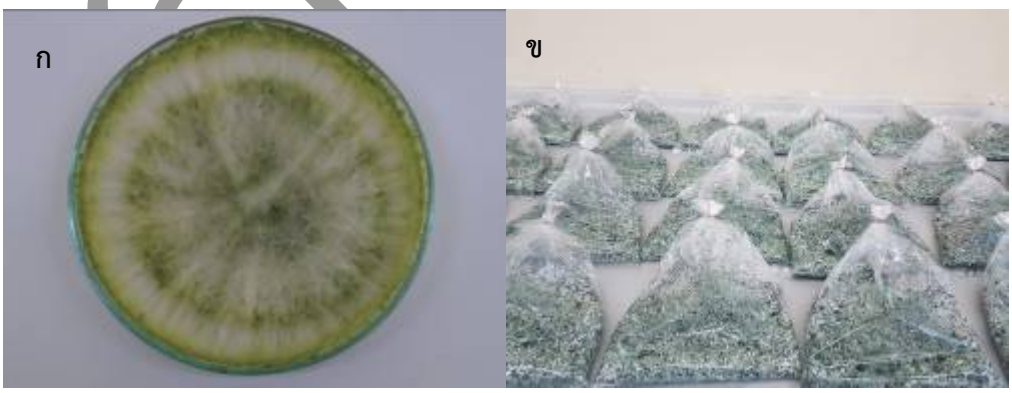
สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ได้นำชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชที่สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช และสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร พัฒนาขึ้น มาทดสอบใช้ในโครงการขับเคลื่อนผลงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์ และงานโครงการนโยบายต่างๆ รวมทั้งมีการทดสอบและพัฒนาการผลิตและใช้ชีวภัณฑ์บางชนิด ในการควบคุมศัตรูพืชที่พบระบาดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เพื่อให้ได้วิธีการควบคุมศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพ และคำแนะนำที่เหมาะสมในการควบคุมศัตรูพืชที่พบระบาดในพื้นที่ โดยการใช้ชีวภัณฑ์สำหรับทดแทน หรือลดการใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ชีวภัณฑ์สำหรับควบคุมโรคพืช ได้แก่ ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา บีเอส และเห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี
2. ชีวภัณฑ์สำหรับควบคุมแมลงศัตรูพืช ได้แก่ ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี บีที และไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

ชีวภัณฑ์สำหรับควบคุมโรคพืช

1. ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา

เป็นชีวภัณฑ์รูปแบบเชื้อสด (ภาพที่ 41) มีขั้นตอนการผลิตขยายง่าย และต้นทุนต่ำ เกษตรกรสามารถผลิตขยายได้เอง ใช้ควบคุมโรคตายพรายของกล้วยที่เกิดจากเชื้อราฟิวซาเรียม โรคโคนเน่าคอดินของพืชผักที่เกิดจากเชื้อราพิเทียม และโรคราเมล็ดผักกาดที่เกิดจากเชื้อราสเคลอโรเทียม เป็นต้น



ภาพที่ 41 (ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อายุ 7 วัน (ข) ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา รูปแบบเชื้อสด (รัติกาล ยุทธศิลป์)

การผลิตขยายชีวภัณฑ์

วัสดุและอุปกรณ์

1. หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
2. แก้วน้ำ หรือถ้วยตวง
3. ทัพพีตักข้าว
4. ถุงพลาสติกทนร้อน (ใหม่) ขนาด 6X9 7x11 หรือ 8x12 นิ้ว
5. ยางรัด
6. เข็มเย็บผ้า หรือ เข็มหมุด
7. ปลายข้าว ข้าวหัก หรือข้าวสารเสาไห้ (ใหม่ หรือเก่า)
8. หัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาบริสุทธิ์ชนิดผงแห้ง หรือหัวเชื้อในเมล็ดธัญพืช (ข้าวเปลือก หรือข้าวฟ่าง)
9. อุปกรณ์ป้องกันการปนเปื้อน ได้แก่ หน้ากากอนามัย ถุงมือแพทย์ แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

วิธีการผลิตขยาย

1. หุงข้าวโดยใช้ข้าว 3 ส่วน เติมน้ำสะอาด 2 ส่วน (แต่ถ้าข้าวนิ่มเกินไป ให้ใช้ข้าว 2 ส่วน และ น้ำ 1 ส่วน)
2. ใช้ทัพพีตักข้าวสุก (ข้าวขาว 1 กิโลกรัม ใส่น้ำ 650 มิลลิลิตร จะได้ข้าวสุกประมาณ 1.5 กิโลกรัม) บรรจุใส่ถุงขณะร้อน ถุงละประมาณ 250 กรัม รีดอากาศออกจากถุง แล้วพับปากถุงลงด้านล่าง รอให้ข้าวอุ่น
3. เลือกพื้นที่ใส่เชื้อในบริเวณที่ไม่มีลมพัดผ่าน ทำความสะอาดบริเวณพื้นที่ๆ จะใส่เชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเหยาะหัวเชื้อใส่ลงบนข้าวในถุง
4. รัดยางตรงปากถุงให้แน่น แล้วใช้เข็มสะอาดแทงรอบๆ ปากถุงบริเวณใต้ที่รัดยาง ถุงละประมาณ 15-20 จุด
5. กดข้าวในถุงให้แผ่กระจายทั่วถุงและให้แบนราบมากที่สุด แล้วดึงกลางถุงเพื่อไม่ให้พลาสติกแนบกับข้าว วางถุงข้าวให้กระจาย ไม่ซ้อนทับกัน ในบริเวณที่สะอาด อยู่ในร่มและได้รับแสงจากธรรมชาติ หรือจากหลอดไฟฟ้า และปลอดจากมด ไร และสัตว์อื่นๆ
6. เมื่อบ่มเชื้อครบ 2-3 วัน ขยำข้าวในถุงเบาๆ เพื่อให้เชื้อกระจายตัว กดข้าวให้แผ่แบนราบ ดึงตรงกลางถุงให้โป่งขึ้น บ่มเชื้อต่ออีก 4-5 วัน จะเห็นเชื้อสีเขียวปกคลุมเมล็ดข้าว สามารถนำไปใช้ได้ทันทีหรือเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ได้นาน 30 วัน

วิธีการใช้

1. พืชผัก ใช้เชื้อสดอัตรา 800 กรัมต่อพื้นที่ 10 ตารางเมตร ไม้ผล (กล้วย ทุเรียน) รองก้นหลุมด้วยอัตรา 125 กรัม คลุกผสมให้เข้ากับดิน ก่อนปลูก 3 วัน และควรใส่เพิ่มทุก 1 เดือน
2. นำเชื้อสดผสมน้ำ อัตรา 250 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร โดยนำเชื้อสดมา 1 ถุง เติมน้ำลงไปในถุง 300 มิลลิลิตร ขยำเนื้อข้าวให้แตกออก จนได้น้ำสีเขียวเข้ม กรองน้ำเชื้อด้วยผ้าหรือกระชอนตาถี่ ล้างกากที่เหลือบนกระชอนด้วยน้ำอีกจำนวนหนึ่งจนเชื้อหลุดออกจากเมล็ดข้าวหมด กรองเอาเมล็ดข้าวออกและเติมน้ำให้ครบ 20 ลิตร แล้วนำไปรดโคนต้นกล้า อัตรา 300 มิลลิลิตรต่อต้น หลังย้ายปลูก 7 วัน และรดซ้ำทุก 3-4 สัปดาห์ จนกว่าจะเก็บผลผลิต

สวพ.3

2. ชีวภัณฑ์บีเอส

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ได้วิจัยและพัฒนาชีวภัณฑ์บีเอสแบบพร้อมใช้ จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ บีเอส-ดีโอเอ 20w1 ควบคุมโรคใบจุดของคะน้า บีเอส-ดีโอเอ 20w33 ควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริก และ บีเอส- ดีโอเอ 24 ควบคุมโรคเหี่ยวเขียว ของพืชตระกูลขิง และมะเขือ ซึ่งสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต บีเอส–ดีโอเอ 24 (ภาพที่ 42 ก) โดยมีการผลิต 2 แห่ง คือสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม นอกจากนี้สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น ได้วิจัยและพัฒนาชีวภัณฑ์บีเอส–ดีโอเอ 19w6 สำหรับควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกที่เกษตรกรสามารถผลิตขยายได้เอง (ภาพที่ 42 ข และ ค)

ภาพที่ 42 (ก) ชีวภัณฑ์บีเอส-ดีโอเอ 24 (ข) หัวเชื้อบีเอส-ดีโอเอ 19w6 และ (ค) เชื้อบีเอส-ดีโอเอ19w6 (รัติกาล ยุทธศิลป์)

2.1 บีเอส–ดีโอเอ 24

เป็นชีวภัณฑ์สูตรผง ที่มีขั้นตอนการผลิตขยายที่ต้องใช้เทคนิคปลอดเชื้อ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ราคาแพง

การผลิตขยายชีวภัณฑ์

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ หม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ตู้อบ (Hot air oven) ตู้เขี่ยเชื้อ เครื่องดูดจ่ายสารละลาย (Micro pipette) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ชุดเตาแก๊ส และไมโครเวฟ

2. วัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ จานเลี้ยงเชื้อ (petri dish) ลูปเขี่ยเชื้อ เข็มเขี่ยเชื้อ ตะเกียงแอลกอฮอล์ หลอดทดลอง ปิเปต และทิปขนาด 1,000 ไมโครลิตร หลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร (micro centrifuge tube) กระบอกตวง และขวด Duran ขนาด 1 ลิตร

3. สารเคมี ได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy broth (TSB) ผงวุ้น ทาลคัม $MgSO_4.7H_2O$ สาร Carboxymethyl-cellulose sodium salt (CMC)

4. ขวดบรรจุอาหาร สำลี ยางรัด

<u>วิธีการผลิตขยาย</u>

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Agar และนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่จานเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้หน้าอาหารแห้ง

3. เลี้ยงเชื้อ *B. subtilis* สายพันธุ์ บีเอส–ดีโอเอ 24 บนอาหาร Tryptic Soy Agar จำนวน 50 จาน เลี้ยงเชื้อต่อการผลิตชีวภัณฑ์ 1 กิโลกรัม บ่มไว้นาน 3 วัน

4. เตรียมสารละลาย 10% $MgSO_4.7H_2O$ 2.5% CMC และ ทาลคัม ถุงละ 1 กิโลกรัม นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

5. เตรียมสารละลาย 2.5% $MgSO_4.7H_2O$ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร โดยดูดสารละลาย 10% $MgSO_4.7H_2O$ ปริมาตร 62.5 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำนึ่งฆ่าเชื้อให้ครบ 250 มิลลิลิตร

6. เทสารละลาย 2.5% $MgSO_4.7H_2O$ ใส่จานเลี้ยงเชื้อที่บ่มไว้ 3 วัน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วขูดเชื้อจากจานเลี้ยงเชื้อใส่รวมในบีกเกอร์

7. เติมสารละลาย 2.5% CMC ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

8. นำสารละลายเชื้อคลุกผสมกับทาลคัม จำนวน 1 กิโลกรัม จนกลายเป็นเนื้อเดียวกัน

9. นำชีวภัณฑ์ที่ได้ ปั้นเป็นก้อนขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ไปวางในถาดที่รองด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ ผึ่งลมให้แห้ง ประมาณ 3-4 วัน

10. นำชีวภัณฑ์ที่แห้งมาบดให้ละเอียดเป็นผง และบรรจุลงถุงให้มีน้ำหนักถุงละ 1 กิโลกรัม

11. ตรวจนับปริมาณเชื้อในชีวภัณฑ์บีเอส–ดีโอเอ 24 ด้วยวิธี Dilution plating technique

วิธีการใช้

การควบคุมโรคเหี่ยวเขียวของพริกและมะเขือเทศ ใช้ชีวภัณฑ์อัตรา 50 กรัมผสมน้ำ 20 ลิตร รดต้นกล้าก่อนย้ายปลูก และหลังย้ายปลูก 7 วัน และรดซ้ำทุก 2 สัปดาห์ จนกว่าจะเก็บผลผลิต ในแปลงที่มีประวัติการระบาดของโรครุนแรง ใช้อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร รดต้นกล้าทุก 7 วันก่อนย้ายปลูก และหลังย้ายปลูกรดหรือฉีดบริเวณโคนต้นทุก 7 วัน จนกว่าจะเก็บผลผลิต

2.2 บีเอส-ดีโอเอ 19w6

ชีวภัณฑ์ *B. subtilis* ไอโซเลต 19w6 (หรือเรียกย่อๆ ว่า บีเอส-ดีโอเอ 19w6 ; BS-DOA 19w6) เป็นชีวภัณฑ์ที่เกษตรกรสามารถผลิตขยายได้เอง ด้วยวิธีการที่ง่ายและต้นทุนต่ำ ใช้สำหรับควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum acutatum C. capsici* และ *C. gloeosporioides*

การผลิตขยายชีวภัณฑ์

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

1. หัวเชื้อ บีเอส-ดีโอเอ 19w6
2. นมกล่องสเตอริไลส์ (นม UHT) รสจืด (ยี่ห้อใดก็ได้)
3. เข็มฉีดยาขนาดเบอร์ 25
4. กระบอกฉีดยา (syringe) ขนาด 5 มิลลิลิตร
5. สก็อตเทปใส

<u>วิธีการผลิตขยาย</u>

1. แกะฝากล่องนมสเตอริไลส์ (รสจืด) บริเวณด้านข้างให้ยืดขึ้นไปเป็นรูปสามเหลี่ยม และมองเห็นจุดฟอยล์สีเงิน สำหรับแทงหลอดดูดชัดเจน

2. นำเข็มฉีดยาต่อกับกระบอกฉีด แล้วดูดหัวเชื้อ บีเอส-ดีโอเอ 19w6 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากขวดหัวเชื้อ

สวพ.3

3. ฉีดหัวเชื้อ บีเอส-ดีโอเอ 19w6 ลงในนม ปริมาตร 200 มิลลิลิตร (1 กล่อง) ตรงบริเวณกระดาษฟอยล์สีเงิน สำหรับแทงหลอดดูด

4. ใช้สกอตซ์เทปใสปิดทับบริเวณรอยที่ฉีดหัวเชื้อลงไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น

5. นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียขยายเพิ่มปริมาณในนม ก่อนจะนำไปใช้ หากใช้ไม่หมดสามารถเก็บไว้ได้ 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (ลักษณะของนมหลังจากเลี้ยงเชื้อ จะต้องไม่ตกตะกอน และไม่มีกลิ่นเหม็น)

***เข็มฉีดยาที่ใช้แล้ว นำไปต้มในน้ำเดือดประมาณ 5 นาที ก่อนเก็บไว้ใช้ และต้มในน้ำเดือดอีกประมาณ 5 นาที ก่อนใช้ฉีดเชื้อครั้งต่อไป*

วิธีการใช้

1. ในระยะต้นกล้า นำชีวภัณฑ์ บีเอส-ดีโอเอ 19w6 ที่ขยายในนม อัตรา 100 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร และสารจับใบ (อัตราตามคำแนะนำข้างฉลาก) พ่นลงบนต้นกล้าที่เริ่มมีใบจริง (อายุประมาณ 10 วันหลังเพาะ) และพ่นซ้ำทุก 7 วัน จนกว่าจะย้ายปลูก

2. ระยะที่พริกติดดอกและเริ่มติดผลเขียว นำชีวภัณฑ์ บีเอส-ดีโอเอ 19w6 ที่ขยายในนม อัตรา 100 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร และสารจับใบ (อัตราตามคำแนะนำข้างฉลาก) พ่นทุก 7 วัน จนกว่าจะเก็บผลผลิตหมด

3. ควรพ่นตอนเย็น เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนจากแสงแดด และพ่นให้ทั่วทั้งต้นจนเปียก

3. ชีวภัณฑ์เห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี

เป็นชีวภัณฑ์ที่ผลิตได้ง่ายเหมือนก้อนเห็ดชนิดอื่นๆ (ภาพที่ 43) ใช้สำหรับควบคุมโรครากปมที่เกิดจากไส้เดือนฝอย *Meloidogyne incognita* ในพริก มะเขือเทศ มันฝรั่ง มันสำปะหลัง และพริกไทย เป็นต้น ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มีการนำมาใช้ควบคุมโรครากปมของพืชผัก พริก เมล่อน และฝรั่ง

ภาพที่ 43 (ก) หัวเชื้อเห็ดเรืองแสงสิรินรัศมีในเมล็ดข้าวฟ่าง (ข) ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี (รัติกาล ยุทธศิลป์)

สวพ.3

การผลิตขยายชีวภัณฑ์

วัสดุและอุปกรณ์

1. ก้อนเชื้อเพาะเห็ดที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ก้อนเชื้อเพาะเห็ดสูตรเพาะเห็ดนางฟ้า นางรม หรือขอนขาว)
2. หัวเชื้อเห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี (อายุเก็บรักษา 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส)
3. อุปกรณ์ป้องกันการปนเปื้อน ได้แก่ หน้ากากอนามัย ถุงมือแพทย์ และ แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

วิธีการผลิตขยาย

1. นำหัวเชื้อเห็ดเรืองแสงที่เจริญบนเมล็ดข้าวฟ่าง เขย่าให้เมล็ดหลุดออกจากกัน แล้วเทลงในก้อนเชื้อเห็ด ประมาณ 15-20 เมล็ดต่อก้อน (บริเวณที่ใส่เชื้อ ไม่ควรมีลมพัดผ่าน และพ่นฆ่าเชื้อพื้นบริเวณที่ทำงานด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์)
2. นำก้อนเชื้อเห็ดเก็บรักษาไว้ในห้องที่สะอาด ปลอดจากมด ไร และสัตว์อื่นๆ เป็นเวลา 45 วัน หรือจนกว่าเชื้อเห็ดเจริญเต็มก้อนจึงนำไปใช้ (เชื้อสามารถเก็บไว้ได้นาน 1 ปี ที่อุณหภูมิห้อง)

วิธีการใช้

1. นำก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสงสิรินรัศมีที่มีเส้นใยเจริญเต็มก้อน มาใส่ในถุงพลาสติกขนาด 10x15 นิ้ว แล้วขยี้ให้ก้อนเห็ดละเอียด มัดปากถุง หรือนำก้อนเห็ดมาขยี้ให้ละเอียดแล้วใส่ในถุงพลาสติกประมาณ 3 ส่วน 4 ของถุง มัดปากถุง บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1-3 วัน
2. การใช้ควบคุมโรครากปมของพริก และเมล่อน ให้รองก้นหลุม อัตรา 10 กรัมต่อต้น คลุกให้เข้ากับดิน แล้วย้ายปลูกต้นกล้า จากนั้นใส่รอบบริเวณโคนต้นอัตรา 10-20 กรัมต่อต้น ทุก 3-4 สัปดาห์ จนกว่าจะเก็บผลผลิต กรณีพบการระบาดรุนแรงในพริก ควรถากหน้าดินลึก 2 นิ้ว และโรยรอบทรงพุ่ม อัตรา 30 กรัมต่อต้น เดือนละครั้ง
3. การใช้ควบคุมโรครากปมของพืชผัก ใช้เห็ดเรืองแสงคลุกผสมในแปลงปลูก อัตรา 40 กรัมต่อพื้นที่ปลูก 1 ตารางเมตร หรือใช้รองก้นหลุม อัตรา 10 กรัมต่อต้น
4. การใช้ควบคุมโรครากปมของฝรั่ง ใช้รองก้นหลุม อัตรา 30 กรัมต่อต้น หากปลูกไปแล้วพบการระบาดของโรครากปม ให้ไถหน้าดิน แล้วโรยเห็ดเรืองแสงรอบทรงพุ่ม ในอัตรา 50-70 กรัมต่อต้น ร่วมกับการตัดแต่งกิ่งเพื่อให้ฝรั่งแตกยอดใหม่

ชีวภัณฑ์สำหรับควบคุมแมลงศัตรูพืช

1. ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี

เป็นชีวภัณฑ์ที่มีความเฉพาะเจาะจงในการทำลายหนอนผีเสื้อ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร สามารถผลิตชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวีทั้งหมด 3 สายพันธุ์ คือ **ดีโอเอ ไบโอ-วี1** ใช้ควบคุมหนอนกระทู้หอม **ดีโอเอ ไบโอ-วี2** ใช้ควบคุม หนอนเจาะสมอฝ้าย และ **ดีโอเอ ไบโอ-วี3** ใช้ควบคุม หนอนกระทู้ผัก (ภาพที่ 44) ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนได้มีการนำมาทดสอบใช้ทั้ง 3 สายพันธุ์ และพบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนผีเสื้อทั้งสามชนิดได้ดี

สวพ.3

ภาพที่ 44 ชีวภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี

วิธีการใช้

1. เลือกใช้ไวรัสให้ตรงกับชนิดของหนอน ได้แก่
   - ดีโอเอ ไบโอ-วี1 ใช้ควบคุม หนอนกระทู้หอม ใช้อัตรา 20-30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นทุก 7-10 วัน หากพบการระบาดรุนแรง พ่นอัตรา 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ทุก 3 วัน ติดต่อกัน 2 ครั้ง
   - ดีโอเอ ไบโอ-วี2 ใช้ควบคุม หนอนเจาะสมอฝ้าย ใช้อัตรา 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นทุก 5-7 วัน หากพบการระบาดรุนแรงพ่นอัตรา 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ทุก 3 วัน ติดต่อกัน 2 ครั้ง
   - ดีโอเอ ไบโอ-วี3 ใช้ควบคุม หนอนกระทู้ผัก ใช้อัตรา 40-50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นทุก 7-10 วัน หากพบการระบาดรุนแรง ใช้อัตรา 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ทุก 4 วัน ติดต่อกัน 2 ครั้ง
2. ควรผสมสารจับใบทุกครั้งในการฉีดพ่น เพื่อช่วยให้ไวรัสคงอยู่บนผิวพืชได้นาน
3. ควรพ่นในช่วงเวลาเย็น หลังบ่าย 3 โมงเย็น เนื่องจากไวรัสจะถูกทำลายได้ง่ายจากรังสีอุลตร้าไวโอเลต
4. พืชที่มีการรดน้ำบ่อยครั้ง หลังพ่นไวรัสควรงดการรดน้ำ 1 วัน
5. ในพืชผัก การพ่นด้วยเครื่องพ่นแรงดันน้ำสูงจะให้ผลดีกว่าการพ่นด้วยสูบโยกสะพายหลัง เพราะจะทำให้เชื้อเข้าสู่ใต้ใบพืชได้ดี
6. การพ่นไวรัสสลับกับสารกำจัดแมลง ควรพ่นไวรัสก่อน 3-4 วัน จากนั้นจึงพ่นสารเคมีตาม เพราะหลังจากที่หนอนได้รับเชื้อไวรัสจะอ่อนแอ กำจัดได้ง่ายเมื่อพ่นสารเคมีตามภายหลัง
7. สามารถใช้ไวรัสเอ็นพีวีผสมกับสารกำจัดแมลงและสารกำจัดโรคพืช ได้ทุกชนิดโดยผสมในถังและฉีดพ่นทันที

2. ชีวภัณฑ์บีที

เป็นชีวภัณฑ์ (ภาพที่ 45) ที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ตั้งแต่ปี 2561 โดยมีการผลิต 3 แห่ง ได้แก่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการ

สวพ.3

เกษตรนครพนม เป็นชีวภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนผีเสื้อที่เข้าทำลายพืชผัก และข้าวโพด เกือบทุกชนิด

ภาพที่ 45 ชีวภัณฑ์บีที (รัติกาล ยุทธศิลป์)

การผลิตขยายชีวภัณฑ์

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ หม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ตู้อบ (Hot air oven) ตู้เขี่ยเชื้อ เครื่องเขย่าสาร เครื่องดูดจ่ายสารละลาย (Micro pipette) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ชุดเตาแก๊ส และไมโครเวฟ
2. วัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ จานเลี้ยงเชื้อ (petri dish) ลูปเขี่ยเชื้อ เข็มเขี่ยเชื้อ ตะเกียงแอลกอฮอล์ หลอดทดลอง ปิเปต และทิปขนาด 1,000 ไมโครลิตร หลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร (micro centrifuge tube) กระบอกตวง ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร
3. สารเคมี ได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth ผงวุ้น
4. ขวดบรรจุอาหาร สำลี และยางรัด

<u>วิธีการผลิตขยาย</u>

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar และนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่จานเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้หน้าอาหารแห้ง
3. เลี้ยงเชื้อ *Bacillus thuringiensis* สายพันธุ์ kurstaki บนอาหาร Nutrient Agar จำนวน 50 จาน บ่มไว้นาน 2 วัน
4. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient broth แล้วบรรจุลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตรต่อขวด หรือ 300 มิลลิลิตรต่อขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยจุกสำลี และกระดาษ รัดด้วยยางรัด นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ 1-2 วัน
5. ตัดอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar ขนาด 1 เซนติเมตร ที่มีเชื้อเจริญอยู่ มาเลี้ยงในอาหาร Nutrient broth แล้วนำไปเลี้ยงขยายบนเครื่องเขย่า ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

สวพ.3

6. บรรจุชีวภัณฑ์ในขวดขนาด 500 มิลลิลิตร
7. ตรวจนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียในชีวภัณฑ์ด้วยวิธี Dilution plating technique

วิธีการใช้

1. ใช้ชีวภัณฑ์บีทีอัตรา 100 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร และผสมสารจับใบตามอัตราแนะนำ พ่นบนต้นพืชให้ทั่ว ในตอนเย็น หากพบการระบาดใช้อัตรา 150 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร
2. พืชผัก ระยะกล้า ตรวจสอบกลุ่มไข่ และการเข้าทำลายของหนอนผีเสื้อให้ทั่วทั้งแปลง หากพบการเข้าทำลายให้พ่นด้วยบีที ในตอนเย็น และพ่นซ้ำทุก 5 วัน จนกว่าจะย้ายปลูก หลังจากย้ายปลูก 7 วัน หรือพบการระบาดของหนอนผีเสื้อ ให้พ่นบีที ในตอนเย็น ทุก 5 วัน จนเก็บผลผลิต
3. ข้าวโพด ฉีดพ่นบีที หลังจากเมล็ดงอก และพ่นซ้ำทุก 7 วัน จนกว่าจะเก็บผลผลิต โดยเน้นฉีดพ่นบริเวณกรวยข้าวโพด
4. หอมแดง เมื่อสำรวจพบรอยทำลายและหนอนกระทู้หอม ฉีดพ่นบีทีอัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมสารจับใบตามคำแนะนำในฉลาก โดยพ่นในตอนเย็น ควรพ่นซ้ำทุก 5-7 วัน จนกว่าจะไม่พบการระบาด
5. หน่อไม้ฝรั่ง เมื่อสำรวจพบหนอนผีเสื้อ ฉีดพ่นบีที อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมสารจับใบตามคำแนะนำในฉลาก โดยพ่นในตอนเย็น ควรพ่นซ้ำทุก 5-7 วัน อย่างน้อย 3 ครั้ง หากไม่พบการระบาดสามารถหยุดพ่นได้ หากพบการระบาดรุนแรง ใช้บีทีอัตรา 150-250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และให้ผสมสารจับใบทุกครั้ง

3. ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

เป็นชีวภัณฑ์ที่นำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชที่พบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้วงหมัดผัก และหนอนผีเสื้อ มี 2 สายพันธุ์ คือ ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย *Steinernema* siamkayia Thai strain (KP code) (ภาพที่ 46ก) และ *S. carpocapsae* (ภาพที่ 46ข)

ภาพที่ 46 ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (ก) *Steinernema siamkayia* Thai strain รูปแบบเชื้อสด (ข) *S. carpocapsae* รูปแบบผง (รัติกาล ยุทธศิลป์)

3.1 ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทย เป็นชีวภัณฑ์รูปแบบเชื้อสด เกษตรกรสามารถผลิตขยายได้เอง โดยนำหัวเชื้อในรูปเจล ที่มีไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง 5 ล้านตัว อายุเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 1 เดือน มาผลิตขยายตามขั้นตอน ดังนี้

การผลิตขยายชีวภัณฑ์

วัสดุและอุปกรณ์

1. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดไฟฟ้า 1,500 วัตต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 42 เซนติเมตร สูง 42 เซนติเมตร พร้อมตะแกรงรองไม่ให้ภาชนะแช่น้ำ หม้อนึ่งเห็ดแบบลูกทุ่ง หรือ หม้อนึ่ง (ลังถึง หรือซึ้งนึ่ง)
2. ภาชนะผสมอาหารพร้อมฝาปิด ปริมาตร 1.6 ลิตร
3. ภาชนะคลุกอาหาร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร
4. ฟองน้ำขนาด 3/4 นิ้ว จำนวน 4 แผ่น นำมาตัดให้มีขนาด 1x1 เซนติเมตร รวมน้ำหนัก 40 กรัม
5. ถุงพลาสติก PP แบบหนา ขนาด 6x9 นิ้ว จำนวน 20 ถุง และเครื่องเย็บกระดาษ
6. หัวเชื้อไส้เดือนฝอย จำนวน 1 ถุง ต่อการผลิต 1 ครั้ง
7. กรรไกร
8. อาหารเพาะเลี้ยง ได้แก่ ไข่ไก่เบอร์ 0 หรือไข่เป็ด จำนวน 4 ฟอง น้ำมันหมู หรือน้ำมันพืช ปริมาตร 130 มิลลิลิตร น้ำสะอาด 260 มิลลิลิตร
9. อุปกรณ์ใส่หัวเชื้อ ได้แก่ กระบอกฉีดยาขนาด 25 มิลลิลิตร และเข็มเบอร์ 18
10. อุปกรณ์ทำความสะอาด ได้แก่ กระบอกฉีดแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ผ้าเช็ดทำความสะอาด

วิธีการผลิตขยาย

1. เตรียมอาหารเพาะเลี้ยงปริมาตร 650 มิลลิลิตร โดยนำไข่ไก่ 4-5 ฟอง น้ำมันหมู 130 มิลลิลิตร และน้ำสะอาด 260 มิลลิลิตร ผสมในภาชนะผสมอาหาร ปิดฝาให้สนิท และเขย่าให้อาหารรวมเป็นเนื้อเดียวกัน

2. คลุกอาหารและบรรจุในถุงเพาะเลี้ยง นำฟองน้ำที่ตัดเป็นทรงสี่เหลี่ยมขนาด 1x1 เซนติเมตร น้ำหนัก 40 กรัม ใส่ภาชนะ จากนั้นเทอาหารลงบนก้อนฟองน้ำ ใช้มือคลุกเคล้าผสมให้อาหารดูดซับในก้อนฟองน้ำให้ทั่วทุกก้อน นำก้อนฟองน้ำมาใส่ลงในถุง จำนวน 20 ใบ เฉลี่ยเท่าๆ กัน พับปากถุงลงมาประมาณ 0.5 เซนติเมตร 2 ครั้ง แล้วเย็บด้วยเครื่องเย็บกระดาษ จะได้ถุงบรรจุในลักษณะที่เป็นทรงสามเหลี่ยม แล้วตัดปลาย ถุง 1 ด้าน ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร

3. นึ่งฆ่าเชื้ออาหารเพาะเลี้ยง โดยเติมน้ำปริมาตร 5 ลิตร ลงในหม้อนึ่ง นำตะแกรงรองใส่ลงไปในหม้อ จากนั้นนำถุงบรรจุอาหารวางเรียงซ้อนกัน (ให้ปลายถุงด้านที่ถูกตัดอยู่ด้านบน) ปิดฝาหม้อ เสียบปลั๊กไฟ หมุนปุ่มปรับกำลังไฟที่ระดับ 5 และหมุนปุ่มตั้งเวลาอัตโนมัติที่ 60 นาที เมื่อครบเวลานึ่งให้พักภาชนะบรรจุอาหารไว้ในหม้อประมาณ 30 นาที แล้วจึงนำมาออกมา เขย่าถุงบรรจุอาหารเบาๆ ให้ก้ออาหารกระจายไม่ติดเป็นกลุ่ม นำไปตั้งวางไว้ให้เย็น

4. ใส่หัวเชื้อไส้เดือนฝอย โดยใช้แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ฉีดลงบนผ้าสะอาดนำไปเช็ดบริเวณพื้นที่ทำงาน และมือของผู้ปฏิบัติงาน และถุงบรรจุอาหาร จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาปริมาตร 20 มิลลิลิตร พร้อมเข็มเบอร์ 18 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว แทงผ่านถุงบรรจุหัวเชื้อและดูดไส้เดือนฝอยจากถุงทั้งหมดในครั้งเดียว แล้วนำไปฉีดผ่านรูที่อยู่ปลายถุงบรรจุอาหาร ประมาณ 1 มิลลิลิตรต่อถุง ทำการเขย่าถุงเบาๆ ให้หัวเชื้อไส้เดือนฝอยกระจายทั่วก้ออาหาร

5. บ่มเชื้อโดยนำถุงไปวางตั้งในมุ้งกันแมลง โดยให้ปลายถุงที่ตัดอยู่ด้านบน บ่มในห้องที่มีอากาศถ่ายเท อุณหภูมิประมาณ 27-33 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน จะสังเกตเห็นไส้เดือนฝอยเคลื่อนที่เกาะรอบภาชนะเพาะเลี้ยงเป็นเส้นตาข่ายสีขาวหรือรวมกลุ่มกันเป็นกระจุก

สวพ.3

วิธีการใช้

ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยที่บ่มในภาชนะเป็นเวลา 7 วัน จะเริ่มใช้ได้ตั้งแต่วันที่ 8 จนถึง 14 วัน วิธีการแยกไส้เดือนฝอยออกจากก้อนอาหาร ให้ปฏิบัติดังนี้

1. เทก้อนอาหารลงในภาชนะ (กะละมังหรือถังพลาสติก) ใช้น้ำล้างไส้เดือนฝอยที่ติดอยู่รอบๆ ภาชนะเพาะเลี้ยงออกให้หมด

2. เติมน้ำให้ท่วมก้อนอาหาร พร้อมหยดน้ำยาล้างจานลงไปเล็กน้อย ประมาณ 2-3 หยด เพื่อช่วยลดคราบไขมัน จากนั้นใช้มือกวนและขยำก้อนอาหารให้ไส้เดือนฝอยหลุดออกมาอยู่ในน้ำ และบีบก้อนฟองน้ำแยกทิ้งไป

3. เทน้ำที่ได้ทั้งหมดผ่านตะแกรงหยาบหรือกระชอนเพื่อกรองแยกก้อนฟองน้ำที่เหลืออยู่ทิ้ง น้ำที่ผ่านตะแกรงลงสู่ภาชนะรองรับ จะมีไส้เดือนฝอยจำนวนมาก นำไปใส่ถังพ่นสารชนิดสะพายหลัง (ควรใช้ถังพ่นเฉพาะชีวภัณฑ์ ไม่ใช้ปะปนกับถังพ่นสารเคมี) เติมน้ำให้ครบ 20 ลิตร แล้วนำไปพ่นบนต้นพืช

4. ควรพ่นไส้เดือนฝอยในช่วงเย็นหรือเช้า เพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดดที่ทำให้ไส้เดือนฝอยตายหรือลดประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง

5. ควรพ่นให้ไส้เดือนฝอยถูกตัวแมลงมากที่สุด เพื่อให้ไส้เดือนฝอยเข้าสู่ตัวแมลงได้เร็วขึ้น

6. ควรกวนหรือเขย่าถังพ่นสารบ่อยๆ หรือทุก 10 นาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนของไส้เดือนฝอยลงสู่ก้นถัง

สวพ.3

ตารางที่ 7 อัตราการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงควบคุมแมลงศัตรูผัก

ชนิดศัตรูพืช	อัตราการใช้	ข้อแนะนำ
หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม หนอนใยผัก หนอนคืบ หนอนเจาะสมอฝ้าย	ไส้เดือนฝอย 2 ถุงเพาะเลี้ยง (ไส้เดือนฝอย 30 ล้านตัว) เติมน้ำครบ 10 ลิตร ใช้พ่นกำจัดแมลงครอบคลุมพื้นที่ 1 ร่องผัก ขนาดแปลง กว้าง 1-1.5 เมตร ยาว 8-10 เมตร	เริ่มพ่นเมื่อพบตัวหนอน 1 ตัวต่อ 2 ต้น ด้วยถังพ่นสารแบบสะพายหลัง ให้ถูกตัวหนอนให้มากที่สุด
ด้วงหมัดผัก ระยะหนอน และตัวเต็มวัย	- ไส้เดือนฝอย 4 ถุงเพาะเลี้ยง (ไส้เดือนฝอย 60 ล้านตัว) เติมน้ำครบ 10 ลิตร ใช้พ่นกำจัดแมลงครอบคลุมพื้นที่ 1 ร่องผัก ขนาดแปลง กว้าง 1-1.5 เมตร ยาว 8-10 เมตร - ผักกาดหัว ใช้ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยกำจัดแมลงแบบเจลใส (Thai EPN) ฉีดพ่นทุกๆ 5-7 วัน อัตราการใช้ 2 ถุงเจล ต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (ไส้เดือนฝอย 120 ล้านตัว) ใส่ถังพ่นแบบสะพายหลัง เติมน้ำให้ครบ 20 ลิตร (1 ไร่ ใช้ 8 ถุงเจล ฉีดพ่น 4-5 ครั้ง) **ครั้งที่ 1** ฉีดพ่นไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงหลังปลูก (หลังจากหยอดเมล็ดแล้วฉีดพ่นไส้เดือนฝอยในตอนเย็น) สำรวจแปลงทุกๆ 5 วัน **ครั้งที่ 2** เมื่อผักกาดหัวอายุ 15 วัน **ครั้งที่ 3** เมื่ออายุ 20 วัน **ครั้งที่ 4** เมื่ออายุ 25 วัน **ครั้งที่ 5** เมื่ออายุ 30 วัน	เริ่มพ่นในดินก่อนปลูก เพื่อกำจัดตัวอ่อน และพ่นเมื่อสำรวจพบตัวเต็มวัย 1 ตัวต่อ 2 ต้น ด้วยถังพ่นสารแบบสะพายหลัง ให้ถูกตัวหนอนให้มากที่สุด

3.2 ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *S. carpocapsae* เป็นชีวภัณฑ์รูปแบบผง อัตรา 50 ล้านตัวต่อกระป๋อง ราคากระป๋องละ 150 บาท สามารถเก็บได้นาน 6 เดือนในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส

วิธีการใช้

1. การควบคุมด้วงหมัดผักในคะน้า ใช้ไส้เดือนฝอยผง 1 กระป๋อง ผสมน้ำ 20 ลิตร กวนให้เข้ากัน รดหรือพ่นลงดิน ตอนเย็นหลังรดน้ำผัก ให้ได้พื้นที่ 1 งาน (400 ตารางเมตร) ระยะกล้า หลังจากเพาะเมล็ดหรือหว่านเมล็ด รดน้ำให้ทั่วทั้งแปลงเพาะกล้า แล้วพ่นไส้เดือนฝอยผงให้ทั่วทั้งแปลง และพ่นซ้ำ ทุก 7 วัน

สวพ.3

จนกว่าจะย้ายปลูก ควรพ่นไส้เดือนฝอยในตอนเย็น หลังจากรดน้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนจากแสงแดด หลังจากเตรียมแปลงปลูก รดน้ำ หรือย้ายต้นกล้าแล้ว จึงพ่นไส้เดือนฝอย 1 ครั้ง และพ่นเมื่อต้นพืชอายุ 10 20 และ 30 วัน โดยพ่นตอนเย็นหลังจากรดน้ำแล้ว

2. การควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว ใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ไทยแบบเจลใส (Thai EPN) อัตรา 2 ถุงเจล ต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (ไส้เดือนฝอย 120 ล้านตัว) เติมน้ำให้ครบ 20 ลิตร ใส่ถังพ่นแบบสะพายหลัง (1 ไร่ ใช้ 8 ถุงเจล) ฉีดพ่นจำนวน 5 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 ฉีดพ่นไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงหลังปลูก (หลังจากหยอดเมล็ดแล้วฉีดพ่นไส้เดือนฝอยในตอนเย็น) สำรวจแปลงทุกๆ 5 วัน ฉีดพ่นครั้งที่ 2 เมื่อผักกาดหัวอายุ 15 วัน ครั้งที่ 3 เมื่ออายุ 20 วัน ครั้งที่ 4 เมื่ออายุ 25 วัน และครั้งที่ 5 เมื่ออายุ 30 วัน

สวพ.3

เอกสารอ้างอิง

กมลชนก เปี่ยมรวี และธนพร นามหงสา. 2553. การพัฒนาสารเคลือบวาวแสงสำหรับเมล็ดพันธุ์แตงกวา. การศึกษาอิสระ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กรมวิชาการเกษตร. 2558กรัม การใช้ไวรัสเอ็นพีวีควบคุมแมลงศัตรูพืช. เอกสารแผ่นพับ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร. 2558ข. ไส้เดือนฝอยควบคุมแมลง. เอกสารแผ่นพับ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร. 2559. บีที สารชีวินทรีย์กำจัดแมลงศัตรูพืช. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/plprotect/wp-content/uploads/Publieissue/3.BT_.pdf. สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2559.

กรมวิชาการเกษตร . 2561. การใช้ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงศัตรูพืช. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/ hort/wp-content/uploads/2019/01/การใช้ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง-ศัตรูพืช.pdf. สืบค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2562.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online ประจำปี 2561/2562. แหล่งข้อมูล: http://production.doae.go.th. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2563.

กฤติกา จันทรางศุ. 2549. การจำแนกความแตกต่างทาง phenotype และ genotype ของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 2561. การใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชเพื่อการผลิตพืชปลอดภัยและอินทรีย์. เอกสารประกอบการอบรม กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 97 หน้า

กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3. 2559. แผนงาน/งบประมาณประจำปี 2559 โครงการพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรสู่มาตรฐาน และกิจกรรมที่ 3.1 จดทะเบียนตรวจสอบรับรองแหล่งผลิตพืช GAP. เอกสารประกอบการประชุม ชี้แจงแนวทางการดำเนินงานตามระบบคุณภาพ GAP พืชและพืชอินทรีย์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3. 2564. ผลการตรวจรับรองแหล่งผลิตพืช : ฐานข้อมูลการรับรองแหล่งผลิตพืช. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กลุ่มพยากรณ์และเตือนการระบาดศัตรูพืช กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. รายงานสถานการณ์ศัตรูพืชไร่. แหล่งข้อมูล: http://www.ppsf.doae.go.th/wordpress/wp-content/uploads/ 2021/08/SUMCrop_pest-2564_08_25.pdf . สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2564.

ครองใจ โสมรักษ์ และ อังคณา เทียนกล่ำ. 2559. ประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดในการควบคุมโรคราสนิมขาวของผักบุ้งที่เกิดจากเชื้อรา *Albugo ipomoeae-aquaticae*. วารสารเกษตรพระวรุณ 13(1). 26-33.

จริยา จันทร์ไพแสง ยุพา มงคลสุข และสุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์. 2549. การพัฒนา *Bacillus thuringiensis* สายพันธุ์ไทยเพื่อใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. แหล่งข้อมูล: www.rdi.ku.ac.th/kasetfair49/Technology/t_19/t_19.htm. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2560.

จันทิมา จันทนพิมพ์ ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ และวีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์. 2558. ผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อการเจริญและประสิทธิภาพของเชื้อราขาว *Beauveria bassiana* (Balsamo) *Vuillemin* ในการควบคุมเพลี้ยแป้งสีชมพูมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 43(3): 469-479.

จารุพงศ์ ประสพสุข ปริยานุช สายสุพรรณ์ วัชราพร ศรีสว่างวงศ์ และศักดิ์สิทธิ์ จรรยากรณ์. 2563. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้เพื่อการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ปี 2557-2563. กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3. กรมวิชาการเกษตร. 8 หน้า

จิระเดช แจ่มสว่าง. (2547). การควบคุมโรคผักโดยชีววิธี. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การควบคุม ศัตรูพืชโดยชีววิธีในการปลูกผักระบบไม่ใช้ดิน และภายในโรงเรือน จัดโดย สำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย (สกว.) (ชุดโครงการ-การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน) และคณะเทคโนโลยี การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ. อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

ชลิดา เล็กสมบูรณ์ และนัฐพร จำปี. 2550. ผลของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* ต่อการเจริญเติบโตของอ้อย. 296-302. *ใน*: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 8. 20-22 พฤศจิกายน 2550 ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน พิษณุโลกรัม

ชุลีกร ลีโนลาน. 2563. การศึกษาการตรวจรับรองแหล่งผลิต GAP พืช ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ปี 2556-2560. เอกสารประกอบการประเมินผลงาน. กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 3. 75 หน้า.

ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ ทิพวรรณ กันหาญาติ และรุ่งนภา ทองเครั่ง. 2557. การพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงที่เกิดเชื้อ *Ralstonia solanacearum*. วารสารวิชาการเกษตร 32(3): 234-251.

ณัฐกฤต พิทักษ์ เกรียงไกร จำเริญมา และอรนุช กองกาญจนะ. 2544. ชีววิทยาของหนอนเจาะลำต้นกล้วย *Odioporus longgicollis* Oliver และการป้องกันกำจัดโดยใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* Weiser. วารสารกีฏและสัตววิทยา. 23(2): 93-98.

ไทยกรีนอะโกร. 2564. ชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช “คัทอ๊อฟ. แหล่งข้อมูล: https://www.thaigreenagro.com. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2564.

นฤทัย วรสถิตย์ รัติกาล ยุทธศิลป์ นิยม ไข่มุกข์ ศศิธร ประพรม กุศล ถมมา และวิมลรัตน์ ดำขำ. การใช้บีเอส-ดีโอเอ 19w6 ควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกรัม เอกสารแผ่นพับ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น

นันทนัช พินศรี ธัญญะ เตชะศีลพิทักษ์ และจริยา จันทร์ไพแสง. 2555. การใช้แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* Berliner สายพันธุ์ไทย JC590 เพื่อควบคุมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricus) ในสภาพเรือนปลูกทดลองและสภาพแปลงปลูกรัม วิทยาศาสตร์เกษตร 43(พิเศษ2): 137-140.

สวพ.3

นิตยา สุขทวี. 2549. การโคลนยีนไคติเนสจากเชื้อ *Bacillus* spp. ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2557. การเพาะขยายไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยเพื่อใช้กำจัดแมลงศัตรูผัก แบบทำใช้เอง. เอกสารประกอบการฝึกอบรม สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร. 28 หน้า

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2558. การผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงศัตรูพืชแบบทำใช้เอง. เอกสารประกอบการฝึกอบรม สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร. 32 หน้า

บริษัทแอพพลายเค็ม (ประเทศไทย) จำกัด. 2564. BUVERIN บูเวริน ชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช จำพวกปากดูด โดยเชื้อรา บูเวเรีย บัสเซียน่า (*Beauveria bassiana*). แหล่งข้อมูล: http://www.appliedchemthai.com. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2564.

บุษราคม อุดมศักดิ์ ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล สุรีย์พร บัวอาจ บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ และรสสุคนธ์ รุ่งแจ้ง. 2560. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์จากแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ 20W1 ในการควบคุมโรคใบจุดคะน้าสาเหตุจากเชื้อรา *Alternaria brassicicola*. วารสารวิชาการเกษตร 35(1): 2-13.

บุษราคัม อุดมศักดิ์ ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล วิไลวรรณ พรหมคา สุรีย์พร บัวอาจ บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ รุ่งนภา ทองเครั่ง นพวรรณ นิลสุวรรณ ฐปนีย์ ทองบุญ กิรนันท์ เหมาะประมาณ ไพบูรณ์ เปรียบยิ่ง วราภรณ์ อุดมดี และรสสุคนธ์ รุ่งแจ้ง. 2561. ชีวภัณฑ์บีเอสควบคุมโรคกุ้งแห้งพริกสู่การใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มผลผลิตพริกรัม ผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2561 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 42-56.

บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล ทิพวรรณ กันหาญาติ และรุ่งนภา ทองเครั่ง. 2557. การควบคุมโรคเหี่ยวเขียวของมันฝรั่งในระดับเกษตรกร. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 445-554.

บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล ทิพวรรณ กันหาญาติ และรุ่งนภา ทองเครั่ง. 2557. การควบคุมโรคเหี่ยวเขียวของพริกโดยแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2557 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 547-554.

พันศักดิ์ จิตสว่าง วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และดุสิต อธินุวัฒน์. 2558.เทคโนโลยีการจัดการโรคพืชในระบบการผลิตข้าวอินทรีย์. Thai Journal of Science and Technology.4 (3): 272-285.

เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพลิตร 2545. *Streptomyces* อีกมิติหนึ่งของการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. วารสารแก่นเกษตร 30: 20-27.

เพชรหทัย ปฏิรูปานุสร ธวัช ปฏิรูปานุสร และภมร ปัตตาวะตัง. 2546. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* และ *Beauveria bassiana* ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และแมลงสิง. เอกสารเผยแพร่ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 กรมวิชาการเกษตร.

มนตรี เอี่ยมวิมังสา ไตรเดช ข่ายทอง อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และเสงี่ยม แจ่มจำรูญ. 2551. การใช้เชื้อราปฏิปักษ์ *Paecilomyces lilacinus* ควบคุมไส้เดือนฝอยศัตรูมันฝรั่ง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551 เล่มที่ 3 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

มยุรฉัตร ทัดเทียม. 2554. การผลิตมวลชีวภาพของเชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* var. *catenula* และประสทธิภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มหิดล แน่นแผน. 2541. อิทธิพลของเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus ostreatus*) ต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) ของมะเขือเทศ. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุวดี ชูประภาวรรณ และ สุภาวดี แก้วระหัน. 2557. การประเมินชีวภัณฑ์เชื้อรา *Pochonia chlamydosporia* YT008 ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม. แก่นเกษตร 42 (ฉบับพิเศษ 3): 661-667.

ยุวดี ชูประภาวรรณ. 2550. เชื้อราในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างและศักยภาพในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม.วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รัติกาล ยุทธศิลป์. 2558. การควบคุมโรคแอนแทรคโนสและรากปมของพริกโดย *Streptomyces* sp. ปฏิปักษ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาโรคพืชวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ลาวัลย์ กลัดสุวรรณ มะลิดา ชูรินทร์ นวลวรรณ ทองเสน และสุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2558.ปุ๋ยคอกผสม *Pseudomonas fluorescens* SP007s แบบอัดเม็ดในสูตรใหม่ชักนำให้ถั่วเหลือง ต้านทานโรคใบจุดนูนได้อย่างมีประสิทธิภาพ. หน้า 113-121. *ใน*: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 53 (สาขาพืช) ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

วงษ์ บุญสืบสกุล ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล ปิยรัตน์ ธรรมกิจวัฒน์ และรุ่งนภา คงสุวรรณ์. 2548. การควบคุมเชื้อ *Ralstonia solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวของมันฝรั่ง โดยเชื้อ *Bacillus subtilis*. 1452-1459 *ใน*: เอกสารการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 8. 20-22 พฤศจิกายน 2550 ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน พิษณุโลกรัม

วัชรี สมสุข พิมลพร นันทะ และ เอนก บุตรรักษ์. 2537. การควบคุมหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* ในดาวเรืองด้วยไส้เดือนฝอย ผลงานแผ่นภาพ. หน้า 55-62. *ใน*: เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ แมลงและสัตว์ศัตรูพืช ครั้งที่ 9 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

วัชรี สมสุข วินัย รัชตปกรณ์ชัย และ พิมลพร นันทะ. 2534กรัม การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinnernema carpocapsae* (Weiser) ควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว. วารสารกีฏและสัตววิทยา. 13: 183–188.

วัชรี สมสุข สุธน สุวรรณบุตร และ พิมลพร นันทะ. 2534ข. ศึกษาการใช้ไส้เดือนฝอย *Steinnernema carpocapsae* (Weiser) ในการควบคุมด้วงงวงมันเทศในสภาพธรรมชาติ. หน้า 183-188. *ใน:* รายงานผลวิจัยประจำปี 2534 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

วัชรี สมสุข อัจฉรา ตันติโชดก และ อุทัย เกตุนุติ. 2529. ไส้เดือนฝอยควบคุมหนอนกินใต้ผิวเปลือกไม้ สกุลลางสาด. วารกีฏและสัตววิทยา. 8(3): 115-119.

วิกิพีเดีย. 2559กรัม นิวคลีโอโพลิฮีโดรไวรัส. แหล่งข้อมูล : https://th.wikipedia.org/wiki/นิวคลีโอโพลิฮีโดรไวรัส. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2559.

วิกิพีเดีย. 2559ข. บาซิลลัสทูริงเยนซิส. แหล่งข้อมูล: https://th.wikipedia.org/wiki/บาซิลลัสทูริงเยนซิส. สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2559.

วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก ประสิทธิ์ ผาผ่อง และ มนัส ทิตย์วรรณ. 2557. ผลของเชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและควบคุมโรคของแคนตาลูปในแปลงปลูกรัม วารสารแก่นเกษตร 42 (ฉบับพิเศษ 3). 680-685.

สวพ.3

วิไลวรรณ เวชยันต์ สาทิพย์ มาลี อิศเรส เทียนทัด และ สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี. 2556. ศึกษาหาระยะเวลาหรือความถี่ในการพ่นจุลินทรีย์. หน้า 486-490. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

วิไลวรรณ เวชยันต์. 2554. ไส้เดือนฝอยควบคุมแมลง. เอกสารแผ่นพับ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรันต์ และระวีวรรณ ศรีละเอียด. 2529. การศึกษาเชื้อ *Trichoderma* spp. เพื่อใช้ป้องกันโรคโคนเน่าของผักและถั่วลิสงโดยชีววิธี. แก่นเกษตร 13: 278-282.

วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ จิรยุทธ์ คำขจร และนิวัฒ เสนาะเมือง. 2547. การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วน internal transcribes spacer region (ITS) จาก rRNA gene ของเห็ดเรืองแสง. การสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติประจำปี 2547. 26-27 มกราคม 2547. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ ศิวิลัย สิริมังคารัตน์ และ นิภา แถนสีแสง. 2557. ผลของอาหารเลี้ยงเชื้อและเมล็ดธัญพืชต่างชนิดต่อการเจริญเติบโตและการผลิตสปอร์ของเชื้อราขาว *beauveria bassiana* วารสารวิจัย มข. 19 (6) 860-874.

วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์. 2560. ราปฏิปักษ์สำหรับควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. สาขาโรคพืชวิทยา ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์. 2544. การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. โรคพืช มข. ปริทรรศน์. ภาควิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศตรรฆ ใจซื่อ พงศธร ปรโลกานนท์ วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และดุสิต อธินุวัฒน์. 2559. *Pseudomonas fluorescens* ผลิตสารพอลิแซคคาไรด์ ส่งเสริมการเจริญเติบโตมันส าปะหลังและควบคุมโรครากและหัวเน่า.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลย 24(4): 561-572.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2561. การใช้สารชีวภัณฑ์เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช. แหล่งข้อมูล: https://www2.mtec.or.th/nacclient/boothinfo.php?id=bw.c2. สืบค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2561.

สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร . 2561. NPV ไวรัสกำจัดหนอนร้าย. แหล่งข้อมูล: https://www.nstda. or.th/agritec/78-featured-article/325-npv. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2561.

สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี ภัทรพร สรรพนุเคราะห์ อิศเรส เทียนทัด และ รัตนา นชะพงษ์. 2555ข. การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ไวรัสเอ็นพีวี สำเร็จรูปเพื่อกำจัดหนอนกระทู้หอม. หน้า 752-755. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สมชัย สุวงศักดิ์ศรี อิศเรส เทียนทัด และ ภัทรพร สรรพนุเคราะห์. 2555กรัม ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ที่ผลิตด้วยวิธีต่างๆ. หน้า 765-771. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สัมฤทธิ์ เกียววงษ์. 2559. ทำความรู้จักกับไวรัสเอ็นพีวี ชีวภัณฑ์ทางเลือกควบคุมแมลงศัตรูพืช. แหล่งข้อมูล : http://www.kehakaset.com/newsactivities_details. php?view_item =246. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2559.

สาคร ศรีมุข. 2563. บทความทางวิชาการ. การส่งออกผลไม้ของประเทศไทยในช่วงการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) (Thailand's Fruit Exports during the Coronavirus 2019

Outbreak). สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา. แหล่งข้อมูล: https://www.senate.go.th/document/Ext23819/23819909_0005.PDF. สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2563.

สาทิพย์ มาลี และวิไลวรรณ เวชยันต์. 2556. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอย *Steinnernema carpocapsae* สูตรผงในการควบคุมแมลงศัตรูพืช. หน้า 732-739. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สาทิพย์ มาลี. 2555. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* สูตรผงในการควบคุมแมลงศัตรูพืช. หน้า 833-841. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2561. ว้าววิทย์ช่วยเศรษฐกิจชาติ ตอนโรงงานต้นแบบผลิตไวรัส NPV เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช. แหล่งข้อมูล: http://nstdachannel.tv/20170328-wowwit/. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2561.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตรA3/TH-TH. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2563.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการส่งออก (Export). แหล่งข้อมูล: http://impexp.oae.go.th/ service/export.php?S_YEAR=2562&E_YEAR=2564&PRODUCT_GROUP=5259. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2563.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562. สถิติประชากรศาสตร์ ประชากรและเคหะ. แหล่งข้อมูล: http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/01.aspx. สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2563.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 2561. คู่มือการผลิตขยายชีวภัณฑ์อย่างง่าย. กรุงเทพฯ. 48 หน้า

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2561. คู่มือการสำรวจและเฝ้าระวังโรคใบด่างของมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร. 16 หน้า

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2562. หนอนผีเสื้อชอนใบมะเขือเทศ. เอกสารแผ่นพับ กรมวิชาการเกษตร.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2562. การป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด. เอกสารแผ่นพับ กรมวิชาการเกษตร.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2563. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืชอย่างปลอดภัย จากงานวิจัย 2563. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร. 230 หน้า

สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช .2563. ชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืช. บริษัทนิวธรรมดาการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 235 หน้า

สุชลวัจน์ ว่องไวลิขิต และ วัชรี สมสุข. 2552. การตรวจวิเคราะห์ชนิดไวรัส Nucleopolyhedrovirus ด้วย PCR-Base Typing. วารสารวิชาการเกษตร. 27(3): 234-243.

สุชลวัจน์ ว่องไวลิขิต สาทิพย์ มาลี และ เสาวนิตย์ โพนพูนศักดิ์. 2555. พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไวรัส NPV จากเซลล์เพาะเลี้ยง. หน้า 721-728. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สุชลวัจน์ ว่องไวลิขิต. 2545. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์แมลงศัตรูพืช. เอกสารประกอบการบรรยายเชิงปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สุมิตรา น้อยเอี่ยม . 2540. การควบคมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ แบบผสมผสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการศัตรูพืช) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุมิสา อรุณโน. 2555. การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการกระตุ้นความต้านทานโรคต้นแตกยางไหลและควบคุมโรคเหี่ยว Sclerotium ของแตงเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรีย์พร บัวอาจ นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ และวิลาวัณย์ ใคร่ครวญ. 2554. ประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเห็ดเรืองแสง *Neonothopanus nambi* ต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) ในพริกรัม 154-163. *ใน*:รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สุรีย์พร บัวอาจ บุษราคัม อุดมศักดิ์ ไตรเดช ข่ายทอง สิทธิศักดิ์ แสไพศาล และวราภรณ์ อุดมด์. 2560. การใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสง *Neonothopanus nambi* ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* Chitwood ในมันฝรั่ง. 1100-1121. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560 สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สุรีย์พร บัวอาจ บุษราคัม อุดมศักดิ์ ไตรเดช ข่ายทอง รุ่งนภา คงสุวรรณ์ และพเยาว์ พรหมพันธุ์ใจ. 2560. การใช้ก้อนเชื้อเห็ดเรืองแสง *Neonothopanus nambi* ควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* Chitwood ในพริกรัม 1098-1109. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560 สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สุรีย์พร บัวอาจ. 2550. ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนไรโบโซมอลดีเอ็นเอ และผลของสารออกฤทธิ์จากเห็ดเรืองแสงต่อไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita* Chitwood). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคพืชวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวิตา แสไพศาลิตร 2549. เอนไซม์ย่อยสลาย ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำดับนิวคลีโอไทด์ ในส่วน ITS1-5.8S-ITS2 ของ rDNA และการโคลนยีนไคติเนสของเชื้อรา *Trichoderma* spp. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคพืชวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ อิศเรส เทียนทัด และวิไลวรรณ เวชยันต์. 2556กรัม การคัดเลือกและทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราบิวเวอเรีย (white muscardine fungus); *Beauveria bassiana* (Balsamo) เพื่อใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืช. หน้า 683-692. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ อิศเรส เทียนทัด และวิไลวรรณ เวชยันต์. 2556ข. การทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin เพื่อป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก; *Phyllotreta sinoata* (Stcphens). หน้า 693-703. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ อิศเรส เทียนทัด วิไลวรรณ เวชยันต์ เมธาสิทธิ์ คนการ. 2558. การศึกษาการเลี้ยงเพิ่มปริมาณเชื้อราบิวเวอเรีย; *Beauveria bassiana* (Balsamo) สายพันธุ์ชุมพร. หน้า 647-658. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2558 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สวพ.3

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ อิศเรส เทียนทัด วิไลวรรณ เวชยันต์ และยุทธนา แสงโชติ. 2554. ศึกษาอัตรการใช้เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin ในการควบคุมด้วงแรดมะพร้าว. หน้า 2104-2113. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554 เล่ม 4. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 1/2555 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ อิศเรส เมธาสิทธิ์ คนการ อนุสรณ์ พงษ์มี สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี ประภาพร ฉันทานุมัติ ดารากร เผ่าชู อุดมพร เสือมาก ปละภัสชญภณ หมื่นแจ้ง. 2560. การผลิตและการประยุกต์ใช้ชีวภัณฑ์ราเขียวเมตาไรเซียมในการกำจัดด้วงแรด (*Oryctes rhinoceros* L.). หน้า 2174-2190. *ใน:* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

แสงแข น้าวานิช วิบูลย์ จงรัตนเมธีกุล โสภณ อุไรชื่น วราภรณ์ บุญเกิด กัลยาณี สุวิทวัส และสมชาย ธนสินชยกุลิตร 2557. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Beauveria bassiana* และ *Metarhizium anisopliae* ที่มีต่อด้วงเจาะลำต้นกล้วยในสภาพห้องปฏิบัติการ. แก่นเกษตร. 42(ฉบับพิเศษ 3): 707-711.

อนุสรณ์ พงษ์มี นันทนัช พินศรี และอิสเรส เทียนทัด. 2562. การใช้ไวรัส SlNPV ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก (Spodoptera litura (Fabricius)) ในเผือกรัม หน้า 522–531. *ใน*: ผลงานวิจัยประจำปี 2562(เล่ม1) สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชการเกษตร.

อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว. 2541. ประสทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการป้องกันโรครากเน่าของส้มเขียวหวานที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (Dastur).วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิศเรส เทียนทัด อนุสรณ์ พงษ์มี และนันทนัช พินศร. 2560. การใช้ไวรัส NPV ในการควบคุมหนอนกระทู้ผักในหอมหัวใหญ่. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. แหล่งข้อมูล: https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2638 สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2564.

อิศเรส เทียนทัด อนุสรณ์ พงษ์มี และนันทนัช พินศรี. 2560. การใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ในการควบคุมหนอนห่อใบข้าว *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee. หน้า 2072-2078. *ใน:* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

อิศเรส เทียนทัด อัจฉรา ตันติโชดก สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี. 2553. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย Bacillus thuringiensis ที่ผลิต ด้วยวิธีการมาตรฐาน และวิธีการผลิตแบบพื้นบ้าน. หน้า 801-809. *ใน:* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

อุทัย เกตุนุติ. 2544. การควบคุมแมลงศัตรูพืชด้วยไวรัส NPV. หน้า 141-177. *ใน*: การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี เพื่อการเกษตรยั่งยืน. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ.

โอชา ประจวบเหมาะ ชำนาญ พิทักษ์ และรจนา สุรการ. 2535. การป้องกันกำจัดหนอนกออ้อยโดยวิธีเขตกรรม. วารสารกรมวิชาการเกษตร ปีที่ 10 (3): 155-160.

Ajrami, H.H.M.AL., A.Y.EL. Kichaoui, and K.J. ELnabris. 2016. Evaluation the effect of *Paeccilomyces lilacinus* as a biocontrol agent of *Meloidogyne javanica* on tomato in Gaza Strip. Master of Biological Sciences Microbiology, Faculty of science, The Islamic University Gaza Research and Postgrauate Affairs.

สวพ.3

Aldesuquy, H.S., F.A. Mansour and S.A. Abo-Hamed. 1998. Effect of the culture filtrates of *Streptomyces* on growth and productivity of wheat plants. Folia Microbiologica 43: 465-470.

Alizadeh, A., M.A. Samih, M. Khezi and R.S. Riseh. 2007. Compatibility of *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill with several pesticides. International journal of agriculture and biology. 9: 31-34.

Araujo, F.F., A.A. Henning, and M. Hungria. 2005. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus* subtilis and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. World Journal of Microbiology & Biotechnology 21: 1639-1645.

Aronson, I. and Y. Shai. 2001. Why *Bacillus thuringiensis* insecticidal toxins are so effective: unique features of their mode of action. FEMS Microbiol. Lett. 195(1): 1-8.

Atibalentja, N., G.R. Noel, and L. L. Domier. 2000. Phylogenetic position of the North American isolates of *Pasteuria* that parasitizes the soybean cyst nematodes, *Heterodera glycines*, as inferred from 16S rDNA sequence analysis. *International Journal of* Systematic and Evolutionary Microbiology 50: 605–613.

Baker, K.F. and R.J. Cook. 1974. Biological Control of Soil-Borne Pathogens. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 433 p.

Barron, G. 1997. Nematophagous fungi: Fungal ecology and plant pathology group. Available at: http://www.ua.es/dpto/dcarn /fitopatologia/Nematoph.htm. Accessed: November 25, 2012.

Barron, G. 2003. Predatory fungi, wood decay and the carbon cycle. Biodiversity 4: 3–9.

Barron, G. 2008. War of the fungi in the microworlds. Available at: http://www.uoguelph. ca/~gbarron/2008/pleurotu.htm. Accessed: November 21, 2012.

Barron, G. 2013. Bassiana-Sympodial development on rachis. Available at: http://atrium. lib.uoguelph.ca/tmlui/hangle/10214/6018. Accessed: August 16, 2021.

Barron, G., and R.G. *Thorn. 1986*. Destruction of nematodes by species of *Pleurotus*. Canadian Journal of Botany 65: 774–778.

Beauséjour, J., S. Agbessi, and C. Beaulieu. 2001. Geldanamycin producing strains as biocontrol agents against common scab of potato. Can. J. Plant Pathol. 23 : 194.

Berdy, JC. 1995. Bioactive microbial metabolites. Journal of Antibiotic 58:1-28

Berg, B. 2009. Plant microbe interactions promoting plant growth and health: Perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. Appl. Microbial. Biotechnol. 84(1): 11-18.

Bischof, L. J., D.L. Huffman and R. V. Aroian. 2006. Assays for toxicity studies in *C. elegans* with Bt crystal proteins. Methods Mol. Biol. 351: 139–154.

Bravo, A., S.S. Gill and M. Soberón. 2007. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. Toxicon. 49: 423–435.

ตัวอย่าง

Bua–art, S., B. Udomsak, N. Tangchitsomkid, W. Saksirirak, S. Kanokmedhakul, and R. Lekprom. 2012. Characterization and effect of bioactive compounds from luminescent mushroom, *Neonothopanus nambi* Speg. on root–knot nematode (*Meloidogyne incognita* Chitwood) of vegetables. Biocontrol of Plant Pathogens in Sustainable Agriculture. 24–27 June 2012. Reims Champagne Ardennes University. Reims, France.

Bua–art, S., W. Saksirirat, S. Kanokmedhakul, A. Hiransalee, and R. Lekphrom. 2010. Extraction of bioactive compounds from luminescent mushroom (Neonothopanus nambi) and its effect on root–knot nematode (Meloidogyne incognita). KKU Research Journal 15(8): 726–737.

Bua–art, S., W. Saksirirat, S. Kanokmedhakul, A. Hiransalee, and R. Lekphrom. 2011. Effect of bioactive compounds from luminescent mushroom *(Neonothopanus nambi* Speg.) on root–knot nematode *(Meloidogyne incognita)* and non target organisms. KKU Research Journal 16(4): 331–341.

Butt T.M. 2002. Use of Entomogenous Fungi for the Control of Insect Pests. Page 111-134. In: Kempken F. (eds) Agricultural Applications. The Mycota. Springer, Berlin, Heidelberg.

Chamberlain, K., and D.L. Crawford. 2000. Thatch biodégradation and antifungal activities of two lignocellulolytic *Streptomyces* strains in laboratory cultures and in golf green turfgrass. Can. J. Microbiol. 46: 550-558.

Chungjatupornchai, W., H. Hofte, J. Seurinck, C. Angsuthanasombat and M. Vaeck. 1988. Common features of *Bacillus thuringiensis* toxins specific for Diptera and Lepidoptera. Eur. J. Biochem. 173: 9–16.

Clemson, H. 2007. Organic pesticides and biopesticides, Clemson extension, home and garden information center. Clemson University: Clemson.
commercialization for the management of pests and diseases, pp. 257-296.

Copeland, L. O. and M.B. McDonal. 1995. Principle of seed science and technology. Thomson publishing company. Mexico.

Crawford, D.L., J.M. Lynch, J.M. Whipps and M.A. Ousley. 1993. Isolation and characterization of actinomycete antagonists of a fungal root pathogen. Appl. Environ. Microbiol. 59 : 3899-3905.

De Hoog, G.S, J. Guarro, J. Genéand, and M. Figueras. 2000. Atlas of clinical fungi. Central bureau voor Schimmelcultures (CBS).

Di-Pietro, A. R., Kung, M. Gutrella, and F.J. Schwinn. 1991. Parameter influencing the efficacy of *Chaetomium globosum* in cotrolling *Pythium ultimum* damping-off of sugar beet. J.Pl.Dis. Pl. Protect. 98: 565-573.

Domenech, J., M.S. Reddy, J.W. Kloepper, B. Ramos and J. Gutierrez-Manero. 2006. Combined application of the biological product LS213 with Bacillus, Pseudomonas

ศวพ.3

or Chryseobacterium for growth promotion and biological control of soil-borne diseases in pepper and tomato. Bio Control. 51: 245-258.

Doumbou, CL., V. Akimov, M. Côté, P.M.Charest, and C. Beaulieu. 2001. Taxonomic study on nonpathogenic streptomycetes isolated from common scab lesions on potato tubers. Syst. Appl. Microbiol. 24 : 451-456.

El-Hassan, S.A. and S.R. Gowen. 2006. Formulation and delivery of the bacterial antagonist Bacillus subtilis for management of lentil vascular wilt caused by Fusarium oxysporum f. sp. lentis. J. Phytopath. 154: 148-155.

Entwistle, P.F. 1998. A world survey of virus control of insect pest. Page 186-201. in: Insect virus and pest management. Eds.

Esnard ,J., T.L. Potter and B. M. Zuckerman .1995. *Streptomyces costaricanus* sp. nov., isolated from nematode-suppressive soil. International Journal of Systematic Bacteriology 45(4): 775- 779.

Faske,T. R. and J. L. Starr . 2006. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to abamectin. Nematology 38: 240–244.

Flärdh, K. and M.J. Buttner. 2009. *Streptomyces* morphogenetics: dissecting differentiation in a filamentous bacterium. Nature Reviews Microbiology 7:36-49

Ganeshan, G. and A. M. Kumar. 2005. *Pseudomonas fluorescens*, potential bacterial antagonist to control plant diseases. Journal of Plant Interaction.1(3) 123-134.

Gowen, W., K. G. Davis, and B. Pembroke. 2008. Potential use of *Pasteuria* spp. in the management of plant parasitic nematodes. Pp. 3- 28 in: Ciancio, A. and K. G. Mukerji (eds.). Imtegrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematode. Springer, Netherlands.

Haggag, W. M., E. M. Mohamed and A. M. E. Azzazy. 2011. Optimization and production of antifungal hydrolysis enzymes by *Streptomyces aureofaciens* against *Colletotrichum gloeosporioides* of mango. Agricultural Sciences 2(2): 146-157.

Heydari, A., and Pessarakli. 2010. A review on biological control of fungal plant pathogen using microbial antagonist. J. Biol. Sci. 10(4): 237-290.

Homer, D.W., D.K. Bell, and C.A. Jaworki. 1972. Efficacy of *Trichoderma harzianum* as a biocontrol for *Sclerotium rolfsii.* Phytopathology 62: 442-447.

Howell, C.R. 2003. Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant disease : The history and evolution of current concepts. Plant Disease 87 : 4-10.

Howell, C.R., R.D. Stipanovic, and R.D. Lumsden. 1993. Antibiotic production by strains of Gliocladiumvirens and its relation to the biocontrol of cotton seedling diseases. Biocontrol Science and Technology 3: 435-441.

Hunter-Fujita, F.E., F.E. Hugh and E.C. Norman. 1998. Insect virus and pest management. John Wiley&Sons Ltd. England. 620 p.

ตัวอย่าง

Hussey, R.S., and G.J.W. Janssen. 2002.Root-knot nematode: Meloidogyne species, pp. 43-70. In: Starr, J.L., R. Cook, and Bridge (eds), Plant Resistance to parasitic nematodes. Wallingford, UK: CAB International.

Jatala, P. 1986. Biological control of plant-parasitic nematodes. Annual Review of Phytopathology 24: 453-489.

Jatala, P., R. Kaltenback, and M. Bocangel. 1979. Biological control of *Meloidogyne incognita* and *Globodera pallidaon* potatoes. Journal of Nematology 11: 303.

Jayakumar, J. 2009. Bio-efficacy of *Streptomyces avermitilis* culture filtrates against root knot nematode, *Meloidogyne incognita* and reniform nematodes, *Rotylenchulus reniformis.* Karnataka Journal of Agricultural Sciences 22: 567- 571.

Johnson, L.E., E.C. Bernard, and P. Qian. 1987. Isolation of *Trichoderma* spp. At low temperature from Tennessee and Alaska soil. Plant Disease 71: 137-140.

Kabuluk, J.T., A.M. Svircev, I.M.S. Goette, and S.G. Woo. (eds.). 2010. The use and regulation on microbial pesticides in representative jurisdictions worldwide. (cited 20 Nov 2016) Available from URL: http://www.iobc-global.org / download/Microbial_Regulation_ Book_Kabaluk_et_al_2010.pdf.

Karunanithi. K., M. Muthusamy and K. Seetharaman. 2000. Pyrolnitrin production by *Pseudomonas fluorescens* effective against *Macrophomina phaseolina*. Crop Res Hiasr 19:368-370.

Khalil, T.A., V. Appanna, D.P. Rick, J.H. Ronald, G. Lucie, B. Tharcise, L. Kelvin, P. Rene, A.D. Kathy,K.M. Jan, L.I.L. Sharon, and E.J. Kithsiri. 2013. Efficacy of Bio-Save 10LP and Bio-Save 11LP(*Pseudomonas syringae*) for management of potato diseases in storage. Biol. Control 64: 315-322.

Kim, B. S., E. C. Kim and D. H. Park. 2014. Bio-control Activity of *Bacillus* Strain KB27 against Anthracnose and Soft Rot Diseases. Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences 26 (1): 16-23.

Kloepper, J.W., C.M. Ryu and S. Zhang. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by Bacillus spp. Phytopathology. 94: 1259-1266.

Koffi, N. D. B. C., M. N. Y. Toualy, K. D. Kra and H. A. Diallo. 2014. Biological control of *Pythium aphanidermatum* causal agent of root and/or collar rots of papaya (Carica papaya) by *Pseudomonas fluorescens*. European Journal of Biotechnology and Bioscience 2 (6): 47-52.

Kommedahl, T., C.E. Windels, G. Sarbini, and H.B. Wiley. 1981. Variability of performance of biological control and fungicidal seed treatments in corn, peas and soybean. Proceedings in Ecology 3: 5.

Kortemaa H., H. Rita, K. Haahtela and A. Smolander. 1994. Root colonization ability of antagonistic *Streptomyces griseoviridis*. Plant and Soil 163: 77-83.

สวพ.3

Kumar, S. 2012. Biopesticides: a need for food and environmental safety. J. Biofert. Biopest. 3: 1-3.

Lanoiselet, V.L., E.J. Cother, G.J. Ash, and J.D.I. Harper. 2005. Yield loss in rice caused by *Rhizoctonia oryzae* and *R. oryzae-sativae* in Australia. Australasian Plant Pathology 34: 175-179.

Law, J. W.-F., P. Pusparajah, N.-S. Ab Mutalib, S. H. Wong, B.-H.Goh and L.-H. Lee. 2019. A Review on Mangrove Actinobacterial Diversity: The Roles of *Streptomyces* and Novel Species Discovery. Prog Microbes Mol Biol 2019. 2(1): 1-10.

Lee, S. Y., H. Tindwa, Y. S. Lee, K. W. Naing, S. H. Hong, Y. Nam, and K. Yon. 2012. Biocontrol of anthracnose in pepper using chitinase, β-1,3 glucanase, and 2-Furancarboxaldehyde produced by *Streptomyces cavourensis* SY224. J. Microbiol. Biotechnol. 22(10): 1359–1366.

Li, Q. , Y. Jiang , P. Ning, L. Zheng , J. Huang, G. Li, D. Jiang, and T. Hsiangt. 2011. Suppression of *Magnaporthe oryzae* by culture filtrates of *Streptomyces globisporus* JK-1. Biological Control 58 (2011) 139–148.

Lifshitz, R., M.T. Windham, and R. Bake. 1986. Mechanism of biological control of preemergence damping-off of pea by seed treatment with *Trichoderma* spp. Phytopathology 76: 720-725.

Lumsden, R.D., J.C. Locke, S.T. Adkins, J.F. Walter, and C.J. Ridout. 1992. Isolation and localization of the antibiotic gliotoxin produced by *Gliocadium virens* from alginate prill in soil and soiled media. Phytopathology 82: 230-235.

Madigan, M.T., J.M. Martinko, P.V. Dunlap and D.P Clark. 2009. In “Brock Biology of

Manjula, K., and A. R. Podile. 2005. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF1. World journal of microbiology & Biotechnology 21:1057-1062.

Maplestone, R.A., M.J. Stone, and D.H.Williams. 1992. The evolutionary rôle of secondary metabolites-a review. Gène 115 : 151-157.

Matheny, B., J.M. Moncalvo, and S.A. Edhead. 2007. Agaricales, version 09 May 2007, in the tree of life web project. Available at: http://toweb.org/Agaricales/20551/2007.05.09. Accessed: January 4, 2013.

Meena, B. and T. Marimuthu. 2012. Effect of application methods of *Pseudomonas fluorescens* for the late leaf spot of groundnut management. JBiopest 5 (1): 1-6

Metcalf, D.D., and C.R. Wilson. 2001. The process of antagonism of *Sclerotium cepivorum* in white rot affected onion roots by *Trichoderma koningii*. Pl. Pathol. 50: 249-257.

Microorganism” Twelfth edition. Pearson, Benjamin Cummings, Pearson Education, Inc.

Monte, E. 2001. Understanding Trichoderma : Between biotechnology and microbial ecology. INT Microbiology 4: 1-4.

Müller, G. and K. N. Raymond. 1984. Specificity and mechanism of ferrioxamine-mediated iron transport in *Streptomyces pilosus*. Journal of Bacteriology 160: 304–312.

Naeimi, S., S.M. Okhovvat, C.V. Nikkhah, V. Khosravi, and L. Kredics. 2010. Biological control of *Rhizoctonia solani* AG1-1A, the causal agent of rice sheath blight with *Trichoderma* strains. Phytopathol. Mediterr. 49: 287-300.

Nakkeran, S., W.G.F. Dilantha, and A. Zaki. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria in Ownley, B.H., K.D. Gwinn, and F.E. Vega. 2010. Edophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. Bio Control 55: 113-128.

Palaniyandi, S.A., S.H. Yang, J.H. Cheng, L. Meng and J.-W. Suh. 2011. Biological control of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in yam by *Streptomyces* sp. MJM5763. Journal of Applied Microbiology 111: 443–455.

Palma, L., D. Muñoz, C. Berry, J. Murillo and P. Primitivo. 2014. *Bacillus thuringiensis* Toxins: An Overview of Their Biocidal Activity. Toxin.6 (12): 3296-3325.

Pechprome, S. and K. Soytong. 1997. Integrated biological control of durian stem and root rot caused by *Phytophthora palmivora*. Proceedings of the First International Symposium on Biopesficides. p228-233.

Poprawski, T.J. and I. Majchrowicz. 1995. Effect of herbicide on in vitro vegetative growth and sporulation of entomopathogenic fungi. Journal of crop production. 14: 81-87.

Prapagdee, B., U. Akrapikulchart, and S. Mongkolsuk. 2008. Potential of a soil-Borne *Streptomyces hy groscopicus* for biocontrol of anthracnose disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in orchid. Journal of Biological Science 8(7):1187-1192.

Prihatiningsih, N., H A Djatmiko and Erminawati. 2019. Bio-management of anthracnose disease in chilli with microencapsulates containing *Bacillus subtilis* B298. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 250: 1-5.

Raj, S.N., S.A. Deepak, P. Basavaraju, H.S. Shetty, M.S. Reddy and J.W. Kloepper. 2003. Comparative performance of formulations of plant growth promoting rhizobacteria in growth promotion and suppression of downy mildew in pearl millet. Crop Prot. 22: 597-588

RH, B. and S. Kulkarni. 2017. Growth promoting ability and Bioefficacy of *Bacillus subtilis* against powdery mildew and early blight of Tomato through Foliar Spray in pot culture studies Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 6(2): 244-246

Roh, J.Y, J.Y Choi, M.S Li, B.R. Jin and Y.H. Je. 2007. *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. J. Mol. Biol. 17: 547–559.

Rothrock, C.S., and D. Gottlieb. 1984. Rôle of antibiosis in antagonism of *Streptomyces hygroscopicus* var. *geldanus* to *Rhizoctonia solani* in soil. Can. J. Microbiol.30: 1440-1447.

ร่าง

Ruanpanun,P., H. Laatsch, N. Tangchitsomkid and S. Lumyong. 2011. Nematicidal activity of fervenulin isolated from a nematicidal actinomycete, *Streptomyces* sp. CMU-MH021, on *Meloidogyne incognita*. World J Microbiol Biotechnol 27:1373–1380.

Ryu, H., H. Park, D.-S. Suh, G. H. Jung, K. Park and B. D. Lee. 2014 Biological control of *Colletotrichum panacicola* on Panax ginseng *by Bacillus subtilis* HK-CSM-1. J Ginseng Res. 38:215-219.

Saksirirat, W., N. Sanoamuang, K. Thomma, J. Kamkajorn, S. Komain, and S. Saepaisan. 2003. A new record of luminesecent mushroom (*Omphalotus* sp.) in Thailand and studies on its cultivation and application. Proceeding of Medicinal Mushroom & Biodiversity and Bioactive compound. BIOTEC. 17–19th July 2003. PEACH pattaya. Chon Buri, Thailand.

Saksirirat, W., S. Bua-art, A. Hiransalee, and P. Thummabenjapol. 2007. Effect of spawn and bioactive compound of luminescent mushroom, *Neonothopanus nambi* on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* Chitwood). The 5nd International Symposium on Biocontrol and Biotechnology. 1-3 November 2007. Khon Kaen University, Nong Khai Campus. Nong Khai, Thailand.

Saksirirat, W., S. Bua–art, S. Kanokmethakul, and A. Hiransalee. 2009. Characterization of bioactive compounds from luminescent mushroom (*Neonothopanus nambi*) and their effect on root–knot nematode and non–target organisms. Agricultural Biotechnology International Conference (ABIC) 2009: Agricultural Biotechnology for Better Living and a Clean Environment. September 23–25th, 2009. Queen Sirikit Convention Center. Bangkok, Thailand.

Samaliev, H. and O. Baicheva. 2006. Effectiveness of *Pasteuria penetrans* (Sayre and Starr) alone and in combination with other methods for control of *Meloidogyne* spp. on vegetables grown in greenhouse in Bulgaria. Experimental Pathology and Parasitology 9(2): 18-25.

Samaliew, H. and O. Baicheva. 2006. Effectiveness of *Pasteuria penetrans* (Sayre and Starr) alone and in combination with other methods for control of *Meloidogyne* spp. on vegetables grown in greenhouse in Bulgaria. Experimental Pathology and Parasitology 9(2): 18-25.

Samson R.A. 1974. *Paecilomyces* and some allied hyphomycetes. Stud. Mycol. 6: 1–119

Sarjeet, S. Gill, A. C. Elizabeth and V. P. Partricia. 1992. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxin. Annu. Rev. Entomol. 37: 615-636.

Sarrocco, S., L. Guidi, S. Fambrini, E. Degl'Innocenti, and G. Vannacci. 2009. Competition for cellulose exploitation between *Rhizoctonia solani* two *Trichoderma* isolates in the decomposition of wheat straw. Journal of Plant Pathology 91: 331-338.

สวพ.3

Sayre, R.M. and M.P. Starr.1985. *Pasteuria penetrans*(ex Thorne 1940) nom. rev., comb. n., sp. n., a mycelial and endospore-forming bacterium parasitic in plant-parasitic nematodes. Proc. Helminthol. Soc. Wash.52: 149–165.

Schnepf, E., N. Crickmore, R.J. van, D. Lereclus, J. Baum, J. Feitelson, D.R. Zeigler and D.H. Dean. 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 62: 775–806.

Seger, R., T.M. Butt, B.R. Kerry, and J.F. Peberdy. 1994. The namatophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* produce a chymoelastase-like protease which hydrolyses host nematode protein in situ. Microbiology 140: 2715-2723.

Shoda, M. 2000. Bacterial control of plant diseases. Journal of bioscience and bioengineering 89(6): 515-521.

Siddigui, Z.A.(ed.). PGPR: Biocontrol and biofertilization. Springer: Dordrecht.

Sivan, A., Y. Elad, and I. Chet. 1984. Biological control effect a new isolate of *Trichoderma harzianum* on *Pythium aphanidermatum*. Phytopathology 74: 498-501.

Soytong, K. 1992 b. Biological control of tomato wilt caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* using *Chaetomium cupreum*, Kasetsart J. (Natural Sci.) 23 : 198-203.

Soytong, K. 1992a.Antagonism of *Chaetomium cupreum* to *Pyricularia oryzae*. J. Pl. Protec. in the Tropics. 9:17-24.

Soytong, K. 1997. *Chaetomium* as a new board spectrum mycofungicide. Proceedings of the 1st International Symposium on Biopesticide. pp. 124-132.

Soytong, K., and T.H. Quimio. 1989. Antagonism of *Chaetomium globosum* to the rice blast pathogen, *Pyricularia oryzae*. Kasetsart Journal (Natural Science) 23: 198–203.

Soytong, K., S.Kanokmedhakul, V.Kukongviriyapa, and M. Isobe. 2001. Application of *Chaetomium* species (Ketomium®) as a new broad spectrum biological fungicide for plant disease control : A review article. In : Fungal Diversity. 1-15.

Steinhaus, E. A. 1949. Principles of Insect Pathology. McGraw-Hill Book, New York. 417 p.

Stewart, A., R. Hill, and C. Stark. 2011. Desktop evaluation on commercially avaible microbial-based products for control or suppression of *Pseudomonas syringae* pv. actiniatae. Bio-Protection Research Centre.

Stock, S.P., V. Somsook, and A.P. Reid. 1998. *Steinernema siamkayai* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), an entomopathogenic nematode from Thailand. Syst. Parasitol. 41: 105-113.

Tahvonen, R., A. Hannukkala, and H. Avikainen. 1994. Effect of seed dressing treatment of *Streptomyces griseoviridis* on barley and spring wheat in field experiments. Agric. Sci. Fini. 4 : 419-427.

Tanada, Y and H.K. Kaya. 1993. Insect pathology. Academic press, Inc. 666 p.

สวพ.3

Tapio, E. and A. Pohto-Lahdenpera. 1991. Scanning electron microscopy of hyphal interaction between *Streptomyces griseoviridis* and some plant pathogenic fungi. J. Agric. Sci. Fin. 63: 435-441.

Thakore, Y. 2006. The biopesticides market for global agriculture use. Ind. Biotechnol. 2: 192-208.USEPA. 1998. Registration eligibility decision (RED), *Bacillus thuringiensis*. Biopesticides and Pollution Prevention Division.

Thammabenjapone, P. and A. Pajinburavan. 2002. *Streptomyces* potential biological control agent for bacterial fruit blotch and gummy stem blight disease cucurbits. The first international conferences on tropical and subtropical plant disease. November 5-8. The Imperial mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand.

Thorn, R.G., and G.L. Barron. 1986. Nematoctonus and the tribe resupinateae in Ontario, Canada. Mycotaxon 25: 321-453.

Tian, B., J. Yang and K.Q. Zhang. 2007. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematode: populations, mechanisms of action, and future prospects. FEMS Microbiol. Ecol. 61: 197-213.

Tian, B., J. Yang, and K.-Q. Zhang. 2007. Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematode: populations, mechanisms of action, and future prospects. FEMS Microbiol Ecol 61: 197-213.

Tuomi,T., S. Laakso and H. Rosenquist. 1994. Indole-3-acetic Acid Production by a Biofungicide *Streptomyces griseoviridis* A Strain. Annales Botanici Fennici, 31: 59-63

Vidhyasekaran, P., R. Rabindran, M. Muthamilan, K. Nayar, K. Rajappan, N. Subramanian and K. Vasumathi. 1997. Development of a powder formulation of *Pseudomonas fluorescens* for control of rice blast. Plant Pathology, 46: 291–297

Von Arx, J.A., J. Guarro, and M.J. Figuera. 1986. Ascomycete genus Chaetomium. Beihefte zur Nova Hedwigia 84:1-162.

Vongphachanh, P., W. Saksirirat, and S. Saepaisan. 2016. Biological control of sheath diseases of rice caused by *Rhizoctonia oryzae* and *Rhizoctonia solani* by *Trichoderma* spp. Journal of pure and applied microbiology. Vol. 10(3), 1735-1744.

Wongwilikhit, S. and V. Somsuk, 2006. Micrographic characterization of Noctuids nucleopoly- hedrovirus Doa strains. Page 230. in: The 18th Annual meeting of the Thai Society for Biotechnology benefit and Bioethics. 2-3 November 2006 Montien Riverside Hotel, Bangkok Thailand.

Wraight, S.P., M.A. Jackson and S.L. de Kock. 2001. Production, stabilization and formation of fungal biocontrol agents. Page 253-287. In: T.M. Butt, C. Jackson and N. Magan (eds.). Fungi an biocontrol agents progress, problems and potential. CABI publishing. 390 p.

ศวพ.3

Wu, X.-C., W.-F. Chen, C.-D. Qian, O. Li, P. Li, and Y.-P. Wen. 2007. Isolation and Identification of Newly Isolated Antagonistic *Streptomyces* sp. Strain AP19-2 Producing Chromomycins. The Journal of Microbiology 45(6): 499-504.

Xue, J., G. Liang, N. Crickmore, H. Li, K. He, F. Song, X. Feng, D. Huang and J. Zhang. 2008. Cloning and characterization of a novel Cry1A toxin from *Bacillus thuringiensis* with high toxicity to the Asian corn borer and other lepidopteran insects. FEMS Microbiol Lett. 280(1): 95-101.

Yoon, G.Y., Y. S. Lee, S. Y. Lee, R. D. Park, H. N. Hyun, Y. Nam and K. Y. Kim. 2011. Effects on *Meloidogyne incognita* of chitinase, glucanase and a secondary metabolite from *Streptomyces cacaoi* GY525. Nematology. from http://booksandjournals. brillonline.com/content/10.1163/138855411X584124 >

Yu,Y. M., M. R. Cho, Y. Z. Zhu, D. H. Park, J. H. Hur, and C. K. Lim. 2003. Suppression of *Meloidogyne incognita* in lettuce and oriental melon by *Pasteuria penetrans* KW1. Plant Pathology Journal 19(3) :177-180.

Zare, R., W. Gams, and H.C. Evans. 2001. A revision of Verticillium section Prostrata. V. The genus Pochonia, with notes on Rotiferophthora. Nova Hedwigia 73: 51-86.

Zeng, Q., H. Huang, J. Zhu, Z. Fang, Q. Sun and S. Bao. 2013. A new nematicidal compound produced by *Streptomyces albogriseolus* HA10002. Antonie van Leeuwenhoek 103:1107-1111.

สวพ.3

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 พื้นที่ปลูกและผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

ชนิดพืช	จ.กาฬสินธุ์		จ.ขอนแก่น		จ.ชัยภูมิ		จ.บึงกาฬ		จ.นครพนม		จ.มุกดาหาร		จ.เลย		จ.สกลนคร		จ.หนองคาย		จ.หนองบัวลำภู		จ.อุดรธานี	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
พืชไร่																						
มันสำปะหลัง	258,211	258,168	467,027	766,996	1,302,896	2,287,816	14,776	20,609	17,132	11,842	225,231	328,154	501,932	671,410	125,245	250,738	14,636	13,133	82,618	100,695	472,996	826,080
อ้อยโรงงาน	328,290	1,747,214	945,173	8,560,927	936,712	5,641,105	661	1,748	1,788	10,451	144,819	1,124,908	466,778	744,116	50,179	194,644	37,279	338,803	601,470	3,665,327	686,862	4,891,028
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	6,074	3,773	6,651	6,692,329	72,831	56,352			1,040	1,821	1,194	383	411,441	330,752			3,390	2,815	23,044	37,028	2,866	2,789
ถั่วลิสง	946	146	2,052	615							280	81									958	402
ถั่วเหลือง			13,985	4,051	10,015	2,054							2,195	374							1,230	306
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เมล็ดพันธุ์)													1,076	114					2,051	0		
ไม้ผล																						
มะม่วง	8,094	5,224	14,799	8,364	24,361	3,704					433	57	27,655	16,516	2,907	3,820			2,405	1,121		
กล้วยน้ำว้า	1,567	1,441	3,241	3,711	6,576	10,845	140	86	10,074	755	907	903	43,085	116,243	6,790	25,465	4,625	8,149	820	216		
กล้วยหอม															1,667	1,471	4,824	9,442	210	41		
มะขาม			3,711	37	16,656	22,212					584	65	40,009	18,214					1,119	550		
แตงโม									2,364	2,750					3,162	3,571						
น้อยหน่า															2,233	5						
มะเม่า															2,186	325						
พุทรา	1,381	0																				
มะนาว	270	80																				
มะพร้าว			1,698	332																		
สับปะรด					9,461	4,586	760	2,892	7,448	11,422			35,276	59,662			7,899	50,572				
ส้มโอ					2,793	3,555																
ลำไย											177	47	33,056	8,765					2,207	1,925		
ลิ้นจี่									1,656	600												
แก้วมังกร													12,373	9,524								
เงาะ							652	618														
ทุเรียน							264	16														

สวพ.3

ตารางผนวกที่ 1 พื้นที่ปลูกและผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (ต่อ)

ชนิดพืช	จ.กาฬสินธุ์		จ.ขอนแก่น		จ.ชัยภูมิ		จ.บึงกาฬ		จ.นครพนม		จ.มุกดาหาร		จ.เลย		จ.สกลนคร		จ.หนองคาย		จ.หนองบัวลำภู		จ.อุดรธานี	
	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
พืชผัก																						
ข้าวโพดฝักสด/หวาน	567	237	3,268	3,334	2,938	2,807	686	625	5,109	5,257	210	183			2,365	1,716	2,028	2,127	843	739		
หอมแบ่ง (ต้นหอม)			3,957	4,133					1,403	1,420												
พริกขี้หนูเม็ดใหญ่					21,203	17, 674			1,715	955					1,868	968	3,428	1,842				
ผักบุ้งจีน			3,559	2,603																		
มันฝรั่ง															2,349	8,100						
ไผ่	303	8					125	-			97	22	1,587	3,779					288	119		
มะเขือเทศโรงงาน							461	999							9,569	17,255	1,135	1,050				
ผักขึ้นฉ่าย			2,936	1,458																		
ฟักทอง							257	1,891														
ผักชีฝรั่ง									2,545	505												
มันแกว									1,272	1,963												
หวาย											64	30			3,303	4,857						
ขิง													5,234	2,714								

ที่มา : ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online ประจำปี 2561/2562 กรมส่งเสริมการเกษตร (2563)

สวพ.3

ราคาจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

กรมวิชาการเกษตรได้ออกประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดราคาจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2563 อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 32 แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. 2534 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ในการนี้อธิบดีกรมวิชาการเกษตรได้ออกประกาศเมื่อวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2563 ซึ่งลงราชกิจจา-นุเบกษา หน้า 28 เล่ม 137 ตอนพิเศษ 37 ง เมื่อวันที่ 2 เมษายน 2563 และใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ราคาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามประกาศกรมวิชาการเกษตร ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตชีวภัณฑ์สำหรับเกษตรกร ในพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น มีดังนี้

1. เชื้อไวรัส NPV	ลิตรละ	1,500	บาท
2. ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง แบบผงละลายน้ำ	กระป๋องละ	150	บาท
3. หัวเชื้อไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย	ถุงละ	40	บาท
4. เชื้อสดไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยพร้อมใช้	ถุงละ	60	บาท
5. เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม	กิโลกรัมละ	500	บาท
6. ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (BS) : สายพันธุ์ BS-DOA 24	กิโลกรัมละ	500	บาท
7. ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (BS) : สายพันธุ์ 20W33/20W16	กิโลกรัมละ	500	บาท
8. ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* (BS) : สายพันธุ์ 20W1	กิโลกรัมละ	500	บาท
9. หัวเชื้อเห็ดเรืองแสงสิรินรัศมี	กิโลกรัมละ	60	บาท
10.หัวเชื้อไตรโคเดอร์มา	กิโลกรัมละ	500	บาท

หากเกษตรกรสนใจนำชีวภัณฑ์ หรือหัวเชื้อชีวภัณฑ์ไปใช้ สามารถติดต่อได้ที่ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทรศัพท์ 02-940-7409, 02-940-7194 หรือที่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 เลขที่ 180 หมู่ 27 ถนนมิตรภาพ ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 04-320-3504

สวพ.3

รายการปัจจัยการผลิตพืชอินทรีย์ที่ขึ้นทะเบียนกับกองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานการผลิตพืช

ลำดับ	บริษัท	ที่อยู่	ชื่อการค้า	เครื่องหมายการค้า	ประเภท	ทะเบียนวอ/ทอ เลขที่	ทะเบียนมีอายุถึง
1	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด	สำนักงาน เลขที่ 2 ซอยลาดปลาเค้า 76 แยก 3-14 ถนนรามอินทรา แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220 โทร 02-9717287-8,086-7807635 หมู่ที่ 10 ตำบลลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี 15130	เรดแคท	เอ.พี	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	420-2558	29 มิถุนายน 2564
2	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		ลาร์มิน่า	เอ.พี	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	483-2558	2 กรกฎาคม 2564
3	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		ไลท์นิ่งค์	เอ.พี	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	112-2559	9 มีนาคม 2565
4	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		เซ็ทพ้อยท์	เอ.พี	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	541-2560	3 ตุลาคม 2566
5	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		อินดิวเซอร์	TGA	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	160-2559	23 มีนาคม 2565
6	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		ไบโอเซนเซอร์	TGA	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	158-2559	23 มีนาคม 2565
7	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		คัทอ้อฟ	TGA	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	161-2559	23 มีนาคม 2565
8	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		ฟอร์มทรน	TGA	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	162-2559	23 มีนาคม 2565
9	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		ไบโอ-แทค	TGA	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	159-2559	23 มีนาคม 2565
10	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด	15/15 ซอยวิภาวดีรังสิต 56 (ศรีจันทร์) แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210	ไดรซาน	เอ.พี.	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	261-2557	24 กุมภาพันธ์ 2569
11	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		ไบโอเบส	เอ.พี.	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	262-2557	24 กุมภาพันธ์ 2569
12	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		เมทาซาน	เอ.พี.	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	263-2557	24 กุมภาพันธ์ 2569
13	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		ไลซินัส	เอ.พี.	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	877-2563	27 ตุลาคม 2569
14	บริษัท แอพพลายเด็ม (ประเทศไทย) จำกัด		บูเวริน	เอ.พี.	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	1297-2557	27 กรกฎาคม 2569
15	บริษัท ภูธนเกษตรอุสาหกรรม จำกัด	เลขที่ 109 ม.4 ถ.บ้านเก่า-กาญจนบุรี ต.บ้านเก่า อ.เมือง กาญจนบุรี จ.กาญจนบุรี	ทูริซีส	ทูริซีส	สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	58-2559	23 กุมภาพันธ์ 2565
16	บริษัท ต้นวงษ์ศิริ จำกัด	3/1 หมู่ 2 ถ.ศาลายา - บางภาษี ต.นราภิรมย์ อ.บางเลน จ.นครปฐม 73130	ไมโครแคร์	ต่อไข	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	75/2560	28 พฤษภาคม 2565
17	บริษัท ต้นวงษ์ศิริ จำกัด		นครยอดแหลม	นครยอดแหลม	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	45/2560	28 พฤษภาคม 2565
18	บริษัท ต้นวงษ์ศิริ จำกัด		ไมโครแคร์	ต่อไข	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	97/2560	3 สิงหาคม 2565
19	บริษัท ปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภาพลพบุรี จำกัด	134/2 หมู่ 2 ถนนสายท่ารุ้ง-บ้านเบิก ต. ท่ารุ้ง อ. ท่ารุ้ง จ.ลพบุรี 15150 โทร 036 622 301	เทพวานร 1	เทพวานร	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	94/2559	16 มิถุนายน 2564
20	บริษัท ปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภาพลพบุรี จำกัด		เทพวานร 1	เทพวานร	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	91/2559	16 มิถุนายน 2564
21	บริษัท ปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภาพลพบุรี จำกัด	134/2 หมู่ 2 ถนนสายท่ารุ้ง-บ้านเบิก ต. ท่ารุ้ง อ. ท่ารุ้ง จ.ลพบุรี 15150 โทร 036 622 301	ขวัญดิน1	ขวัญดิน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	90/2559	16 มิถุนายน 2564
22	บริษัท ปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภาพลพบุรี จำกัด		ขวัญดิน1	ขวัญดิน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	93/2559	16 มิถุนายน 2564
23	บริษัท ปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภาพลพบุรี จำกัด		เทพวานร	เทพวานร	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	155/2562	25 ธันวาคม 2567
24	บริษัท ปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภาพลพบุรี จำกัด		เทพวานร	เทพวานร	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	156/2562	25 ธันวาคม 2567
25	บริษัท เอ็นเอสที ไบโอเทคโนโลยี จำกัด	130/3 ม.2 ถ.พัทยา-บ่อวิน ต.บึง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี	เพชร 1	NST	ปุ๋ยชีวภาพ	2/2559	1 พฤศจิกายน 2564
26	บริษัท เอ็นเอสที ไบโอเทคโนโลยี จำกัด		เพชร 2	NST	ปุ๋ยชีวภาพ	3/2559	1 พฤศจิกายน 2564
27	บริษัท เอ็นเอสที ไบโอเทคโนโลยี จำกัด		ทอง 1	NST	ปุ๋ยชีวภาพ	1/2560	3 ตุลาคม 2565
28	บริษัท เอ็นเอสที ไบโอเทคโนโลยี จำกัด		ทอง 2	NST	ปุ๋ยชีวภาพ	7/2560	10 เมษายน 2565
29	บริษัท เพิ่มผลผลิต จำกัด	2 อาคารเพลินจิตเซ็นเตอร์ ชั้น 3 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตย เขตคลองเตย จังหวัดกรุงเทพฯ 10110	ซอยล์เมต	ซอยล์เมต	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	194/2559	25 ธันวาคม 2564
30	บริษัท กรีน อินโนเวทีฟ ไบโอเทคโนโลยี จำกัด	333/82 หมู่ที่ 3 ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ต. บางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110	ออมดี	ออมดี	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดของเหลว	111/2561	11 มิถุนายน 2566
31	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ้วส์ จำกัด	97 ถนนเย็นจิต แขวงทุ่งวัดดอน เขตสาทร . กทม. 10120	ซี.พี.หมอดิน	ลูกโลกตอกบัวบาน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง OM 20%	103/2561	11 มิถุนายน 2566
32	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ้วส์ จำกัด		ซี.พี.หมอดิน	ลูกโลกตอกบัวบาน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง OM 25%	105/2561	11 มิถุนายน 2566
33	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ้วส์ จำกัด		ซี.พี.หมอดิน	ลูกโลกตอกบัวบาน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง OM 30%	107/2561	11 มิถุนายน 2566
34	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ้วส์ จำกัด		ซี.พี.หมอดิน	ลูกโลกตอกบัวบาน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด OM 20%	104/2561	11 มิถุนายน 2566
35	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ้วส์ จำกัด		ซี.พี.หมอดิน	ลูกโลกตอกบัวบาน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด OM 25%	106/2561	11 มิถุนายน 2566
36	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ้วส์ จำกัด		ซี.พี.หมอดิน	ลูกโลกตอกบัวบาน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด OM 30%	108/2561	11 มิถุนายน 2566
37	บริษัท สกายเอิร์ธ จำกัด	323 อาคารยูไนเต็ดเซ็นเตอร์ ชั้น 8 ถนนสีลม แขวงสีลม เขตบางรัก จ.กทม 10500	ออมเพชร	ออมเพชร	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	134/2555	29 สิงหาคม 2565
38	บริษัท ยอดอินทรีย์การเกษตร จำกัด	149 ถนน ท่าม่วง-หนองขาว หมู่ที่ 3 ต. หนองขาว อ. ท่าม่วง จ. กาญจนบุรี 71110	ไทยกรีน	ไทยกรีน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	67/2560	28 มิถุนายน 2565
39	บริษัท ชาร์ฟ ฟอร์มูเลเตอร์ จำกัด	8 ซ. เพชรเกษม แขวงบางแค เขตบางแค กรุงเทพ 10160	ไคลแมกซ์		สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	1150-2555	8 กรกฎาคม 2567

ลำดับ	บริษัท	ที่อยู่	ชื่อการค้า	เครื่องหมายการค้า	ประเภท	ทะเบียนวอ/ทอ เลขที่	ทะเบียนมีอายุถึง
40	บริษัท ขอนแก่นไทยอะโกร จำกัด	128 หมู่ 9 ถนนบ้านคำใหญ่-ปันน้ำใจ ต.บ่วงหวาน อ. น้ำพอง จ. ขอนแก่น 40310	สามเกษตรไทย	สามเกษตรไทย	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	1/2561	8 มกราคม 2566
41	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สดชื่นเคมี	297/1 หมู่ 10 ต. ดอนแสลบ อ. ห้วยกระเจา จ. กาญจนบุรี 71170	สดชื่น	สดชื่น	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	64/2560	29 พฤษภาคม 2565
42	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สดชื่นเคมี		ปุ๋ยสดชื่น	สดชื่น	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	98/2563	20 กันยายน 2568
43	โรงงานแม่โจ้การเกษตร (นายชนินทร์ วงษ์แสง)	100 หมู่ 5 ถนนโชคชัย-เดชอุดม ต.แหลมทอง อ. หนองบุญมาก จ.นครราชสีมา 30410	น้อยหน่า	น้อยหน่า	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอัดเม็ด	7/2562	30 มกราคม 2567
44	โรงงานแม่โจ้การเกษตร (นายชนินทร์ วงษ์แสง)		ทับทิมวงษ์แสงทอง	ทับทิมวงษ์แสงทอง	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอัดเม็ด	72/2563	21 กรกฎาคม 2568
45	บริษัท ไอออนิค จำกัด	71/13 ถนนบรมราชชนนี แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กทม. 10700	ยูไร	อัยย์เอทีี	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	85/2560	3 สิงหาคม 2565
46	บริษัท ไอออนิค จำกัด		เอนริช	อัคนี	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	35/2562	13 มีนาคม 2567
47	บริษัท ไอออนิค จำกัด		ไฟแมน	ไฟแมน	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	134/2561	20 สิงหาคม 2566
48	บริษัท ไอออนิค จำกัด		บีโนน์	ทรัพย์เกษตร	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	119/2561	25 กรกฎาคม 2566
49	บริษัท ไอออนิค จำกัด		สยามธุรกิจ	ทรัพย์เกษตร	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	125/2561	19 สิงหาคม 2566
50	บริษัท ไอออนิค จำกัด		บุญยวง-กรีน	บุญยวง	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	128/2562	10 พฤศจิกายน 2567
51	บริษัท แอดวานซ์ เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด	99/8 หมู่ 7 ต. พังตรุ อ. ท่าม่วง จ. กาญจนบุรี 71110	ทูน่ากุ้ง	ทูน่ากุ้ง	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	23/2562	13 มีนาคม 2567
52	บริษัท แสนโชคผลิตผล จำกัด	122/1 หมู่ 6 ถนนลำพูน-เชียงใหม่ ตำบลอุโมงค์ อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน 51150	พญานาคพ่นน้ำ	พญานาคพ่นน้ำ	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	184/2561	18 ธันวาคม 2566
53	บริษัท แสนโชคผลิตผล จำกัด		พญานาคพ่นน้ำ	พญานาคพ่นน้ำ	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	185/2561	18 ธันวาคม 2566
54	บริษัท เอส.ซี.อาร์. รีเซิชอินเตอร์เนชั่น	160 ซอยอมรพันธ์นคร ถนนสวนสยาม แขวงคันนายาว เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร 10230	โวมา		สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	492-2560	26 กันยายน 2566
55	บริษัท เอส.ซี.อาร์. รีเซิชอินเตอร์เนชั่น		ไบแมกซ์		สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	493-2560	26 กันยายน 2566
56	บริษัท เอส.ซี.อาร์. รีเซิชอินเตอร์เนชั่น		ลาร์มอฟ		สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	494-2560	26 กันยายน 2566
57	บริษัท เอส.ซี.อาร์. รีเซิชอินเตอร์เนชั่น		โบแทม		สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช	495-2560	26 กันยายน 2566
58	บริษัท ซาลี เอสพีซี จำกัด	31 ซอยลาดพร้าว 138 ถนนลาดพร้าว แขวงคลองจั่น เขตยางกระปิ กรุงเทพฯ 10240	ซาลีเฟรท	ซาลี ฟาร์เมอร์	ปัจจัยการผลิตอื่นๆ (ไพแทสเซียมคลอไรด์)	ป.ฐ. 115/2562 ป.ฐ. 116/2562	19 มีนาคม 2567
59	บริษัท ไบโอฟิล เทคโนโลยี จำกัด	2 หมู่ 7 ถนน หนองพันจันทร์ ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี 70180	ไก่เกษตรชีวภาพ	ไก่เกษตรชีวภาพ	ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตชนิดของเหลว	4/2559	27 ธันวาคม 2564
60	บริษัท ไบโอฟิล เทคโนโลยี จำกัด		ไก่เกษตรชีวภาพ	ไก่เกษตรชีวภาพ	ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตชนิดผง	5/2560	3 ตุลาคม 2565
61	บริษัท ไบโอฟิล เทคโนโลยี จำกัด		ไก่เกษตรชีวภาพ	ไก่เกษตรชีวภาพ	ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตชนิดเม็ด	6/2560	3 ตุลาคม 2565
62	บริษัท ไบโอฟิล เทคโนโลยี จำกัด		ไก่เกษตรชีวภาพ	ไก่เกษตรชีวภาพ	ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์	6/2563	20 ตุลาคม 2568
63	บริษัท พรชัยเกษตร 1 ชีวภาพ พี.ซี. จำกัด	88 หมู่ 4 ถนนโพธิ์ทอง ตำบลบ้านนา อำเภอแกลง จังหวัดระยอง 21110	พี ซี โปรตักส์	พี ซี โปรตักส์	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว	128/2559	24 สิงหาคม 2564
64	บริษัท เอช บี แพลนท์ จำกัด	60 หมู่ 6 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ตำบลสระประดู่ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ 67130	เฮชช.ดีมูนน์	เฮชช.ดีมูนน์	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	92/2562	13 สิงหาคม 2567
65	บริษัท เอช บี แพลนท์ จำกัด		เฮชช.ดีมูนน์	เฮชช.ดีมูนน์	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	93/2562	13 สิงหาคม 2567
66	บริษัท คอมโพสท์ ยูอิ จำกัด	89 หมู่ 16 ถนนเชียงราย-เชียงใหม่ ตำบลดงมะดะ อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย 57250	ค้างคาวชากุระ	ค้างคาวชากุระ	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	54/2563	20 พฤษภาคม 2568
67	บริษัท คอมโพสท์ ยูอิ จำกัด		ค้างคาวชากุระ	ค้างคาวชากุระ	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	55/2563	20 พฤษภาคม 2568
68	บริษัท คอมโพสท์ ยูอิ จำกัด		ค้างคาวชามูไร	ค้างคาวชามูไร	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	22/2560	26 กุมภาพันธ์ 2565
69	บริษัท วัน สตาร์ เอ็มเมอรัลด์ จำกัด	134/1 หมู่ 2 ถนนสายท่าวุ้ง-บ้านเบิก ต. ท่าวุ้ง อ. ท่าวุ้ง จ.ลพบุรี 15150	วัน สตาร์ เอ็มเมอรัลด์	วัน สตาร์ เอ็มเมอรัลด์	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด	72/2562	30 กรกฎาคม 2567
70	บริษัท วัน สตาร์ เอ็มเมอรัลด์ จำกัด		วัน สตาร์ เอ็มเมอรัลด์	วัน สตาร์ เอ็มเมอรัลด์	ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง	73/2562	30 กรกฎาคม 2567
71	บริษัท อินโนฟาร์ม ไบโอเทค จำกัด	109/8 หมู่ 4 ตำบลบ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71000	อินโนฟาร์ม	อินโนฟาร์ม	ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์	4/2563	6 ตุลาคม 2568

คำสั่งสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓
ที่ ๘๙ /๒๕๖๓

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดการความรู้ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓

ตามที่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓ ได้มีมติคัดเลือกองค์ความรู้ ที่จำเป็นตามประเด็นยุทธศาสตร์ เรื่อง “เทคโนโลยีการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน” นั้น เพื่อให้ดำเนินการจัดการความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว ประสบความสำเร็จและเป็นประโยชน์ต่อบุคลากรของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓ หน่วยงานเครือข่าย และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องตามเป้าหมาย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓ จึงเห็นสมควร แต่งตั้งคณะทำงานจัดการความรู้ ปีงบประมาณ ๒๕๖๔ ซึ่งประกอบด้วย

๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน		ประธานคณะทำงาน
๒. ผู้อำนวยการกลุ่มวิชาการ	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓	รองประธานคณะทำงาน
๓. นางนิยม ไข่มุกข์	ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม	คณะทำงาน
๔. นางสุนารี คลังสมบัติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓	คณะทำงาน
๕. นางสาวศิลดา ประนาโส	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓	คณะทำงาน
๖. นางศศิธร ประพรม	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชัยภูมิ	คณะทำงาน
๗. นางสาวณัฐฎา ดีรักษา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรหนองคาย	คณะทำงาน
๘. นางปวีณา ทะรักษา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓	คณะทำงาน
๙. นางรัติกาล ยุทธศิลป์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓	คณะทำงาน
๑๐. นางสาวบุญญาภา ศรีหาตา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมุกดาหาร	คณะทำงาน

/๑๑. นางสาววิภารัตน์

สกพ.๓

๑๑. นางสาววิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย	คณะทำงาน
๑๒. นางสาวจุฑามาส ศรีสำราญ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร	คณะทำงาน
๑๓. นางสาวสุทธินันท์ ประสาธน์สุวรรณ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุดรธานี	คณะทำงาน
๑๔. นางแคทลิยา เอกอุ่น	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์	คณะทำงาน
๑๕. นางสาวกุศล ถมมา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓	คณะทำงานและเลขานุการ
๑๖. นางเอมอร เพชรทอง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะทำงานฯ มีหน้าที่ดังนี้

๑. จัดทำแผนการจัดการความรู้
๒. ดำเนินการตามแผนให้ครบถ้วนทุกกิจกรรม
๓. จัดทำรายงานผลการดำเนินงานเสนอคณะกรรมการบริหาร สวพ.๓ และจัดทำรายงานส่งงานแผนงานและประสานนโยบาย กลุ่มประสานและบริหารนโยบาย สวพ.๓ เพื่อดำเนินการต่อไป

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๕ ตุลาคม ๒๕๖๓

(นายจำลอง กกรัมย์)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓

สวพ.3

ที่อยู่หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3

180 ม.27 ต.ศิลา อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

โทร 0-4320-3500/0-4320-3504 Fax 0-4320-3501 e-mail : oard3@yahoo.com

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์

140 ม.10 ต.ยางตลาด อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ 46120

โทร 0 4389 1338/081 261 0599/0 4389 1121

e-mail : kalasin_fcrc@hotmail.com

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรหนองคาย

ตู้ ปณ.9 ปทจ.โพนพิสัย จ.หนองคาย 43120

โทร 0 4249 0936 Fax 0 4249 0935 e-mail : hort_nk@yahoo.com

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย

81 ม.8 ต.นาโป่ง อ.เมือง จ.เลย 42000

โทร 0 4280 4357/0 4280 4409 e-mail : loeiptsc@gmail.com

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม

144 ม.1 ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม 48000

โทร 0 4253 6896 e-mail : nkpn32000@hotmail.com

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร

143 ม.4 ต.ห้วยยาง อ.เมือง จ.สกลนคร 47000

โทร 0 4274 7150 0/ 0 4274 7157 โทรสาร 0 4274 7158

e-mail : sknfces@yahoo.com

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชัยภูมิ

190 ม.17 ต.นาฝาย อ.เมือง จ.ชัยภูมิ 36000

โทร 0 4412 4290 โทรสาร 0 4412 4291 e-mail : chaiyaphum@doa.in.th

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมุกดาหาร

95 ต.มุกดาหาร อ.เมือง จ.มุกดาหาร 49000

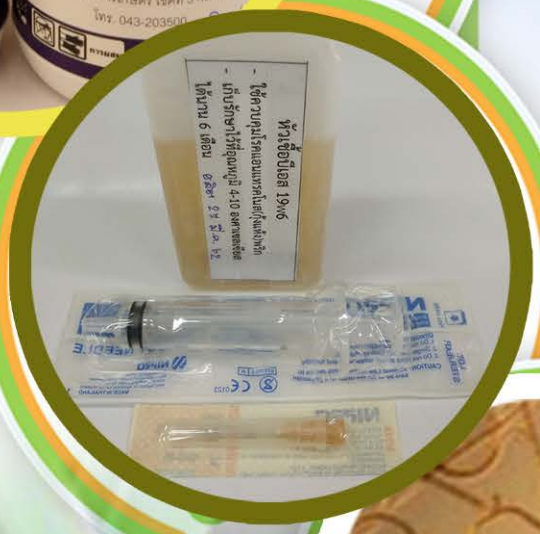
โทร 0 4261 1439 e-mail : mukdafces@yahoo.com

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุดรธานี

ปทจ.กุดจับ อ.กุดจับ จ.อุดรธานี 42150

โทร 042-219915 e-mail : arcd_udn@doa.in.th

สคส.3



สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น
180 หมู่ 27 ถนนมิตรภาพ ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
โทร 0-4320-3500 Email : Oard3@yaho.co.th www.oard3.doa.go.th

ออกแบบปก วีระชัย มุลนี
รูปเล่ม อรชร สินสุข