

ประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (*Steinernema carpocapsae* (Weiser),  
*S. riobrave* Cabanillas, Poinar and Raulston และ *S. siamkayai* Stock,  
Somsook and Reid) ในการเข้าทำลายแมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis* (Hendel))  
ภายใต้สภาพต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

The Efficacy of Entomopathogenic Nematode (*Steinernema carpocapsae* (Weiser),  
*S. riobrave* Cabanillas, Poinar and Raulston and *S. siamkayai* Stock, Somsook  
and Reid) to Infect the Oriental Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel))  
under Different Conditions in the Laboratory

สุทธิชัย สมสุข<sup>1/</sup>

Suthichai Somsook

วัชรีย์ สมสุข<sup>2/</sup>

Vacharee Somsook

#### ABSTRACT

The efficacy of the three entomopathogenic nematode species namely *Steinernema carpocapsae*, *S. riobrave* and *S. siamkayai* against oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) was conducted in 3 experiments at the laboratory of Department of Agriculture during October 2003 - September 2004. The first experiment was designed in CRD with 3 replications and 12 treatments resulting from the combination between 3 nematode species and 4 nematode suspension concentration rates used at 200, 400, 800 and 1600 IJs/ml/cup. The second experiment was conducted separately in 3 subtests according to 3 different temperatures at 25, 30 and 35 °C, Each subtest was arranged in CRD with 3 replications and 3 treatments including three nematode species. A combined analysis was introduced to resolve the interaction between the nematode species and temperatures. The third experiment was designed as 3 x 3 Factorial in CRD with 3 replications. The factor A was the nematode species namely *S. carpocapsae*, *S. riobrave* and *S. siamkayai* and the factor

---

<sup>1/</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

<sup>1/</sup> Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasart University, Klong Luang district, Pathum Thani province 12120

<sup>2/</sup> กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

<sup>2/</sup> Entomology and Zoology Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

B was three growth stages of oriental fruit fly consisting of 5 and 9 day-old larvae or early and late 3<sup>rd</sup> instars (prepupae) and 11 day-old pupae. The early third larval instars were used in the experiment 1 and 2, the dosage for the trial 2 and 3 conducted at 25 °C was 800 IJs/ml/cup. Each replication for all tests contained 5 larvae or pupae. Three days after exposure, the result showed that at the increasing concentrations of 200 and 400 IJs/ml/cup to 800 and 1600 IJs/ml/cup *S. carpocapsae*, *S. riobrave* and *S. siamkayai* caused significantly higher mortality from 20.0-53.3 to 33.3-86.7 %, at the most effective dosages used (800 and 1600 IJs/ml/cup) *S. carpocapsae* (82.2-86.7%) and *S. riobrave* (71.1-80.0%) exhibited significantly higher efficacy than *S. siamkayai* (33.3-40.0%). At 25 and 30 °C *S. carpocapsae* caused high mortality rates (86.7 and 84.5%) to the early third instars of fruit fly larvae whereas significantly decreased at 35 °C to 8.9%. At 30 and 35 °C *S. riobrave* showed 84.5 percent of mortality which decreased insignificantly at 25 °C to 75.6 % and *S. siamkayai* gave significantly different mortality at 30 °C at 35.6% and at 35 °C at 22.2%. Every temperature level *S. siamkayai* had significantly less mortality rates than the first two species. The effectiveness of the three nematode species against pupae

of fruit fly was very low (0-6.7 %) while the larval stages were significantly more susceptible. The mortality percentages of early and late 3<sup>rd</sup> instars caused by *S. carpocapsae* were 86.7 and 80.0% respectively, being significantly higher than those caused by *S. riobrave* were 75.6 and 62.2, respectively, whereas *S. siamkayai* gave the significantly least mortality with 22.2% for larvae and 8.9 % for prepupae.

**Key words** : entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* (Weiser), *Steinernema riobrave* Cabanilas, Poinar and Raulston *Steinernema siamkayai* Stock Soomsook and Reid, *oreintal fruit (Bactrocera dorsalis* (Hendel))

### บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอย 3 ชนิด คือ *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema riobrave* และ *Steinernema siamkayai* ในการเข้าทำลายแมลงวันผลไม้ (oriental fruit fly; *Bactrocera dorsalis* (Hendel)) ในสภาพห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2546-กันยายน พ.ศ. 2547 โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ ในการทดลองที่ 1 วางแผนแบบ CRD 3 ซ้ำ 12 กรรมวิธี เป็นกรรมวิธีร่วมกัน (treatment combination) ระหว่างชนิดของไส้เดือนฝอย 3 ชนิด กับอัตราความหนาแน่นของไส้เดือนฝอย 4 ระดับ คือ

200 400 800 และ 1,600 ตัว/มล./ถ้วย การทดลองที่ 2 ประกอบด้วย 3 การทดลองย่อยที่แตกต่างกัน ตามระดับอุณหภูมิคือ 25 30 และ 35 °ซ วางแผนแบบ CRD 3 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ ไล่เดือนฝอย 3 ชนิด วิเคราะห์รวมหลายการทดลอง (combined analysis) เพื่อหาปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดของไล่เดือนฝอยกับระดับอุณหภูมิ การทดลองที่ 3 วางแผนแบบ 3 x 3 Factorial in CRD 3 ซ้ำ โดยมี 3 ชนิดของไล่เดือนฝอยเป็นปัจจัย A และวัยต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ ได้แก่ หนอนอายุ 5 วัน หรือวัย 3 ช่วงต้น อายุ 9 วัน หรือวัย 3 ก่อนเข้าดักแด้ และระยะดักแด้ หรืออายุ 11 วัน เป็นปัจจัย B ความหนาแน่นของไล่เดือนฝอยที่ใช้สำหรับการทดลองที่ 2 และ 3 คือ 800 ตัว/มล./ถ้วย และใช้หนอนแมลงวันผลไม้ อายุ 5 วัน สำหรับการทดลองที่ 1 และ 2 และทดลองที่ระดับอุณหภูมิ 25 °ซ สำหรับการทดลองที่ 1 และ 3 พบว่า ในการทดลองที่ 1 เมื่อเพิ่มความหนาแน่นของไล่เดือนฝอยเป็น 800 และ 1,600 ตัว/มล./ถ้วย หลังการทดลอง 72 ชั่วโมง ทำการตรวจผล ทำให้อัตราการตายหนอนแมลงวันผลไม้ อายุ 5 วัน 82.2 และ 86.7% ต่ำสุดอย่างชัดเจน ส่วนที่เกิดจากไล่เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีแนวโน้มว่าประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมา 71.1 และ 80.0% *S. riobrave* และ 40.0% เท่ากัน *S. siamkayai* สูงขึ้น และแตกต่างกันจากความหนาแน่นที่ระดับต่ำกว่า คือ 200 และ 400 ตัว/มล./ถ้วย ซึ่งมีอัตราการตายเกิดจากไล่เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวอยู่ระหว่าง 20.0-53.3% เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอัตรา ความหนาแน่นที่ 800 และ 1,600 ตัว/มล./ถ้วย ในการทดลองที่ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 °ซ *S. carpocapsae* สามารถเข้าทำลายหนอนแมลงวันผลไม้ วัย 3 ช่วงต้นได้ถึง 86.7%

สูงกว่า *S. riobrave* ซึ่งทำลายได้ 75.6% ส่วนที่ 30 °ซ ไล่เดือนฝอยทั้ง 2 ชนิดนี้มีเปอร์เซ็นต์การทำลายเท่ากันที่ 84.5 ซึ่งไม่แตกต่างกันกับที่ระดับ 25 °ซ และที่ระดับ 35 °ซ *S. riobrave* ยังมีประสิทธิภาพการทำลายสูงถึง 84.5% ในขณะที่ *S. carpocapsae* มีเปอร์เซ็นต์การทำลายลดลงเหลือเพียง 8.9 ซึ่งแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม *S. siamkayai* มีประสิทธิภาพต่ำสุดระหว่าง 22.2-35.6 % ในทุกระดับอุณหภูมิ และแตกต่างกับไล่เดือนฝอย 2 ชนิดแรก ในการทดลองที่ 3 หนอนแมลงวันผลไม้ อายุ 5 วัน วัย 3 ช่วงต้น และอายุ 9 วัน (วัย 3 ก่อนเข้าดักแด้) อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไล่เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิดมากกว่าระยะดักแด้ ไล่เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถทำลายหนอนอายุ 5 วัน และ 9 วัน ได้ 86.7 และ 80% รองลงมา ได้แก่ *S. riobrave* ซึ่งมีระดับการทำลาย 75.6 และ 62.2% ตามลำดับ ส่วน *S. siamkayai* มีระดับการทำลายต่ำสุด คือ 22.2 และ 8.9% ซึ่งมีความแตกต่างกัน *S. riobrave* และ *S. siamkayai* มีเปอร์เซ็นต์การทำลายหนอนวัย 3 ช่วงต้นสูงกว่า และแตกต่างจากหนอนวัย 3 ก่อนเข้าดักแด้ ส่วนการทำลายดักแด้ของไล่เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิดอยู่ในระดับต่ำ 0-6.7 %

**คำหลัก :** ไล่เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema carpocapsae* (Weiser), *Steinernema riobrave* Cabanilas, Poinar and Raulston, *Steinernema siamkayai* Stock, Soomsook and Reid แมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel)

## คำนำ

แมลงวันผลไม้ (oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel)) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากในแถบเขตร้อน ระบาดรุนแรงทำลายผลไม้เกือบทุกชนิด เพศเมียวางไข่สีกลไป 2-3 ซม. ไข่ฟิวเปลือกผลไม้หรือตามรอยแผลไข่จะฟักเป็นตัวหนอนภายใน 1 วัน การเจริญเติบโตของหนอนใช้เวลา 8 วัน มี 3 ระยะ หนอนจะกัดกินเนื้อผลไม้ทำให้ผลเน่าและร่วงหล่น ตัวหนอนวัย 3 เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่อายุ 9 วันจะเข้าสู่ดักแด้ ตัวหนอนในวัยนี้มีความสามารถดีตัวออกจากผลไม้ลงดินเข้าดักแด้อยู่ในดินลึก 1-4 ซม. ระยะดักแด้ประมาณ 10-12 วัน (มนตรีและคณะ, 2527) ตัวเต็มวัยเพศผู้เล็กกว่าเพศเมียจะผสมพันธุ์หลังจากออกจากดักแด้ 7-14 วัน แล้ววางไข่ได้ทันที วงจรชีวิตจากไข่ถึงตัวเต็มวัย 18-20 วัน นอกจากก่อความเสียหายแก่ผลไม้และผักแล้วยังเป็นอุปสรรคต่อการส่งออกผลไม้ไปต่างประเทศ เนื่องจากมีหลายประเทศ เข้มงวดการนำเข้าจากประเทศที่มีแมลงวันผลไม้ระบาด การดำเนินการป้องกันกำจัดมีหลายวิธี ได้แก่ การห่อผล (บุญสม, 2526) การปล่อยตัวผู้ที่เป็นหมันเพื่อลดประชากร (ประเวศ, 2529) ใช้กับดักสารเพศล่อ (มนตรีและคณะ, 2525) ใช้เหยื่อพิษ (มนตรีและคณะ, 2527) ใช้ตัวเบียนที่เป็นศัตรูธรรมชาติ (บรรพต, 2525) การอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้เพื่อส่งออก (อุตรและคณะ, 2529)

การใช้ไส้เดือนฝอยซึ่งเป็นศัตรูธรรมชาติของแมลง มาใช้ในการควบคุมแมลงวันผลไม้เป็นอีกวิธีหนึ่ง เนื่องจากไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในสกุล *Steinernema* และ *Heterorhabditis* สามารถทำลายแมลงได้หลายชนิด (Poinar, 1979) ไส้เดือน

ฝอยเหล่านี้ มีชีวิตอยู่ร่วมกับแบคทีเรียแบบ symbiosis ซึ่งอาศัยอยู่ในลำไส้ส่วนหน้า เมื่อไส้เดือนฝอยวัย 3 ระยะเข้าทำลาย (Infective Juvenile (IJs)) ไส้เดือนเข้าไปอยู่ในช่องว่างลำตัวของแมลง (haemocoel) แบคทีเรียจะถูกปล่อยออกมาอยู่ในระบบเลือดของแมลง และเป็นสาเหตุการตายของแมลงภายใน 24-48 ชม.

ในประเทศไทยได้มีการนำไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชต่าง ๆ หลายชนิดได้เป็นผลสำเร็จ คือ หนอนกินไข่ฟิวเปลือกองกอง (วัชรและคณะ, 2529) หนอนกระทู้หอมในดาวเรือง (วัชรและคณะ, 2537) ตัวอ่อนด้วงหมัดผักในผักกาดหัว (วัชรและคณะ, 2534ก.) ตัวงวงวงมันเทศ (วัชรและคณะ, 2534ข.) ส่วนการทดลองเกี่ยวกับแมลงวันผลไม้ Lindergren และ Vail (1986) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *Steinernema feltiae* (*Steinernema carpocapsae*) ต่อหนอนแมลงวันผลไม้วัย 3 จำนวน 3 ชนิดด้วยกัน คือ *Ceratitis capitata* *Dacus dorsalis* และ *Dacus correcta* โดยพบว่า ไส้เดือนฝอยในอัตรา 500-500,000 ตัว/ถ้วย มีการตายตั้งแต่ 9-92 % Lindergren และคณะ (1990) ได้รายงานว่ *S. feltiae* มีประสิทธิภาพในการทำลายแมลงวันผลไม้ *C. capitata* ในสภาพธรรมชาติโดยใช้ในอัตรา 500-1,500 ตัว/ตร.ชม. สามารถทำให้แมลงวันผลไม้ตายได้ 76.5-85.1 % สุภาภรณ์ (2542) พบว่าการใช้ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในอัตรา 100-500 ตัว/จานทดลอง ทำให้หนอนแมลงวันผลไม้ วัย 3 ตาย 2.5-12.5 % ในระยะเวลา 48 ชม.

ปัจจุบันมีการค้นพบไส้เดือนฝอยชนิดใหม่ๆ

ในแถบที่มีภูมิอากาศร้อน ได้แก่ *Steinernema riobrave* Cabanillas รายงานพบที่มลรัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา (Cabanillas *et al.*, 1994) และ *S. siamkayai* ได้ค้นพบครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2539 ที่อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ (Stock *et al.*, 1998) ไล่เดือนฝอยทั้ง 2 ชนิดนี้มีความสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงกว่า 35 °ซ โดยเฉพาะ *S. riobrave* มีประสิทธิภาพ ในการทำลายหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigue*) และหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) ได้สูงถึง 80-96% ที่ระดับอุณหภูมิ 35 °ซ (วัชรวิและสุทธิชัย, 2546) จุดประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อที่จะศึกษา ถึงศักยภาพของไล่เดือนฝอย *S. riobrave* และ *S. siamkayai* ที่ค้นพบใหม่ในการ เข้าทำลายแมลงวันผลไม้ซึ่งเป็นศัตรูพืชที่สำคัญ ทางเศรษฐกิจ ชนิดหนึ่งตามที่กล่าวมาแล้ว โดยเปรียบเทียบกับ *S. carpocapsae* ซึ่งมีผู้ศึกษา และทดสอบมากที่สุด และสามารถควบคุมศัตรูพืชได้ดีในอุณหภูมิที่ระดับ 25 °ซ (วัชรวิและสุทธิชัย, 2546) และขณะเดียวกัน ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพไล่เดือนฝอยดังกล่าว ได้แก่ ความหนาแน่นของไล่เดือนฝอย ระดับอุณหภูมิและวัยต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ ทั้งนี้จะได้ทำการคัดเลือกไล่เดือนฝอยชนิดที่มี ประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ ของประเทศไทย ในการที่จะนำไปใช้ในการควบคุม แมลงวันผลไม้ ในสภาพธรรมชาติต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ กลุ่มงาน วิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2544-กันยายน พ.ศ. 2545 งาน

วิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง โดยการทดลอง ที่ 1 วางแผนแบบ CRD 3 ซ้ำ 12 กรรมวิธี เป็น กรรมวิธีร่วมกัน (treatment combination) ระหว่างชนิดของไล่เดือนฝอย 3 ชนิด ได้แก่ *S. carpocapsae* *S. riobrave* และ *S. siamkayai* และอัตราความหนาแน่นของไล่เดือนฝอย 4 ระดับ ได้แก่ 200 400 800 และ 1,600 ตัว/มล./ถ้วย และการทดลองที่ 2 ประกอบด้วย 3 การทดลองย่อยที่แตกต่างกันตามระดับอุณหภูมิ คือ 25 30 และ 35 °ซ วางแผนแบบ CRD 3 ซ้ำ 3 กรรมวิธี ได้แก่ ชนิดของไล่เดือนฝอย 3 ชนิดดังกล่าวข้างต้น แล้วอาศัยการวิเคราะห์รวมหลายการทดลอง (combined analysis) เพื่อหาปฏิสัมพันธ์ ระหว่างชนิดของไล่เดือนฝอยกับระดับอุณหภูมิ ส่วนการทดลองที่ 3 วางแผนแบบ 3 x 3 Factorial in CRD 3 ซ้ำ โดยปัจจัย A คือชนิดของไล่เดือนฝอย 3 ชนิดดังกล่าวข้างต้น ปัจจัย B คือ วัยต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ ได้แก่ หนอนอายุ 5 วัน หรือวัย 3 ช่วงต้น อายุ 9 วันหรือวัย 3 ก่อนเข้าดักแด้ และระยะดักแด้หรืออายุ 11 วัน ความหนาแน่นของไล่เดือนฝอยที่ใช้สำหรับการทดลองที่ 2 และ 3 คือ 800 ตัว/มล./ถ้วย และใช้หนอนแมลงวันผลไม้ อายุ 5 วัน ทดลองที่ระดับ อุณหภูมิ 25 °ซ

เตรียมไล่เดือนฝอย 3 ชนิด *S. carpocapsae* ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว(วัชรวิและสุทธิชัย, 2541) ส่วน *S. riobrave* และ *S. siamkayai* ได้จากการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ ด้วยแมลงอาศัย หนอนกินรังผึ้ง (*Galleria mellonella*) การเตรียม วัยต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ที่ใช้ในการทดลองได้ จากการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ (สุภาภรณ์, 2542)

นำรายละเอียดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่ อุณหภูมิ 150 °ซ นาน 2 ชม. ใส่ในถ้วยพลาสติก

ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 ซม. สูง 5 ซม. ถ้วยละ 60 กรัม เติมน้ำกลั่นถ้วยละ 2 มล. คลุกให้ความชื้นสม่ำเสมอ ซึ่งจะนำไปใช้สำหรับทุกการทดลอง

การทดลองที่ 1 ปรับระดับความหนาแน่นของไส้เดือนฝอยแต่ละชนิด 4 ระดับ คือ 200 400 800 และ 1,600 ตัว/มล. หยดลงบนทรายในถ้วยพลาสติกที่เตรียมไว้ถ้วยละ 1 มล. ทำการปล่อยหนอนแมลงวันผลไม้ อายุ 5 วัน ลงไปถ้วยละ 5 ตัว (1 ซ้ำ) นำไปเก็บไว้ในที่ อุณหภูมิ 25 °ซ นาน 72 ชั่วโมง แล้วทำการตรวจนับจำนวนหนอนที่ตายด้วยไส้เดือนฝอยภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การทดลองที่ 2 ใช้อัตราความหนาแน่นของไส้เดือนฝอยแต่ละชนิดเท่ากัน คือ 800 ตัว/มล./ถ้วย ซึ่งเป็นระดับความหนาแน่นที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด จากผลการทดลองที่ 1 หยดใส่ลงบนทรายในถ้วยพลาสติก แล้วปล่อยหนอนอายุ 5 วันลงไปถ้วยละ 5 ตัว นำไปเก็บไว้ในระดับอุณหภูมิ 25 30 และ 35 °ซ เป็นเวลานาน 72 ชม. ทำการตรวจผลการทดลอง

การทดลองที่ 3 ใช้อัตราความหนาแน่นของไส้เดือนฝอยแต่ละชนิดเป็นปัจจัย A จำนวน 800 ตัว/มล./ถ้วย หยดลงบนทรายในถ้วยพลาสติก ถ้วยละ 1 หยด ปล่อยแมลงวันผลไม้วัยต่างๆ ซึ่งเป็นปัจจัย B ถ้วยละ 5 ตัว (1 ซ้ำ) นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลานาน 72 ชม. หลังจากนั้นทำการตรวจนับผล

ในการวิเคราะห์ผล ได้ตรวจสอบคุณสมบัติตามข้อสมมติ (assumption) ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากหน่วยของตัวแปรเป็นค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่จำเป็นต้องแปลงข้อมูล (data transformation)

## ผลการทดลองและวิจารณ์

**การทดลองที่ 1** หลังการทดลอง 72 ชม. พบว่าการเพิ่มความหนาแน่นของไส้เดือนฝอยแต่ละชนิดจะพบเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนแมลงวันผลไม้ อายุ 5 วันหรือวัย 3 ช่วงต้นสูงขึ้น (Table 1) ซึ่งเห็นได้จากไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิด คือ *S. carpocapsae* *S. riobrave* และ *S. siamkayai* ที่ระดับความหนาแน่น 800 และ 1,600 ตัว/มล./ถ้วย ทำให้หนอนตายอยู่ระหว่าง 40.0-86.7 % ซึ่งแตกต่างจากที่ระดับความหนาแน่นต่ำกว่า คือ 200 และ 400 ตัว/มล./ถ้วย ซึ่งหนอนตายอยู่ระหว่าง 20.0-53.3% เมื่อพิจารณาที่ความหนาแน่น 800 และ 1,600 ตัว/มล./ถ้วย ประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* อยู่ที่ 82.2 และ 86.7% ตามลำดับ มีแนวโน้มสูงกว่า *S. riobrave* ที่มีการทำลาย 71.1 และ 80.0% ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพของ *S. siamkayai* ต่ำสุดที่ 40% และแตกต่างกับไส้เดือนฝอย 2 ชนิดแรก (Table 2) การใช้ความหนาแน่นของไส้เดือนฝอยในอัตราที่สูงทำให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณไส้เดือนฝอยกับหนอนแมลงวันผลไม้ที่ทดลองสูงขึ้นด้วย โอกาสที่หนอนแมลงวันเคลื่อนไหวมาสัมผัส และถูกเข้าทำลายโดยไส้เดือนฝอยมากขึ้น จึงมีเปอร์เซ็นต์การตายสูง ซึ่งตรงข้ามกับการใช้ในอัตราความหนาแน่นที่ต่ำกว่า เช่นเดียวกันกับการทดลองของ Lindergren และคณะ (1990) ใช้ไส้เดือนฝอย *S. feltiae* ในอัตรา ความหนาแน่นระหว่าง 5,000-500,000 ตัว/ถ้วย ทำให้หนอนแมลงวันผลไม้ชนิดต่างๆ ตายอยู่ระหว่าง 9-92 % สุภาภรณ์ (2542) พบว่า ถ้าปล่อยให้ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* เข้าทำลายหนอนแมลงวันผลไม้ นานขึ้นจาก 24 ชม. เป็น 96 ชม. เปอร์เซ็นต์การตายจะเพิ่ม

**Table 1.** Comparative differences of percent mortality of 5 day-old fruit fly larvae (early 3<sup>rd</sup> instars) among different densities (IJs/ml/cup) of each entomopathogenic nematode species at 25 °C in the laboratory of Department of Agriculture (DOA) during October 2003 - September 2004

Nematode concentrations (IJs/ml/cup)	Species of nematode					
	<i>S. carpocapsae</i>		<i>S. riobrave</i>		<i>S. siamkayai</i>	
200	40.0	b	37.8	b	20.0	b
400	53.3	b	42.2	b	22.2	b
800	82.2	a	71.1	a	40.0	a
1600	86.7	a	80.0	a	40.0	a

CV = 16.8 %

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

ขึ้นจาก 26 เป็น 76 % และถ้ามีความชื้นต่ำ ก็มีผลทำให้การเข้าทำลาย ของไส้เดือนฝอย ลดลงด้วย

**การทดลองที่ 2** อุณหภูมิมีผลต่อการเข้าทำลายหนอนแมลงวันผลไม้ อายุ 5 วันของไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิด จะเห็นได้จาก *S. carpocapsae* ที่ระดับอุณหภูมิ 25 และ 30 °C มีประสิทธิภาพในการทำลายหนอน 86.7 และ 84.5 % ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นที่ 35 °C การทำลายลดลงเป็น 8.9 % ซึ่งแตกต่างกับที่ 25 และ 30 °C (Table 3) ฉะนั้น อาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* อยู่ระหว่าง 25 และ 30 °C ส่วนวัชรีและสุทธิชัย (2546) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายหนอนผีเสื้อชนิดต่างๆ

ของไส้เดือนฝอยชนิดนี้อยู่ในระดับอุณหภูมิ 25 °C อย่างไรก็ตาม ไส้เดือนฝอยชนิดนี้สามารถทำลายแมลงได้ในช่วงอุณหภูมิ 10-32 °C (Grewal et al., 1994) ส่วนไส้เดือนฝอย *S. riobrave* ที่ระดับอุณหภูมิ 30 และ 35 °C สามารถทำลายหนอนแมลงวันผลไม้ได้สูงถึง 84.5 % ซึ่งสูงกว่าที่ระดับ 25 °C ซึ่งตายเพิ่ม 75.6% และที่ 35 °C กลับมีประสิทธิภาพสูงกว่าและแตกต่างจาก *S. carpocapsae* ส่วนที่ 30 °C ประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน ฉะนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอย *S. riobrave* ระหว่าง 30 และ 35 °C ซึ่งสูงกว่า *S. carpocapsae* ดังกล่าวมาแล้ว ส่วนการทดลองของวัชรีและสุทธิชัย (2546) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมของ *S. riobrave* อยู่ที่ 30 °C แต่ *S. riobrave* สามารถเข้าทำลายแมลงได้ช่วง

อุณหภูมิ 10-39 °ซ (Grewal et al., 1994) *S. siamkayai* มีเปอร์เซ็นต์การทำลายสูงสุด 35.6 % ที่ 30°ซ แตกต่างจากที่ระดับ 35°ซ ซึ่งตายเพียง 22.2% ถึงแม้จะไม่แตกต่างที่อุณหภูมิ 25°ซ (26.7%) ก็ตาม อาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของ *S. siamkayai* คือ 30 °ซ

ซึ่งตรงกับการทดลองของวัชรวิและสุทธิชัย (2546) การที่ไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิดนี้ มีระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเข้าทำลายที่แตกต่างกัน เนื่องจากไส้เดือนฝอยเหล่านี้กำเนิดจากแหล่ง ที่มีสภาพอุณหภูมิที่ต่างกัน (Grewal et al., 1994 ; วัชรวิและสุทธิชัย, 2546)

**Table 2.** Comparative percent mortality of 5 day-old fruit fly larvae (early 3rd instars) among three species of entomopathogenic nematode at each density of nematode/ml/cup at 25°C in the laboratory of DOA during October 2003 - September 2004

Species of nematode	Nematode concentrations (IJs/ml/cup)			
	200	400	800	1600
<i>S. carpocapsae</i>	40.0 a	53.3 a	82.2 a	86.7 a
<i>S. riobrave</i>	37.8 a	42.2 a	71.1 a	80.0 a
<i>S. siamkayai</i>	20.0 b	22.2 b	40.0 b	40.0 b
CV = 16.8 %				

Means in same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

**การทดลองที่ 3** วัชต่างๆ ของแมลงวันผลไม้ไม่มีผลต่อการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิด โดยที่ *S. carpocapsae* ทำลายหนอนแมลงวันผลไม้วัย 3 อายุ 5 วันช่วงต้นได้สูงสุดที่ 86.7% ทำลายหนอนอายุ 9 วัน ซึ่งเป็นวัย 3 ก่อนเข้าดักแด้ลดลงเป็น 80% ถึงแม้จะไม่แตกต่างกันแต่ประสิทธิภาพมีแนวโน้มลดลงส่วนเปอร์เซ็นต์การทำลายดักแด้ต่ำมากที่สุดที่ 2.2 % *S. riobrave* สามารถทำให้หนอนอายุ 5 วัน ตายสูงสุด 75.6 % และแตกต่างกับเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนอายุ 9 วันหรือวัย

ก่อนเข้าดักแด้และดักแด้ที่ 62.2 และ 6.7% เช่นเดียวกัน กับ *S. siamkayai* สามารถทำลายหนอนอายุ 5 วัน และ 9 วัน ได้ 22.2 และ 8.9% ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งแตกต่างกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์การทำลายดักแด้เท่ากับ 0 การที่ไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิดทำลายหนอนอายุ 5 วันได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ อายุ 9 วันก่อนเข้าดักแด้ และดักแด้นั้นสามารถ อธิบายได้ว่า หนอนอายุ 5 วันเป็นระยะที่ทำลายพืชผล มีการเคลื่อนไหวและกินอาหารตลอดเวลา จึงเป็นการเพิ่มโอกาสที่จะพบหรือสัมผัสกับ

ไส้เดือนฝอยมากขึ้น และถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลายทางช่องเปิดธรรมชาติของร่างกาย หรือติดไปกับอาหารที่แมลงกินเข้าไป ส่วนหนอนอายุ 9 วันเป็นวัย 3 ก่อนเข้าดักแด้ หนอนเริ่มหดตัวเคลื่อนไหวช้าลงหรืออยู่กับที่กินอาหารน้อยหรือไม่กินอาหาร โอกาสที่ไส้เดือนฝอยเข้าสู่ภายในลำตัวแมลง น้อยลงถึงแม้ช่องเปิดอื่นๆ ยังทำงานอยู่ ส่วนวัยดักแด้เป็นระยะพักตัว หยุดกินอาหาร ไม่เคลื่อนย้าย ปาก

และทวารปิดตลอดเวลา ช่องหายใจ (spiracle) เปิดแต่ทำงานช้าลง ฉะนั้น โอกาสของไส้เดือนฝอยที่จะเข้าทำลายน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิด *S. carpocapsae* มีความสามารถสูงสุด ในการทำลายหนอนอายุ 5 วัน และ 9 วัน (ก่อนเข้าดักแด้) รองลงมาได้แก่ *S. riobrave* และ *S. siamkayai* ซึ่งแตกต่างกันตามลำดับ

**Table 3.** Interaction between nematode species and temperatures was analysed by a combined analysis in the laboratory of DOA during October 2003 - September 2004.

Temperatures (A)	Entomopathogenic nematode species (B)			A-Mean
	<i>S. carpocapsae</i>	<i>S. riobrave</i>	<i>S. siamkayai</i>	
25°C	8.67 a (a)	75.6 a (b)	26.7 ab (c)	63.0
30°C	8.45 a (a)	84.5 a (a)	35.6 a (b)	68.2
35°C	8.9 b (c)	84.5 a (a)	22.2 b (b)	38.5
B-Mean	60.0	81.5	28.2	56.5
CV = 10.0 %				

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Means in the same row followed by a common letter in a bracket ( ) are not significantly different at the 5% level by DMRT.

ประสิทธิภาพสูงของไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* ในการทำลายหนอนแมลงวันผลไม้ ได้รับอิทธิพลส่วนหนึ่งจากการที่ได้ทำการทดลอง ที่อุณหภูมิ 25°ซ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อไส้เดือนฝอยชนิดนี้มากที่สุด (Table 3) จะเห็นได้ว่า

ความหนาแน่นของไส้เดือนฝอย ระดับอุณหภูมิ วัยของแมลง และปัจจัยที่เกี่ยวข้องตามที่กล่าวมาแล้ว มีผลต่อประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิด อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยที่สำคัญซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่ไส้เดือนฝอยซึ่งเป็นพาหะของแบคทีเรีย เข้าสู่

**Table 4.** Percent mortality of early and late third larval instars and pupae of fruit fly caused by three species of entomopathogenic nematode at concentration of 800 IJs/ml/cup at 25°C in the laboratory of DOA during October 2003 - September 2004.

Fruit fly stages (B)	Entomopathogenic nematode species (A)						
	<i>S. carpocapsae</i>		<i>S. riobrave</i>		S. siamkayai	B-mean	
Early 3 <sup>rd</sup> instars (5 day-old larvae)	86.7	a (a)	75.6	a (b)			22.2
Late 3 <sup>rd</sup> instars (9 day-old larvae)	80.0	a (a)	62.2	b (b)	8.9	b (c)	50.4
Pupae	2.2	b (a)	6.7	c (a)	0	b (a)	3.0
A-Mean	56.3		48.2		10.4		38.5
CV = 14.9%							

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Means in the same row followed by a common letter in a bracket ( ) are not significantly different at the 5% level by DMRT.

ระบบเลือดในช่องว่างภายในลำตัว แล้วเปรียบเสมือนเป็นสิ่งแปลกปลอมแมลงจะสร้างกระบวนการป้องกันตัวเองที่เรียกว่า endocapsulation กับไส้เดือนฝอยที่รูกลำเข้าไป และแมลงจะสร้างกระบวนการคุ้มกันตัวเองที่เรียกว่า phagocytosis หรือ nodulation (ในกรณีสิ่งแปลกปลอมมีขนาดใหญ่) กับเชื้อแบคทีเรียที่ไส้เดือนฝอยปล่อยออกมา อย่างไรก็ตาม ความสามารถและวิธีการสร้างกระบวนการป้องกันตัวเองนั้น จะแตกต่างกันตามชนิดของแมลงวัยของแมลง ชนิดของเชื้อโรค และสภาพสรีระของสิ่งมีชีวิตทั้งสองด้วย (Dunphy and Thurston, 1990; Wang et al., 1994) สำหรับงานทดลองนี้ ความแตกต่างของประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิด ในการเข้าทำลาย

แมลงวันผลไม้ นั้น อาจกล่าวได้ว่า ส่วนหนึ่งเกิดจากกระบวนการทั้งสองดังกล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษารายละเอียดถึงกลไกในการสร้างภูมิคุ้มกันของแมลงชนิดนี้ต่อไส้เดือนฝอยแต่ละชนิดต่อไป

### สรุปผลการทดลอง

1. ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และ *S. riobrave* มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ควบคุมแมลงวันผลไม้ได้ ส่วนไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* มีประสิทธิภาพต่ำ โดยอัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* และ *S. riobrave* คือ 800 ตัว/มล./ถ้วย ทำให้หนอนช่วงต้นอายุ 5 วันวัย 3 ตาย 71-87 %

2. ระดับอุณหภูมิมีผลต่อการเข้าทำลายแมลงวันผลไม้ของไส้เดือนฝอย โดยไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* มีประสิทธิภาพสูงในการเข้าทำลายหนอนแมลงวันผลไม้วัย 3 ช่วงต้นตาย 87 และ 85 % ที่ระดับอุณหภูมิ 25 และ 30 °ซ ส่วน *S. riobrave* ทำลายหนอนตายที่ระดับอุณหภูมิ 30 และ 35 °ซ ส่วน *S. siamkayai* มีประสิทธิภาพ สูงสุดที่ 30 °ซ หนอนตาย 36 %

3. ไส้เดือนฝอย *S. carpocapsae* *S. riobrave* และ *S. siamkayai* มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงวันผลไม้ระยะหนอนวัย 3 ช่วงต้นอายุ 5 วันได้ดีที่สุด รองลงมาคือหนอนวัย 3 ช่วงปลายอายุ 9 วัน แต่ถ้าเป็นระยะดักแด้ ไส้เดือนฝอยทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายต่ำมาก และในสภาพธรรมชาติหนอนแมลงวันผลไม้ อายุ 5 วัน หรือวัย 3 ช่วงต้น ยังคงทำลายกัดกินอยู่ภายในผลไม้ การใช้ไส้เดือนฝอยควบคุมในระยะนี้อาจไม่ได้ผลดี เท่ากับการทดลองในห้องปฏิบัติการ ส่วนหนอนอายุ 9 วัน หรือวัย 3 ก่อนเข้าดักแด้นั้นเป็นวัยที่สามารถติดตัวออกจากผลไม้ลงสู่ดิน และอาศัยอยู่ในดินรอบโคนต้นพืชระยะหนึ่งแล้วจึงจะเข้าดักแด้ ฉะนั้น จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการที่จะพ่นไส้เดือนฝอยลงดิน เพื่อกำจัดแมลงวัยนี้ ก่อนที่มันจะเข้าดักแด้ ซึ่งจะเป็นวิธีที่จะให้ผลดีที่สุด

### เอกสารอ้างอิง

บุญสม เมฆสองสี. 2526. จะป้องกันไม่ให้แมลงวันผลไม้ทำความเสียหายโดยไม่ใช้สารฆ่าแมลงได้อย่างไร. *วารสารกีฏและสัตววิทยา* 5:39-41.  
บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2525. *การควบคุมศัตรูพืชและวัชพืชโดยชีววิธี*. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืช

โดยชีวินทรีย์แห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 238 หน้า.

ประเวทย์ แก้วช่วง. 2529. *ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อดักแด้แมลงวันผลไม้*. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. 10 หน้า.

มนตรี จิรสรัตน์ ยุวดี เทวทสกุลทอง พนมกร เพิ่มพูนชลิตา สังข์ทอง และชาญชัย บุญญงค์. 2525. เมทิลยูจีนอล. *วารสารข่าวกีฏและสัตววิทยา* 4:23-28.

มนตรี จิรสรัตน์ ยุวดี เทวทสกุลทอง พนมกร เพิ่มพูนชลิตา สังข์ทอง และชาญชัย บุญญงค์. 2527. แมลงวันผลไม้และการป้องกันกำจัด. หน้า 189-237. ใน : *แมลงและสัตว์ศัตรูพืช* 2527 เอกสารการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 5 กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

วัชรวิ สมสุข และสุทธิชัย สมสุข. 2541. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโต สืบพันธุ์และประสิทธิภาพ ในการเข้าทำลายแมลงของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) ที่เลี้ยงในอาหารเหลว และแมลงอาศัย. *วารสารกีฏและสัตววิทยา* 20 (2) : 75-88.

วัชรวิ สมสุข และสุทธิชัย สมสุข. 2546. ประสิทธิภาพของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser), *S. riobrave* Cabanillas, Poinar and Raulston และ *S. siamkayai* Stock, Somsook and Reid ในการเข้าทำลายหนอนผีเสื้อที่ระดับ อุณหภูมิต่างๆ. *วารสารกีฏและสัตววิทยา* 25 (4) : 244-257.

วัชรวิ สมสุข พิมลพร นันทะ และเอนก บุตรรักษ์. 2537. การควบคุมหนอนกระทู้หอม

- Spodoptera exigua* ในดาวเรืองด้วยไส้เดือนฝอย. หน้า 55-62. ใน : การประชุมสัมมนาทางวิชาการแมลง และสัตว์ศัตรูพืช ครั้งที่ 9 กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.
- วัชรีย์ สมสุข วินัย รัชตปภรณ์ชัย และพิมพ์พร นันทะ. 2534ก. การใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) ควบคุมด้วงหมัดผักในผักกาดหัว. *วารสารกัญและสัตววิทยา* 13(4):183-188.
- วัชรีย์ สมสุข สุธน สุวรรณบุตร และพิมพ์พร นันทะ. 2534ข. ศึกษาการใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) ในการควบคุมด้วงวงม้นเทศในสภาพธรรมชาติ. รายงานผลวิจัยประจำปี 2534 กองกัญและสัตววิทยา. 10 หน้า.
- วัชรีย์ สมสุข อัจฉรา ดันดีโชค อุทัย เกตุนุติ. 2529. ไส้เดือนฝอยควบคุมหนอนกินใต้ผิวเปลือกไม้สกุลกลางสาต. *วารสารกัญและสัตววิทยา* 8 (3) : 115-119.
- สุภาภรณ์ เสียงศรี. 2542. การศึกษาการทำให้เกิดโรคของไส้เดือนฝอย *Steinernema carpocapsae* (Weiser) ในแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* (Hendel). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 54 หน้า.
- อุตร อุณหุฒิ จำลอง เจตนะจิตร มานะ พุ่มทอง พวงพกา คมสัน อวยชัย สมิตะสิริ จำลอง ภาสาธกุล วลัยกร วรวิศิษฐ์อำรง และรัชฎา อินทรกำแหง. 2529. การประเมินประสิทธิภาพของวิธีการอบไอน้ำพันธุ์หนังกกลางวัน เพื่อกำจัดแมลงวันทอง และแมลงวันแดงในผลมะม่วง. *วารสารวิชาการเกษตร* 4:43-66.
- Cabanillas, H.E., G.O. Poinar and J.R. Raulston. 1994. *Steinernema riobravus* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae) from Texas. *Fundamental and Applied Nematological* 17(2):123-131.
- Dunphy, G.B. and G.S. Thurston. 1990. Insectimmunity. Pages. 301-323. In : Gaugler, R. and Kaya, H.K. (eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Grewal, P.S., S. Selvan and R. Gaugler. 1994. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes : Niche breadth for infection, establishment, and reproduction. *J. of Thermal Biology* 19 : 245 - 253.
- Lindergren, J.E. and P.V. Vail. 1986. Susceptibility of mediterranean fruit fly, melon fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) to the entomogenous nematode, *Steinernema feltiae* in laboratory test. *J. of Environment Entomology* 15:465-468.
- Lindergren, J.E., T.T. Wong and D.O. Meinnis. 1990. Response of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) to the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* in field test in Hawaii. *J. of Nematology* 25:193.197.

- Poinar, G.O. Jr. 1979. *Nematodes for Biological Control of Insects*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida USA. 277 p.
- Stock, S.P., V. Somsook, A.P. Reid. 1998. *Steinernema siamkayai* n. sp. (Rhabditida : Steinernematidae) Entomopathogenic Nematodes form Thailand. *Systematic Parasitology* 41:105-113.
- Wang, Y., R. Gaugler and L. Cui. 1994. Variations in immune response of *Popillia japonica* and *Acheta domesticus* to *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema* species. *J. of Nematology* 26:11-18.