

ระดับความเป็นพิษของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema* ชนิดต่างๆ
ที่มีต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืช

Toxicity Level of Entomophatogenic Nematodes, *Steinernema* spp.
to the Lepidopteran Pests

สุวิมล วงศ์พลัง วิไลวรรณ เวชยันต์ อิศเรศ เทียนทัต
กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

รายงานความก้าวหน้า

การศึกษาระดับความเป็นพิษของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema riobrave* และ *Steinernema glaseri* ที่มีต่อหนอนกินรังผึ้ง วัย 5 หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย วัย 3 ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ระหว่างเดือน ตุลาคม 2561 - มีนาคม 2561 โดยวิธีหยดไส้เดือนฝอยลงบนอาหารเทียมและกระดาษกรอง ผลการทดลองพบว่า ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีค่า LC_{50} ระหว่าง 2.252 – 3.995 IJs/หนอน 1 ตัว โดย *S. carpocapsae* มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกินรังผึ้งสูงสุด (ค่า LC_{50} ต่ำสุด 2.252 IJs/หนอน 1 ตัว) ไส้เดือนฝอย *S. riobrave* มีค่า LC_{50} ระหว่าง 0.732–13.684 IJs/หนอน 1 ตัว มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้หอมสูงสุด (ค่า LC_{50} ต่ำสุด 0.732 IJs/หนอน 1 ตัว) ไส้เดือนฝอย *S. glaseri* มีค่า LC_{50} ระหว่าง 6.480–30.316 IJs/หนอน 1 ตัว มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกินรังผึ้งสูงสุด (ค่า LC_{50} ต่ำสุด 6.480 IJs/หนอน 1 ตัว)

คำหลัก : *Steinernema* LC_{50} ระดับความเป็นพิษ หนอนผีเสื้อศัตรูพืช

รหัสการทดลอง 03-05-59-02-01-00-18-60

คำนำ

ความเป็นพิษของสารแต่ละชนิดมีระดับไม่เท่ากัน สารบางชนิดทำให้คนตายได้แม้จะได้รับสารเข้าไปในร่างกายเพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่บางชนิดต้องได้รับเป็นปริมาณมากๆ จึงจะมีโอกาสตาย ดังนั้นจึงมีการกำหนดค่าความเป็นพิษของสารแต่ละชนิดเพื่อใช้บอกระดับอันตรายของสารนั้นๆ ระดับความเป็นพิษของสารที่นิยมใช้กันมาก เช่น LD₅₀ (Median Lethal Dose) LT₅₀ (Median Lethal Time) ED₅₀ (Median Effective Dose) KD₅₀ (Median Knockdown Dose) และ LC₅₀ (Median Lethal Concentration) ค่า LC₅₀ (Median Lethal Concentration) หมายถึง ค่าความเข้มข้นของสารพิษต่อน้ำหนักตัวที่สัตว์ทดลองได้รับเข้าไป แล้วทำให้สัตว์ทดลองตายเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนที่นำมาทดลองทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนด ใช้หน่วยเป็น ppm (part per million), มิลลิกรัม/ลิตร, มิลลิกรัม/กรัม (วสกร, ม.ป.ป.) สารกำจัดแมลงที่มีค่า LC₅₀ สูง จะแสดงให้เห็นว่าสารกำจัดแมลงนั้นๆ มีอันตรายต่อผู้ใช้น้อย เนื่องจากต้องได้รับในปริมาณมากจึงจะทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิตไปครึ่งหนึ่ง ในขณะที่ค่าตัวเลขต่ำจะแสดงความเป็นพิษรุนแรงสูง คือได้รับเพียงเล็กน้อยก็ทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิตไปครึ่งหนึ่ง แต่ค่า LC₅₀ ของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงนั้น จะแตกต่างออกไป เนื่องจากไส้เดือนฝอยเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่อยู่อาศัยอยู่ในลักษณะที่เป็น free-living หรือในลักษณะที่เข้าไปอยู่ในตัวแมลง ไม่มีอันตรายต่อคนและสัตว์ทุกชนิด ดังนั้น ค่า LC₅₀ ของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง จึงแสดงให้เห็นว่าไส้เดือนฝอยที่มีค่า LC₅₀ ต่ำ เป็นไส้เดือนฝอยที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้สูง

ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงที่มีการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวาง และมีรายงานว่าสามารถใช้ป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อศัตรูพืชได้ คือ ไส้เดือนฝอยในวงศ์ Steinernematidae มีลักษณะพิเศษคือ ดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับแบคทีเรีย *Xenorhabdus* sp. ซึ่งเป็น symbiotic bacteria แบคทีเรียนี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตขยายพันธุ์ของไส้เดือนฝอยทั้งในอาหารเทียม ในแมลงอาศัย และมีพิษทำให้แมลงตาย (Akhurs, 1980) ไส้เดือนฝอยตัวอ่อนวัย 3 ระยะเข้าทำลายแมลง (infective juvenile) จะเข้าทำลายแมลงทางช่องเปิดต่างๆ ได้แก่ ปาก (mouth) ทวาร (anus) และรูหายใจ (spiracle) จากนั้นจะไชเข้าสู่กระแสเลือดของแมลง และปล่อยแบคทีเรียออกมาแพร่กระจายอย่างรวดเร็วในระบบเลือด ทำให้เลือดเป็นพิษ (septicaemia) และแมลงตายภายใน 24-48 ชั่วโมงขึ้นไป (วัชรวิ, 2544) จากการทดสอบหาแมลงอาศัยในห้องปฏิบัติการของวัชรวิ (2544) พบว่า ไส้เดือนฝอยสามารถเข้าทำลายหนอนผีเสื้อศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น หนอนกินใต้ผิวเปลือกถั่วลิสงกลางสาด หนอนห่อใบข้าว หนอนกอ หนอนคืบกระหล่ำ หนอนเจาะยอด หนอนใยผัก หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก หนอนเจาะสมอฝ้าย และหนอนกินรังผึ้ง เป็นต้น หนอนกินรังผึ้ง (Greater Wax Moth, *Galleria mellonella*) เป็นศัตรูที่สำคัญของผึ้งโพรงมักพบในรังผึ้งที่อ่อนแอ มีประชากรผึ้งงานน้อย ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนชนิดหนึ่ง ตัวหนอนจะไปซ่อนไข่กัดกินรวงผึ้งเป็นอาหาร เห็นเป็นเส้นใยปกคลุมอยู่ทั่วไป สร้างความเสียหายให้กับรวงผึ้ง

หนอนกระทู้หอม (Beet armyworm, *Spodoptera exigua*) เป็นแมลงศัตรูที่มีพืชอาหารกว้าง เช่น ผักตระกูลกระหล่ำ หอม หน่อไม้ฝรั่ง ผีเสื้อ และไม้ดอกหลายชนิด ตัวหนอนจะมีแถบสีขาวพาดด้านข้างตามความยาวลำตัวด้านละแถบจากส่วนอกถึงปลายสุดลำตัว ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน วางไข่เป็นกลุ่มเล็กๆ ตามใต้ใบ ตัวหนอนจะแทะกินผิวใบด้านล่างของผัก มักหลบซ่อนอยู่ตามใต้ใบ ใบยอด หรือซอกกาบใบ (จรรยา, ม.ป.ป.) ความเสียหายมักพบรุนแรงกับหนอนในระยะโตตั้งแต่วัย 3 ขึ้นไป

หนอนกระทู้ผัก (Common cutworm, *Spodoptera litura*) เป็นแมลงศัตรูที่มีพืชอาหารกว้าง เช่น ผักตระกูลกระหล่ำ พืชตระกูลถั่ว พืชไร่ และไม้ดอกหลายชนิด ตัวหนอนจะมีจุดสีดำใหญ่ตรงปล้องที่ 3 เมื่อหนอนฟักออกจากไข่ใหม่ๆ จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและแทะกินเฉพาะผิวใบด้านล่างเหลือไว้แต่เส้นใบ เมื่อผิวใบแห้งแล้วจะเห็นเป็นสีขาวๆ เป็นสัญลักษณ์ของการเริ่มทำลายของหนอนกระทู้ผัก เมื่อหนอนโตขึ้นเป็นวัย 2-3 จะแยกกลุ่มออกไปกัดกินใบพืชทั่วทั้งแปลง (จรรยา, คลินิกพืช กรมส่งเสริมการเกษตร, 2017)

หนอนเจาะสมอฝ้าย (Cotton bollworm, American bollworm, Corn earworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner)) เริ่มเข้าระบาดทำความเสียหายให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกฝ้าย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 และพบระบาดติดต่อกันทุกปี ต่อมากลายเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของพืชผักไม้ผล และพืชไร่หลายชนิด เช่น มะเขือเทศ ส้มเขียวหวาน ข้าวโพด ยาสูบ เป็นต้น

แต่ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานอัตราการใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงชนิดต่างๆ ที่มีต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืชที่ชัดเจน ดังนั้นจึงทำการศึกษาระดับความเป็นพิษของไส้เดือนฝอยที่มีต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืชที่สำคัญเหล่านี้ นอกจากนี้ผลของการศึกษาระดับความเป็นพิษยังสามารถใช้เป็นค่ามาตรฐานเพิ่มเติมในการกำหนดคุณภาพของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงร่วมกับมาตรฐานเดิมที่มีอยู่ให้มีความน่าเชื่อถือต่อผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้นอีกด้วย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ไส้เดือนฝอยระยะเข้าทำลายแมลง (IJ) 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Steinernema carpocapsae*, *S. riobrave*, และ *S. glaseri*
2. หนอนผีเสื้อศัตรูพืช 4 ชนิด ได้แก่ หนอนกินรังผึ้ง หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย
3. อุปกรณ์เลี้ยงแมลง เช่น อาหารเทียม กล่องเลี้ยงแมลง กรงเลี้ยงแมลง
4. Multiwell plate ขนาด 6 หลุม
5. กระดาษกรอง

6. micropipete
7. กล้องจุลทรรศน์

วิธีการ

1. เลี้ยงขยายหนอนผีเสื้อศัตรูพืชในห้องปฏิบัติการ

เก็บรวบรวมหนอนผีเสื้อศัตรูพืชจากแหล่งปลูกพืชต่างๆ นำมาเลี้ยงขยายในห้องปฏิบัติการโดยหนอนกินรังผึ้ง หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย เลี้ยงด้วยอาหารเทียม

2. เลี้ยงขยายไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง 3 สายพันธุ์

เลี้ยงขยายไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงเลี้ยงด้วยแมลงอาศัย หนอนกินรังผึ้ง

3. ศึกษาระดับความเป็นพิษไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสกุล *Steinernema* ชนิดต่างๆ ต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืช

- 3.1 เตรียมไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae*, *S. riobrave* และ *S. glaseri* อัตราความเข้มข้นที่ทำให้หนอนตายในช่วง 10 – 90 เปอร์เซ็นต์ 5 ระดับ ดังนี้

ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (IJs/ตัว)	หนอนผีเสื้อศัตรูพืช			
	หนอนกินรังผึ้ง	หนอนกระทู้หอม	หนอนกระทู้ผัก	หนอนเจาะสมอฝ้าย
<i>S. carpocapsae</i>	1, 5, 10, 15, 20	1, 5, 10, 15, 20	1, 5, 10, 15, 20	1, 5, 10, 15, 20
<i>S. riobrave</i>	1, 10, 20, 30, 40	1, 5, 10, 15, 20	1, 5, 10, 15, 20	1, 5, 10, 15, 20
<i>S. glaseri</i>	1, 5, 10, 15, 20	1, 10, 20, 30, 40	1, 10, 20, 30, 40	

3.2 เตรียม multiwell plate ขนาด 6 หลุม ตัดกระดาษกรองรองกันหลุม และหยดน้ำกลั่น 100 ไมโครลิตรเพื่อให้ความชื้น

3.3 ตัดอาหารเทียมขนาด 1.5X1.5 เซนติเมตร วางบนกระดาษกรอง สำหรับเป็นอาหารของหนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย

3.4 หยดไส้เดือนฝอยที่เตรียมไว้ลงบนอาหารเทียม หลุมละ 100 ไมโครลิตร ปิดฝาทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อการปรับตัว

3.5 เขี่ยหนอนแต่ละชนิดลงบนอาหารเทียม หลุมละ 1 ตัว ทำการทดสอบอัตราความเข้มข้นละ 40 ตัว

3.6 ทำการทดสอบระดับความเป็นพิษของไส้เดือนฝอยสกุล *Steinernema* ทุกชนิดกับหนอนกินรังผึ้งวัย 5 หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้ายวัย 3

บันทึกข้อมูลจำนวนการตายหนอนในแต่ละกรรมวิธีที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังการทดลอง และนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์หนอนตายมาหาค่าความเข้มข้นของสารที่ทำให้หนอนตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC₅₀) ด้วยโปรแกรม Probit analysis

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา : ตุลาคม 2559 – มีนาคม 2561

สถานที่ : ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง Steinemema ทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *S. carpocapsae*, *S. riobrave*, และ *S. glaseri* มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกินรังผึ้ง หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย แตกต่างกัน โดยไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีค่า LC₅₀ ระหว่าง 2.252 – 3.995 U/s/หนอน 1 ตัว มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกินรังผึ้งสูงสุด (ค่า LC₅₀ ต่ำสุด 2.252 U/s/หนอน 1 ตัว) รองลงมา คือ หนอนกระทู้ผัก หนอนเจาะสมอฝ้ายและหนอนกระทู้หอม (ค่า LC₅₀ เท่ากับ 3.700, 3.755 และ 3.995 U/s/หนอน 1 ตัว ตามลำดับ) (ตารางที่ 1)

ไส้เดือนฝอย *S. riobrave* มีค่า LC₅₀ ระหว่าง 0.732–13.684 U/s/หนอน 1 ตัว มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้หอมสูงสุด (ค่า LC₅₀ ต่ำสุด 0.732 U/s/หนอน 1 ตัว) รองลงมา คือ หนอนกระทู้ผัก หนอนเจาะสมอฝ้าย และหนอนกินรังผึ้ง (ค่า LC₅₀ เท่ากับ 1.514, 3.210 และ 13.684 U/s/หนอน 1 ตัว ตามลำดับ) (ตารางที่ 2)

ไส้เดือนฝอย *S. glaseri* มีค่า LC₅₀ ระหว่าง 6.480–30.316 U/s/หนอน 1 ตัว มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกินรังผึ้งสูงสุด (ค่า LC₅₀ ต่ำสุด 6.480 U/s/หนอน 1 ตัว) รองลงมา คือ หนอนกระทู้ผัก และ หนอนกระทู้หอม (ค่า LC₅₀ เท่ากับ 17.025 และ 30.316 U/s/หนอน 1 ตัว ตามลำดับ) (ตารางที่ 3)

เห็นได้ว่าไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงทั้ง 3 สายพันธุ์ มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกินรังผึ้ง หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัยที่ทำให้แมลงแต่ละชนิดต้านทานหรืออ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย จากวิธีการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงวัย 3 หรือ ระยะเข้าทำลาย (infective juvenile) จะนำแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้เข้าสู่ช่องว่างภายในลำตัวแมลง โดยผ่านทางช่องเปิดต่างๆ ได้แก่ ปาก (mouth) รูหายใจ (spiracle) และช่องทวาร (anus) โครงสร้างของช่องเปิดเหล่านี้มีผลต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยได้ โดยเฉพาะรูหายใจ ในแมลงบางชนิดมีแผ่นคล้ายตะแกรงบริเวณช่องเปิดรูหายใจเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าไป ฉะนั้นไส้เดือนฝอยจึงไม่สามารถเข้าทำลาย

ทางนี้ได้ เช่น ตัวอ่อนด้วง *Phyllophaga birticula* (Forschler and Garner, 1991) หนอนแมลงวันบ้าน (Renn, 1988) และหนอนแมลงวัน leather jacket (Peter and Ehlers, 1994) ไล่เดือนฝอยที่เข้าทำลายทางปากมีโอกาที่จะถูกบดเคี้ยวพร้อมอาหารโดยกรมของแมลง เช่น ตัวอ่อนต่อ larch sawfly การถ่ายมูลของแมลงก็เป็นอุปสรรคต่อการเข้าทำลายทางทวารได้ (Georgis and Hague, 1981) และความเป็นกรดต่างของของเหลวในลำไส้ของแมลง ยังสามารถฆ่าหรือลดประสิทธิภาพของไล่เดือนฝอยลงได้ (Renn, 1988) นอกจากนี้แมลงยังสามารถผลิตสารพวก peptide ซึ่งมีฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรียได้อีกด้วย

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

ระดับความเป็นพิษของไล่เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema* จำนวน 3 สายพันธุ์ คือ *S. carpocapsae*, *S. riobrave* และ *S. glaseri* ที่มีต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืช 4 ชนิด คือ หนอนกินรังผึ้ง หนอนกระทู้หอม หนอนกระทู้ผัก และหนอนเจาะสมอฝ้าย พบว่า ไล่เดือนฝอยศัตรูแมลงทั้ง 3 สายพันธุ์ มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนผีเสื้อแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยไล่เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืชทั้ง 4 ชนิด สูงใกล้เคียงกันโดยมีค่า LC_{50} อยู่ระหว่าง 2.252 - 3.995 IJs/หนอน 1 ตัว ส่วนไล่เดือนฝอย *S. riobrave* มีค่าระดับความเป็นพิษค่อนข้างสูง โดยมีค่า LC_{50} อยู่ระหว่าง 0.732 - 13.684 IJs/หนอน 1 ตัว ส่วนไล่เดือนฝอย *S. glaseri* มีระดับความเป็นพิษต่อหนอนกินรังผึ้ง หนอนกระทู้หอม และหนอนกระทู้ผักต่ำสุด ซึ่งมีค่า LC_{50} สูงสุดระหว่าง 6.480 - 30.316 ระดับความเป็นพิษของไล่เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema* ที่มีค่า LC_{50} ต่ำ นอกจากจะแสดงให้เห็นว่าไล่เดือนฝอยมีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนผีเสื้อศัตรูพืชแล้ว ยังสามารถนำมาใช้เป็นค่ามาตรฐานเพิ่มเติมในการกำหนดคุณภาพของไล่เดือนฝอยศัตรูแมลงร่วมกับมาตรฐานเดิมที่มีอยู่ให้มีความน่าเชื่อถือต่อผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้การที่ไล่เดือนฝอยแต่ละชนิดมีระดับความเป็นพิษต่อหนอนผีเสื้อแตกต่างกัน เนื่องจากแมลงมีการสร้างภูมิคุ้มกันตัวเอง ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิด และลักษณะสัณฐานทางสรีระของแมลงและไล่เดือนฝอยศัตรูแมลง ดังนั้นการศึกษาระดับความเป็นพิษของไล่เดือนฝอยศัตรูแมลงที่มีต่อหนอนผีเสื้อศัตรูพืชนั้น จึงควรมีการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหนอนแต่ละชนิดด้วยเพื่ออธิบายปัจจัยต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณประยูร จันทน์นาม คุณนงลักษณ์ จันเขย คุณสมพิศ อุบัติ คุณวัชรวิภา แจ่มจันทร์ คุณอำไพ หาญมนตรี คุณบำรุง อินทโชติ และทีมงานทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและช่วยปฏิบัติงานทดลองครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- วสกร บัลลังก์โพธิ์. ม.ป.ป. พืชวิทยานิเวศเบื้องต้น. เอกสารคำสอนวิชานิเวศวิทยา. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วัชรีย์ สมสุข. 2544. ไล่เดือนฝอยศัตรูแมลง. 209-244. ใน พิมลพร นันทะ ผู้รวบรวม. *เอกสารวิชาการ การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเพื่อการเกษตรยั่งยืน*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. คลินิกพืช. (ระบบออนไลน์).
<http://www.agriqua.doae.go.th/plantclinic/Clinic/plant/index.html> (13 มีนาคม 2561)
- Akhurst, R.J. 1980. Morphological and functional dimorphism in *Xenorhabdus* sp. Bacteria symbiotically associated with insect pathogenic nematode *Neoaplectana* and *Heterorhabditis*. *J.Gen. Microbiol.* 121: 303 – 309.
- Forschler, B.T. and Garner, W.A. 1991. Parasitism of phyllophaga birticula (Coleoptera: Scarabaeidae) by *Heterorhabditis helithidis* and *Steinernema carpocapsae*. *J. of Invertebrate pathology.* 58: 396-407.
- Georgis, R. and Hague, N.G.M. 1981. A neoaplectanid nematode in the larch sawfly *Cephalcia lariciphila* (Hymenoptera: Pamphiliidae). Pages 171-177. *In: Annals of Applied Biology* 99.
- Peter, A. and Ehlers, R-U. 1994. Susceptibility of leather jackets (*Tipula paludosa* and *Tipula oleracea*; Tipulidae; Nematocera) to the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. *J. of Invertebrate pathology.* 63: 163-171.
- Renn, N. 1988. Routes of penetration. of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* attacking larval and adult house flies (*Musca domestica*). *J. of Invertebrate pathology.* 72: 281-287.

Table 1 LC₅₀ of *Steinernema carpocapsae* against *Galleria mellonella*, *Spodoptera exigua*, *Spodoptera litural* and *Helicoverpa armigera* in filter paper bioassays at 72 h after application

Pests	n	LC ₅₀ (95% FL) [IJs/larva]	Slope ± SE
<i>Galleria mellonella</i>	40	2.252 (1.008 – 3.657)	2.166 ± 0.166
<i>Spodoptera exigua</i>	40	3.995 (0.739 – 7.537)	0.248 ± 0.19
<i>Spodoptera litura</i>	40	3.700 (2.145 – 5.387)	2.248 ± 0.170
<i>Helicoverpa armigera</i>	40	3.755 (0.079 – 9.627)	1.659 ± 0.146

Table 2 LC₅₀ of *Steinernema riobrave* against *Galleria mellonella*, *Spodoptera exigua*, *Spodoptera litural* and *Helicoverpa armigera* in filter paper bioassays at 72 h after application

Pests	n	LC ₅₀ (95% FL) [IJs/larva]	Slope ± SE
<i>Galleria mellonella</i>	40	13.684 (-47.654 – 42.417)	0.049 ± 0.004
<i>Spodoptera exigua</i>	40	0.732 (0.590 – 0.819)	3.745 ± 0.640
<i>Spodoptera litura</i>	40	1.514 (0.650 – 2.465)	2.024 ± 0.174
<i>Helicoverpa armigera</i>	40	3.210 (2.690 – 3.745)	2.354 ± 0.175

Table 3 LC₅₀ of *Steinernema glaseri* against *Galleria mellonella*, *Spodoptera exigua* and *Spodoptera litural* in filter paper bioassays at 72 h after application

Pests	n	LC ₅₀ (95% FL) [IJs/larva]	Slope ± SE
<i>Galleria mellonella</i>	40	6.480(0.602–11.535)	0.138±0.010
<i>Spodoptera exigua</i>	40	30.316 (-26.291 – 81.022)	0.033 ± 0.002
<i>Spodoptera litura</i>	40	17.025 (11.461 – 23.070)	0.093 ± 0.006
<i>Helicoverpa armigera</i>			