

4.1.3 ศึกษาการสลายตัวและสะสมของสารกำจัดแมลง กลุ่ม Organophosphorus ในดิน น้ำและตะกอน ใน  
แหล่งปลูกพืชผักและไม้ผล : ชนิด profenofos ในคะน้า , : ชนิด profenofos ในส้มโอ  
Degradation and Accumulation of profenofos in Pomelo orchard

4.1.4 ศึกษาผลกระทบจากการใช้ สารกำจัดแมลง กลุ่ม Organophosphorus ต่อสิ่งมีชีวิต  
ในแหล่งปลูกพืชผักและไม้ผล : : ชนิด profenofos ในคะน้า , : ชนิด profenofos ในส้มโอ  
Impacts of profenofos on soil arthropod in Pomelo orchard

นางสาวสิริพร เหลืองสุขนกุล นายปรีชา ฉัตรสันติประภา นางมลิสรา เวชยานนท์ นางสาวปัทสรา คุณเลิศ

กลุ่มวิจัยวัตภูมิพิชการเกษตร

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

---

### Abstract

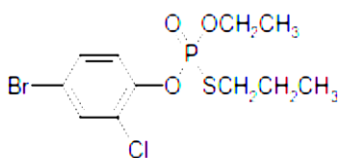
A field study was conducted to measure the effect of Organophosphorus Insecticide; Profenofos which applied to manage citrus fruit borer in pomelo orchard, on the environment. Profenofos was applied following the recommended concentration and sprayed for five periods (seven days interval per each period). The environmental samples; soil ,water ,sediment, macrophytes and soil arthropods were collected in the previous and after profenofos exposed and after final exposed at 0, 1, 3, 5, 7, 10, 15, 30, and 60 days. All samples except soil arthropods were analyzed profenofos residue by GC-FPD and calculated the degradation time, half life ( $t_{1/2}$ ) for soil, water and sediment and the bioconcentration factor (BCF) for macrophyte. Soil arthropods were collected to measure its density and its diversity index. As the results, the half life ( $t_{1/2}$ ) in soil, water and sediment are 1.39, 0.39 and 0.86 day respectively. The macrophyte showed distinctly increasing of profenofos concentration after three day exposed with profenofos (BCF value up to 2000 times). Profenofos had significantly affected soil arthropods by reducing its density and its diversity ( $p < 0.01$ ). However, the density and diversity can reversible increasing nearly original condition (no spray with profenofos) at 60 days after spraying. From these results, It can concluded that profenofos can degraded rapidly in the environment and effected to soil arthropods (mostly non target pest) but it can recovered after stop application.

## บทคัดย่อ

ผลกระทบของการใช้สารกำจัดแมลงกลุ่ม organophosphorus ชนิด profenofos ต่อสิ่งแวดล้อมได้ ทำการศึกษาในแปลงส้มโอ โดยทำการพ่นสาร profenofos ตามอัตราที่แนะนำ จำนวน 5 ครั้ง แต่ละครั้งเว้น ระยะเวลา 5 วัน ภายหลังจากการพ่น profenofos เก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมได้แก่ ดิน น้ำ ตะกอน พืชน้ำ และ สิ่งมีชีวิตในดิน (soil arthropod) มาตรวจหาผลกระทบ โดยตัวอย่างดิน น้ำ ตะกอน และพืชน้ำ จะนำมาตรวจหา ปริมาณ profenofos ตกค้าง ด้วยเครื่อง GC-FPD หลังจากนั้นนำผลตรวจวิเคราะห์ profenofos มาคำนวณหา เวลาที่สาร profenofos สลายตัวไปครึ่งหนึ่ง ( $t_{1/2}$ ) ในดิน น้ำ และตะกอน และค่าการสะสมของ profenofos ใน สิ่งมีชีวิต (BCF value) ของพืชน้ำ ส่วนสิ่งมีชีวิตในดินก็นำมาวิเคราะห์ความหนาแน่นและดัชนีความหลากหลาย จากผลการตรวจวิเคราะห์พบว่า ดิน น้ำ และตะกอนมีค่า  $t_{1/2}$  เท่ากับ 1.39, 0.39 และ 0.86 วัน ตามลำดับ ส่วนใน พืชน้ำพบว่าปริมาณ profenofos เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (BCF value สูงมากกว่า 2000 เท่า) ผลของ profenofos ต่อสิ่งมีชีวิตในดินนั้นพบว่า profenofos ทำให้ ความหนาแน่นและความหลากหลายทางชนิดลดลง อย่างมีนัยสำคัญ แต่ทั้งนี้ ความหนาแน่นและความหลากหลายทางชนิดของสิ่งมีชีวิตในดินนั้นก็คืนกลับใกล้เคียงกับ ช่วงที่ไม่มีการพ่น profenofos ภายหลังจากการพ่นไปแล้ว 60 วัน ดังนั้นในการศึกษาผลกระทบการใช้ profenofos ในแปลงส้มโอครั้งนี้ สรุปได้ว่า profenofos มีการสลายตัวอย่างรวดเร็วในสิ่งแวดล้อม และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ในดิน(ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ใช่ศัตรูพืชเป้าหมาย) แต่เมื่อเลิกใช้ profenofos ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินก็จะหมดไป

## คำนำ

สารกำจัดแมลงชนิด Profenofos จัดอยู่ในสารกลุ่ม organophosphorus และมีชื่อทางเคมี (IUPAC) คือ O-4-bromo-2-chlorophenyl O-ethyl S-propyl phosphorothioate มีสูตรโมเลกุลคือ  $C_9H_{11}NOPS$  มีมวล โมเลกุลเท่ากับ 373.6 profenofos เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช และไร ประเภทไม่ดูดซึม จะออกฤทธิ์เมื่อ สัมผัสผู้ถูกและกิน profenofos มีค่า LD50 ทางการกินในหนู เท่ากับ 358 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม องค์การอนามัย โลก(WHO) ได้จัดสารพิษชนิดนี้มีความเป็นพิษจัดอยู่ในระดับปานกลาง (Moderately toxic, WHO class II) profenofos มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อมนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลัง อาการที่แสดงจากการได้รับสาร profenofos ได้แก่ ปวดศีรษะ ตาพร่า ม่านตาหรี่ หายใจขัด เชื่องซึม ปวดเกร็งในช่องท้อง น้ำลายไหล คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง เหงื่อออกมาก ตัวสั่น และกล้ามเนื้ออ่อนเพลีย



โครงสร้างของ profenofos

ส้มโอ (Pomelo , *Citrus maxima*) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจ ที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย มีแหล่งปลูกใหญ่ใน เขตจังหวัด นครปฐม สมุทรสงคราม เชียงราย นครศรีธรรมราช ซึ่งในการผลิตส้มโอที่มีคุณภาพจะต้องมีการ

จัดการปัญหาโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งศัตรูพืชที่สำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายมาก คือ หนอนเจาะผลส้มโอ โดยการทำลายของหนอนเจาะผลส้มโอ จะทำให้เกิดความเสียหายต่อผลส้มโอ ทำให้ผลอ่อนร่วง ดังนั้นในปัจจุบันเกษตรกรจึงนิยมใช้ profenofos กันแพร่หลายในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะผลส้มโอ

การใช้ profenofos เพื่อป้องกันกำจัดหนอนเจาะผลส้มโอนั้น จำเป็นต้องพ่นติดต่อกันอย่างน้อย 4 ครั้ง หรือมากกว่าเพื่อควบคุมป้องกันการระบาดของหนอนเจาะผลส้มโอ พ่นแต่ละครั้งห่างกันทุกๆ 7 วัน โดยเริ่มพ่นช่วงผลส้มโออายุประมาณ 2 สัปดาห์ จนผลส้มโออายุ 1.5 เดือน ผลจากการพ่น profenofos เป็นระยะเวลาติดต่อกัน ปริมาณของ profenofos ที่ตกค้าง อาจมีผลต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เกิดการสะสมในดิน น้ำ และตะกอน และผลต่อสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมายการกำจัด เช่น สัตว์น้ำ สิ่งมีชีวิตในดิน พืชน้ำ ที่อยู่ในบริเวณนั้น

พฤติกรรมของ profenofos หลังเข้าสู่สิ่งแวดล้อม จะเกิดการสลายตัวด้วยกระบวนการ hydrolysis ภายใต้อุณหภูมิทั้ง alkaline anaerobic และ aerobic ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับค่า pH ถ้าในภาวะที่ pH ต่ำๆ profenofos จะมีความคงทน (persistence) มากกว่า ภาวะที่ pH สูงๆ เช่นที่ pH เท่ากับ 5 จะมีค่าการสลายตัว (half life;  $t_{1/2}$ ) เท่ากับ 104-108 วัน แต่ที่ pH เท่ากับ 7 และ 9 จะมีค่า  $t_{1/2}$  เท่ากับ 24-62 วัน และ 0.33 วัน (USEPA, 1998)

กลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร จึงได้จัดทำชุดการทดลองเพื่อศึกษา การสลายตัว และการสะสมของ profenofos ในดิน น้ำ และตะกอน และ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินในแปลงส้มโอ เพื่อบ่งชี้ว่า ปริมาณสาร profenofos ที่ใช้ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ ชุดการทดลองประกอบด้วย การทดลอง การสลายตัวและการสะสมของ profenofos ในส้มโอ ภายหลังจากพ่น และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินแปลงส้มโอ เพื่อ เป็นข้อมูลสำหรับกรมวิชาการเกษตร ในการพิจารณาบริหารจัดการควบคุมวัตถุมีพิษที่มีอันตราย เพื่อความเข้มงวดการใช้ การจำกัดการใช้ หรือการห้ามใช้ เป็นความปลอดภัยของผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมต่อไป

## วิธีดำเนินการ

### วัสดุ สารเคมี และอุปกรณ์

1. ถุงเก็บตัวอย่างดิน และกล่องเก็บตัวอย่างดินสำหรับศึกษาสิ่งมีชีวิตในดิน
2. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำชนิด polyethylene ขวดแก้วเก็บตะกอน และถาดตากตะกอน
3. เครื่องแก้ว volumetric flask, volumetric pipette, separatory funnel, Erlenmeyer flask, cylinder, beaker, round bottom flask, chromatographic column, filtering funnel, pipette, petri-dish, glass vial, disposable pasteur pipette, test tube
4. เคมีภัณฑ์ชนิดต่างๆ
  - 4.1 สารเคมี analytical grade (AR) ได้แก่ acetone, ethyl acetate, anh. sodium sulphate, ethanol
  - 4.2 สารเคมี pesticide grade (PR) ได้แก่ ethyl acetate
5. filter paper No.1
6. กรวยเบอร์เลส (Berlese's funnel) และหลอดไฟ 40 วัตต์

7. วัสดุที่ใช้ในการศึกษาสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ สไลด์แก้ว เข็มเขี่ย เพลท
8. กล้องจุลทรรศน์ และกล้องสเตอริโอ (Olympus Research Stereo Model SZH10)
9. เครื่องชั่งหยาบและเครื่องชั่งละเอียด (analytical balance)
10. เครื่องสกัดตัวต้อมีพิชชนิด separatory funnel shaker
11. เครื่องเขย่า (reciprocal shaker)
12. เครื่องลดปริมาตรชนิด rotary evaporator
13. เครื่องลดปริมาตร ชนิด nitrogen evaporator
14. เครื่อง Gas Chromatograph (GC)พร้อมหัวตรวจจับชนิด Flame photometer detector (FPD)
15. สารมาตรฐานชนิดป้องกันกำจัดแมลง (insecticide standards) profenofos ความบริสุทธิ์สูง
16. ผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดแมลง profenofos สูตร 50 เปอร์เซ็นต์ W/V EC ใช้อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ200 ลิตร

#### ข้อมูลแปลงทดลองส้มโอ

เจ้าของแปลง : นายเทียร บุญพวง

ที่อยู่ : เลขที่ 4 หมู่ 6 ต.บางสะแก อ.บางคนที จ.สมุทรสงคราม

พิกัดภูมิศาสตร์แปลง : 47 P 0599917 1487042

ประวัติแปลง : แปลงปลูกพืชเชิงเดี่ยว โดยปลูกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ มาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 ปี

การใช้สารกำจัดแมลง : เคยใช้สารกำจัดแมลงชนิด profenophos, abamectin) และ cypermethrin แต่

ปัจจุบันไม่ได้ใช้มาเป็นเวลานาน

สารกำจัดแมลงที่ศึกษา : profenophos 50 % w/v EC

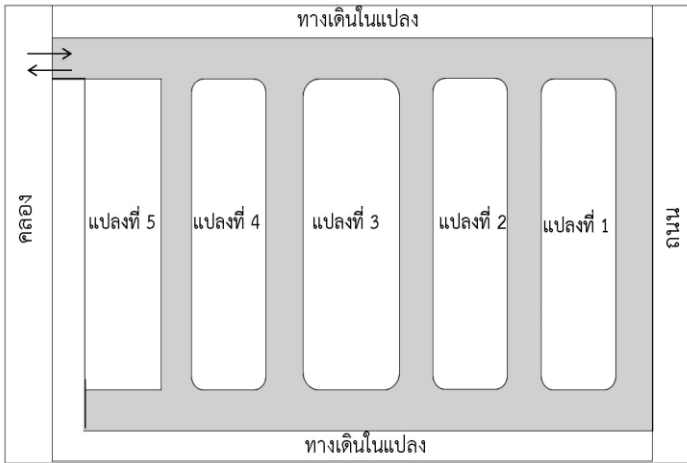
อัตราการใช้ยา : profenophos 20 มิลลิลิตร ต่อ น้ำ 200 ลิตร พ่นซ้ำทุกๆ 5 วันส่วนสารกำจัดแมลงชนิดอื่นๆ

หากเกษตรกรจะใช้ให้เป็นตามความต้องการของเกษตรกร

เทคนิคการพ่นสารกำจัดแมลง : พ่นด้วยเครื่องพ่นยาแรงดันสูง (high pressure sprayer)

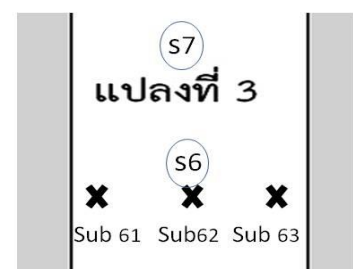
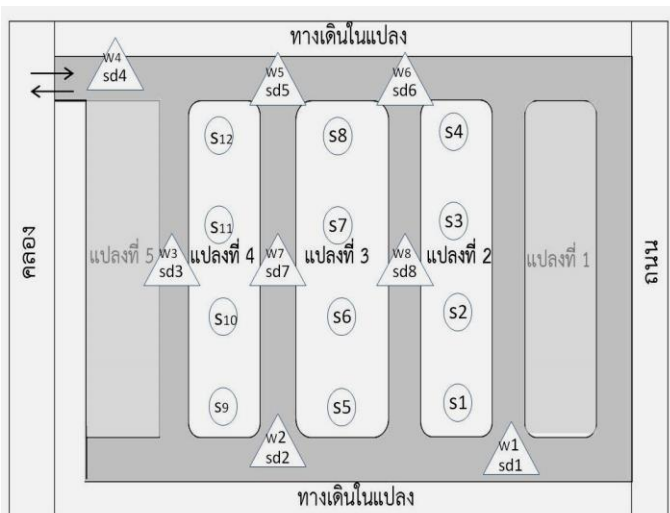
การปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

1. แปลงทดลองส้มโอ จำนวน 5 แปลง แปลงริม (แปลงที่ 1 2 4 และ 5) มีขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 40 เมตร แปลงกลาง มีขนาดกว้าง 6.5 เมตร ยาว 40 เมตร มีคูน้ำคั่นระหว่างแถวปลูก ความกว้างของคู 2.5 เมตร ความห่างระหว่างต้น 3 เมตร ด้านหนึ่งของแปลงติดกับคลองเล็กๆ แปลงทดลองมีพื้นที่รวมประมาณ 1.5 ไร่



2. กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 12 ตัวอย่าง (รหัส S1 – S12) (ตามภาพด้านบน) สำหรับการศึกษาการสลายตัวและการสะสม profenofos ในดิน แต่ละจุดจะเก็บดินโดยใช้ soil auger เจาะเก็บดินที่ความลึก 10-15 ซม. ใส่ถุงพลาสติก โดยสุ่มเก็บดิน 3 จุด รวมเป็น 1 ตัวอย่าง (น้ำหนักดินรวมกันประมาณ 1 กก.) (ตามภาพด้านบน) แخذใส่ถังน้ำแข็งนำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการเพื่อเข้าสู่กระบวนการตรวจวิเคราะห์ profenofos ส่วนการศึกษาผลกระทบของ profenofos ต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ใช้วิธีการเก็บดินและเก็บดินตำแหน่งเดียวกันกับการศึกษาการสลายตัวและการสะสม profenofos ในดิน แต่จะใช้ที่ตักดินแทนการใช้ soil auger กำหนดพื้นที่เก็บดินขนาดกว้าง 10 ซม. ยาว 10 ซม. และลึก 5 ซม. เก็บดินใส่กล่องพลาสติกปิดกล่องด้วย plankton net และฝากล่องพลาสติกที่เจาะรูเล็กๆ นำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการเพื่อเข้าสู่กระบวนการคัดแยก และจำแนกสิ่งมีชีวิตในดิน

3. กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ และตะกอนทั้งหมด 8 ตัวอย่าง (รหัส w1 – w12 และ Sd1-Sd8) (ตามภาพด้านล่าง) โดยเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร และเก็บตัวอย่างตะกอนใส่ขวดแก้ว แخذใส่ถังน้ำแข็งนำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการเพื่อเข้าสู่กระบวนการตรวจวิเคราะห์ profenofos



$$S6 = \text{Sub}61 + \text{Sub} 62 + \text{Sub} 63$$

X = จุดเก็บตัวอย่างดิน

4. พ่น profenofos จำนวน 5 ครั้ง การพ่นครั้งแรกเริ่มต้นในช่วงส้มโอแตกใบอ่อน ออกดอก เริ่มติดผลอ่อน และเริ่มปรากฏร่องรอยการทำลายของหนอนชอนใบ และพ่นครั้งต่อไปอีก 5 ครั้ง ระยะห่างระหว่างการพ่นแต่ละครั้งประมาณ 1 สัปดาห์

5. เก็บตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอน ก่อนและหลังการพ่น profenofos ครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 และภายหลังการพ่นครั้งที่ 5 ไปแล้ว 1 3 5 7 10 15 30 และ 60 วัน
6. ตัวอย่างทั้งหมด (ยกเว้นตัวอย่างดินที่เก็บมาศึกษาสิ่งมีชีวิตในดิน) ถ้ายังไม่ทำการวิเคราะห์ในทันที ต้องเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสลายตัวของวัตถุที่มีพิษ และเมื่อจะนำออกมาตรวจวิเคราะห์ ต้องนำตัวอย่างออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1-2 ชั่วโมง รอจนอุณหภูมิตัวอย่างเท่าอุณหภูมิห้อง จึงค่อยนำมาสกัดหาสารพิษตกค้างต่อไป

### การสลายตัวและการสะสมของ profenofos ในแปลงส้มโอ

#### การสกัด profenofos ในตัวอย่างน้ำ (ใช้วิธีของ AOAC, 1995)

ตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใส่ใน separatory funnel ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติม ethyl acetate (AR) 100 มิลลิลิตร นำไปเขย่าโดยใช้ separatory funnel shaker นาน 3 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไชชั้นบนซึ่งเป็นชั้น ethyl acetate กรองผ่าน anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  เก็บใน round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ชั้นล่างเป็นชั้นของน้ำ เติม ethyl acetate (AR) 50 มิลลิลิตรและนำไปเขย่าโดยใช้ separatory funnel shaker นาน 3 นาที ไชเก็บชั้น ethyl acetate กรองผ่าน anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  เก็บรวมกับครั้งแรก ทำ 2 ครั้ง เมื่อกรองเสร็จแล้วล้าง (rinse) separatory funnel ด้วย ethyl acetate (AR) 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง นำไปลดปริมาตรโดยใช้ rotary evaporator จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate (PR) ลดปริมาตรสารสกัดด้วย nitrogen evaporator และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสาร profenofos ด้วยเครื่อง GC ชนิดหัวตรวจวัด FPD ประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์สาร profenofos ในตัวอย่างน้ำพบว่ามีค่าการเอากลับคืน (recovery) ของสาร profenofos เฉลี่ยอยู่ที่ 93 % ที่ช่วงความเข้มข้น 0.01 – 0.8 mg/L

#### การหาความชื้นในดินและตะกอน (ใช้วิธีการของ Back, 1965)

ตัวอย่างดินและตะกอนที่นำมาตรวจวิเคราะห์จะต้องคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น เพื่อนำไปลบน้ำหนักตัวอย่างตะกอนที่มีความชื้นจะได้น้ำหนักดินและตะกอนแห้งสุทธิ สำหรับใช้คำนวณในขั้นตอนการหาปริมาณสารพิษ ซึ่งจะแบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งสำหรับคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นพร้อม ๆ กับแบ่งไปทำการสกัด โดยชั่งและบันทึกน้ำหนัก petri dish และชั่งตัวอย่างตะกอนใส่ใน petri dish นี้ 50 กรัม นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำไปใส่ใน desiccator ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งและบันทึกน้ำหนักตัวอย่างตะกอนพร้อม petri dish และนำตัวอย่างอบต่ออีกประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง ชั่งและบันทึกน้ำหนักครั้งที่ 2 ถ้าน้ำหนักที่หายไปจากการอบครั้งที่ 1 และ 2 แตกต่างกันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง

หมดแล้ว ถ้ามากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จะต้องนำไปอบต่ออีก 3 - 4 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักที่หายไปแตกต่างกันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จึงจะนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นและน้ำหนักตะกอนแห้ง

#### การสกัดสารพิษในดินและตะกอน (ใช้วิธีการของ TNO, 1993)

ชั่งตัวอย่างดินและตะกอน 20 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม ethyl acetate (AR) 75 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่น นำไปเขย่าด้วย shaker นาน 5 ชั่วโมง กรองสารสกัดผ่าน sodium sulfate anhydrous ใส่ใน round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ล้างขวดใส่ตัวอย่างด้วย ethyl acetate 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง กรองสารสกัดผ่าน sodium sulfate anhydrous เก็บใน round bottom flask ใบเดิม นำไปลดปริมาตรโดยใช้ rotary evaporator จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate (PR) ลดปริมาตรสารสกัดด้วย nitrogen evaporator และปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate (PR) ให้ได้ 2 มิลลิลิตร ดูดสารสกัด 1 มิลลิลิตร ใส่ vial for auto sampler ขนาด 2 มิลลิลิตร นำไปฉีดเครื่อง GC ชนิด FPD เพื่อตรวจวิเคราะห์สารพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์สาร profenofos ในตัวอย่างดินและตะกอนพบว่ามีค่าการเอากลับคืน (recovery) ของสาร profenofos เฉลี่ยอยู่ที่ 96 % ที่ช่วงความเข้มข้น 0.01 – 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

#### การสกัดสารพิษในสาหร่ายหางกระรอก *Hydrilla verticillata* และแหนเป็ด *Lemna sp.* (ปรับปรุงจากวิธีการของ Anastassides et al, 2003)

ชั่งตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอกและแหนเป็ดบดละเอียด 5 กรัม ใส่ลงใน หลอดตกตะกอน ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม acetonitrile 5 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือ 1 นาที เติม magnesium sulphate 2 กรัม และ sodium chloride 0.5 กรัม เขย่าด้วย vortex 1 นาที จากนั้นนำไปปั่นตกตะกอนที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ดูดสารละลายใสด้านบน 1 มิลลิลิตร ใส่ใน microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตรที่ใส่ PSA 12.5 มิลลิกรัม และ magnesium sulphate 75 มิลลิกรัม เขย่าด้วย vortex 1 นาที นำไปปั่นตกตะกอนที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ดูดสารละลายใสด้านบน 0.5 มิลลิลิตร ใส่ใน microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตรอันใหม่ นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรให้ได้ 1 มิลลิลิตรด้วย ethyl acetate (PR)

#### การวิเคราะห์ profenofos ในตัวอย่างน้ำ ตะกอน ดิน สาหร่ายหางกระรอก และแหนเป็ด

การวิเคราะห์ profenofos ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) พร้อม Auto injector และตัวตรวจวัดชนิด Flame photometer detector (FPD) โดยปรับสภาวะการทำงานของเครื่อง ดังนี้

Detector : Flame Photometric Detector

Mode : splitless

GC column : column DB 1701 capillary, 30 m x 0.25 mm id, 0.25  $\mu$ m film thickness

temperature : injector = 230 °C, detector = 250 °C

oven temperature: 80 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{20^{\circ}\text{C/นาที}}$  194 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{2^{\circ}\text{C/นาที}}$  197 °C (1 นาที)  $\xrightarrow{5^{\circ}\text{C/นาที}}$  200 °C (1 นาที)

program  $\xrightarrow{1^{\circ}\text{C/นาที}}$  210 °C (2 นาที)  $\xrightarrow{050^{\circ}\text{C/นาที}}$  250 °C (2 นาที)  
 carrier gas : helium flow 1.2 มิลลิลิตร/นาที  
 make up gas : nitrogen flow 60 มิลลิลิตร/นาที  
 ignite gas : H<sub>2</sub> 110 มิลลิลิตร/นาที, Air 150 มิลลิลิตร/นาที  
 injection volume : 1 ไมโครลิตร

การคำนวณความชื้นและน้ำหนักดินแห้งและตะกอนแห้ง

$$\% \text{ ความชื้นในดิน(ตะกอน)} = \frac{(\text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบที่ } 105^{\circ}\text{C } 48 \text{ ชั่วโมง}) \times 100}{\text{น้ำหนักดินก่อนอบ}}$$

$$\text{น้ำหนักดิน(ตะกอน)แห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักดิน(ตะกอน)ที่นำมาสกัด} - (\text{น้ำหนักดิน(ตะกอน)ที่นำมาสกัด} \times \text{ความชื้น}(\%))}{100}$$

การคำนวณปริมาณ profenofos ในตัวอย่างน้ำ ดิน ตะกอน และพืชน้ำ(สาหร่ายหางกระรอก และแห่นเป็ด)

$$\text{profenofos ในน้ำ}(\mu\text{g/L}) = \frac{\text{profenofos ที่วัดได้จากGC (mg/L)} \times \text{ปริมาตรก่อนวิเคราะห์ด้วย GC (ml)}}{\text{ปริมาตรที่นำมาสกัด (ml)}}$$

$$\text{profenofos ในดิน(mg/kg)} = \frac{\text{profenofos ที่วัดได้จากGC (mg/L)} \times \text{ปริมาตรก่อนวิเคราะห์ด้วย GC (ml)}}{\text{น้ำหนักดินแห้งที่นำมาสกัด (g)}}$$

$$\text{profenofos ในตะกอน(mg/kg)} = \frac{\text{profenofos ที่วัดได้จากGC (mg/L)} \times \text{ปริมาตรก่อนวิเคราะห์ด้วย GC (ml)}}{\text{น้ำหนักตะกอนแห้งที่นำมาสกัด (g)}}$$

$$\text{profenofos ในพืชน้ำ(mg/kg)} = \frac{\text{profenofos ที่วัดได้จากGC (mg/L)} \times \text{ปริมาตรก่อนวิเคราะห์ด้วย GC (ml)}}{\text{น้ำหนักพืชน้ำที่นำมาสกัด (g)}}$$

เวลาที่สารพิษสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half life,  $t_{1/2}$ )

การคำนวณหาเวลาที่สารพิษสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half life,  $t_{1/2}$ ) ในตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอน ได้จากสมการ  $t_{1/2} = -0.693/b$  โดย b ได้มาจากสมการ  $y = ae^{bx}$  ซึ่งหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษและระยะเวลาหลังการหว่านสารพิษในช่วงเวลาต่างๆ

ค่าการสะสมทางชีวภาพ (Bioconcentration factor, BCF value)

ค่า BCF ในพืชน้ำ คำนวณได้จากสมการที่อ้างอิงจาก Holfman et al (1995)



$$BCF_{\text{พื้นน้ำ}} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ chlorpyrifos ในพื้นน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)}}{\text{ความเข้มข้นของ chlorpyrifos ในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)}}$$

## ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินแปลงส้มโอ

### การแยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตในดิน (soil arthropod) ออกจากดิน

นำตัวอย่างดิน ใส่ในกรวยเบอร์เลส (Berlese's funnel) ภายในกรวยมีตะแกรงลวดขนาดรูตะแกรง 1 x 1 เซนติเมตร ที่ฝากรวยมีหลอดไฟขนาด 40 วัตต์ เพื่อให้แสงสว่างและความร้อนซึ่งจะทำให้ arthropod ขนาดเล็กในดินเคลื่อนที่หนีแสงสว่างและความร้อนลอดรูตะแกรงลงสู่เบื้องล่าง และตกลงในขวดแก้วบรรจุอัลกอฮอล์ 70% ใช้เวลาในการไล่ arthropod ออกจากตัวอย่างนาน 3 วัน หมั่นตรวจอัลกอฮอล์ในขวดอย่าให้แห้ง ทำการแยก arthropod ออกจากเศษดิน โดยดูดตะกอนที่มีตัวอย่างปะปนอยู่ในใส่ petri-dish ที่ละน้อย ใช้พู่กันขนาดเล็กเขี่ยแยก arthropod ออกจากเศษดิน ทำความสะอาด และจำแนกออกเป็นกลุ่มๆ เช่น Class Arachnida ได้แก่ กลุ่มไรและเห็บ (Subclass Acari) กลุ่มแมลง (Class Insecta) และกลุ่ม arthropod อื่นๆพร้อมทั้งนับปริมาณภายใต้กล้อง stereo microscope ที่กำลังขยาย 40 เท่า ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ชนิดต่อไป

### การจำแนกและเก็บรักษาตัวอย่าง soil arthropod

นำตัวอย่างที่ได้มาทำการจำแนกตามแนวทางของ Charles A. Triplehorn and Norman F. Johnson (2005) และเจนนับจำนวนภายใต้กล้อง stereo microscope ที่กำลังขยาย 40 เท่า โดยจำแนกตัวอย่างถึงระดับ Class และ Order ตัวอย่างที่ได้รับการจำแนกแล้วจะเก็บไว้ในขวดแก้วขนาดเล็กบรรจุอัลกอฮอล์ 70% จดบันทึกรายละเอียดของ arthropod เช่น แหล่งที่เก็บ วันที่เก็บ รายละเอียดทางอนุกรมวิธาน และจำนวน แล้วผนึกฝาขวดให้แน่นด้วย parafilm อีกชั้นเพื่อป้องกันการระเหยของอัลกอฮอล์

### การวัดปัจจัยทางนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตในดิน

#### ความหนาแน่นของสิ่งมีชีวิตในดิน

ความหนาแน่น คือจำนวนตัวต่อหน่วยพื้นที่แห่งหนึ่งหรือต่อหน่วยปริมาตรสามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{จำนวนตัว arthropod ชนิดนั้นๆ ที่ปรากฏ}}{\text{พื้นที่}}$$

#### ความหลากหลายทางชนิดของสิ่งมีชีวิตในดิน

การวัดความหลากหลายทางชนิด (species diversity) ของ arthropod จะใช้วิธีการคำนวณหาดัชนีของแซนนอน (H') (Shannon Wiener 1949) สามารถหาได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ดัชนีความหลากหลายทางชนิด (H')} = \sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

เมื่อ  $n_i$  คือ จำนวนแมลงในดินแต่ละชนิด

$N$  คือ จำนวนแมลงในดินทั้งหมด

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าความหลากหลายทางชนิดและความหนาแน่นของจำนวนประชากร arthropod ในดิน ก่อนและหลังพ่นสาร profenofos โดยใช้ T-test ด้วยโปรแกรม SPSS Version 11.5 และหาค่าสหสัมพันธ์ ใช้วิธีการของ Pearson ที่ความเชื่อมั่น 95% ( $\alpha = 0.01$ ) ด้วยโปรแกรม SPSS Version 11.5 ที่ความเชื่อมั่น 95% ( $\alpha = 0.01$ )

### ระยะเวลา

เดือนตุลาคม 2555 ถึง เดือนกันยายน 2556

### สถานที่ทำการทดลอง

แปลงส้มโอของเกษตรกรที่ ต.บางสะแก อ.บางคนที จ.สมุทรสงคราม และห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัย วัฏมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จตุจักร กทม.

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### การสลายตัวและการสะสมของ profenofos ในดิน

ก่อนและภายหลังการฉีดพ่นสาร profenofos ได้เก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลอง น้ำและตะกอนในร่องน้ำ รอบแปลงทดลอง นำตัวอย่างทั้งหมดมาสกัดสารพิษตกค้างตามวิธีการของตัวอย่างแต่ละชนิด ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง profenofos ด้วยเครื่อง GC-FPD ผลการวิเคราะห์ก่อนหลังพ่นครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 และภายหลังพ่น 1, 3, 5, 7, 10 และ 15 วัน ในตัวอย่างน้ำ ดิน และตะกอน ตรวจพบสารพิษตกค้าง profenofos ในตัวอย่างน้ำ ความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 0.01-19.75 มิลลิกรัมต่อลิตร และตรวจไม่พบสาร profenofos ภายหลังการพ่นไปแล้ว 30 วัน ในตัวอย่างดินตรวจพบ profenofos ความเข้มข้น 4.53 – 46.41 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมและตรวจไม่พบสาร profenofos ภายหลังการพ่นไปแล้ว 30 วัน ในตัวอย่างตะกอนตรวจพบ profenofos ความเข้มข้น 5.01 – 1.87 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และตรวจไม่พบ profenofos ภายหลังการพ่นไปแล้ว 10 วัน (ตารางที่ 1 และ 2)

เมื่อนำความเข้มข้นของ profenofos ในตัวอย่างดิน น้ำ และ ตะกอน มาคำนวณหาเวลาที่สารพิษสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half life,  $t_{1/2}$ ) ด้วยสมการ  $t_{1/2} = -0.693/b$  โดย  $b$  ได้มาจากสมการ  $y = ae^{bx}$  ซึ่งหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษและระยะเวลาหลังพ่นสาร profenofos พบว่า ตัวอย่างดิน น้ำ และ ตะกอน มีค่าเวลาการสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half life,  $t_{1/2}$ ) เท่ากับ

1.39 0.39 และ 0.86 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และรูปที่ 1-3) ซึ่งถือว่ามีค่าเวลาสลายตัวที่สั้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ USEPA (1998) ที่รายงานไว้ว่าในดินที่ pH 7.8 0 นั้น profenofos จะเกิดการสลายตัวภายใน 3 วัน (ผ่านกระบวนการ Hydrolysis ภายใต้สภาวะทั้ง alkaline anaerobic และ aerobic) ซึ่งค่า pH ที่วัดได้ในดินและน้ำในแปลงส้มโอ อยู่ในช่วง 7.25 – 7.8 รวมทั้งการเกิด run off จากการที่เกษตรกรรดน้ำต้นส้มโอทุกวันจึงเป็นไปได้ที่เวลาที่ profenofos ในดินสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half life,  $t_{1/2}$ ) น้อยกว่า 1 วัน

ระยะเวลาหลังการฉีดพ่น	น้ำ	ดิน	ตะกอน	มี
สารพิษ profenofos	(ไมโครกรัมต่อลิตร)	(ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)	(ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)	อ ก ี บ
				ตัว อย่าง
				สาหร่าย
				ห า ง
				กระรอก
				( <i>Hydrilla</i>
				<i>verticilla</i>
				<i>ta (L.F.)</i>
				<i>Royle</i> )
				และแหวน
				เป็ ด (
				<i>Lemna</i>
				<i>spp.</i> ) ม า

ตรวจหาสาร profenofos ตกค้าง พบว่ามีความเข้มข้นของ profenofos อยู่ระหว่าง 0.79-50.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.26-46.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่าการสะสมทางชีวภาพ (Bioconcentration factor; BCF) ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการสะสมสารพิษของสิ่งมีชีวิต พบว่า ทั้งสาหร่ายทางกระรอกและแหวนเป็ด มีค่า BCF สูงมาก หลังจากพ่นในวันที่ 5 และ 3 เท่ากับ 3007.27 และ 2152.40 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

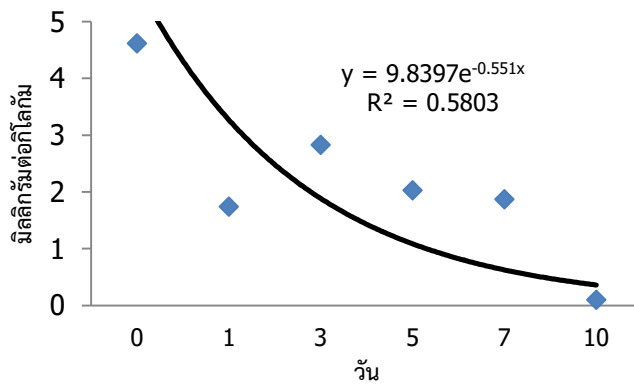
ดังนั้น การที่สารพิษ profenofos สลายตัวในน้ำและตะกอนอย่างรวดเร็ว จึงน่าจะเกิดจากสาหร่ายทางกระรอกและแหวนเป็ดมีความสามารถในการดึงสารพิษ profenofos ออกจากน้ำ ส่วนในดินมีการสลายตัวเร็ว น่าจะเกิดขึ้นจากกระบวนการชะล้าง (run off) เพราะเกษตรกรมีการรดน้ำต้นส้มโอทุกวัน

ตารางที่ 1 ปริมาณสารพิษ profenofos ในตัวอย่างดิน น้ำ และตะกอน จากแปลงส้มโอ หลังจากการพ่นครั้งที่ 5 วันที่ 0 1 3 5 7 10 15 และ 30 วัน

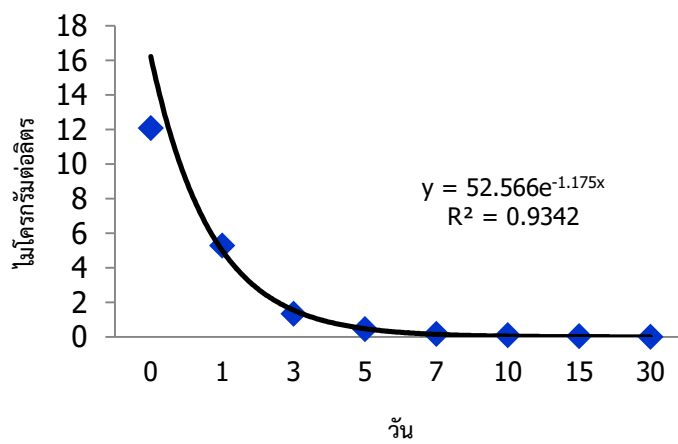
0 วัน	12.47 ± 7.17	34.78 ± 19.97	4.61 ± 0.57
1 วัน	5.68 ± 3.20	29.96 ± 16.72	1.74 ± 0.38
3 วัน	2.15 ± 0.77	10.03 ± 7.97	2.83 ± 0.74
5 วัน	0.44 ± 0.25	7.04 ± 4.66	2.03 ± 0.04
7 วัน	0.16 ± 0.09	9.82 ± 5.32	ไม่พบ
10 วัน	0.10 ± 0.03	5.59 ± 2.56	ไม่พบ
15 วัน	0.04 ± 0.02	4.53 ± 2.60	ไม่พบ
30 วัน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เวลาที่สารพิษลดลงจนมี ปริมาณครึ่งหนึ่ง(Half life, $t_{1/2}$ )(วัน)	<b>0.39</b>	<b>1.09</b>	<b>0.86</b>

ตารางที่ 2 ปริมาณสารพิษ profenofos ในตัวอย่างน้ำ ดิน และตะกอน จากแปลงส้มโอ ก่อนและหลังการพ่นสาร profenofos ครั้งที่ 1 2 3 4 และ5

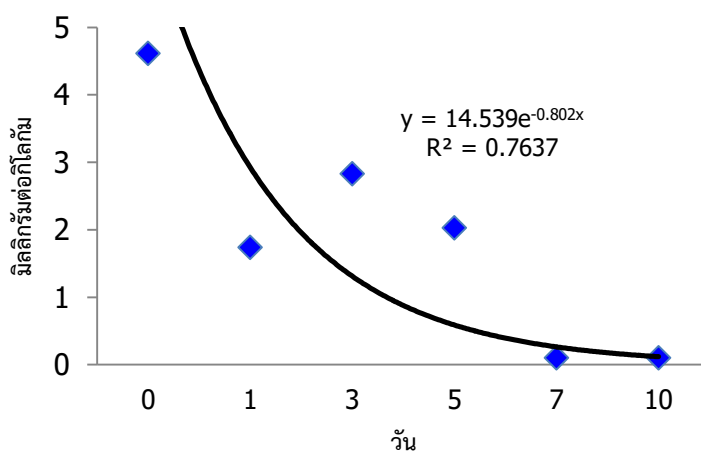
เวลา	การเก็บตัวอย่าง	ระยะห่างของการเก็บตัวอย่าง	น้ำ		ดิน		ตะกอน	
			ปริมาณprofenofos (ไมโครกรัมต่อลิตร)	% profenofos ที่หายไป	ปริมาณprofenofos (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)	% profenofos ที่หายไป	ปริมาณprofenofos (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)	% profenofos ที่หายไป
พ่นครั้งที่1	ก่อนพ่น	7 วัน	ไม่พบ	-	nd	-	ไม่พบ	-
	หลังพ่น		7.06	37.30	4.86			
พ่นครั้งที่2	ก่อนพ่น	7 วัน	0.01	99.86	ไม่พบ	100	ไม่พบ	100
	หลังพ่น		6.46		35.33		5.01	
พ่นครั้งที่3	ก่อนพ่น	7 วัน	0.01	99.80	ไม่พบ	100	ไม่พบ	100
	หลังพ่น		19.00		34.57		3.96	
พ่นครั้งที่4	ก่อนพ่น	9 วัน	0.14	99.25	ไม่พบ	100	ไม่พบ	100
	หลังพ่น		19.75		46.409		4.48	
พ่นครั้งที่5	ก่อนพ่น	7 วัน	0.12	99.40	3.715	92	ไม่พบ	100
	หลังพ่น		12.47		34.783		4.61	



รูปที่ 1 แสดงการลดลงของปริมาณสารพิษ profenofos ในดิน หลังจากการพ่น 0 1 3 5 7 10 15 และ 30 วัน



รูปที่ 2 แสดงการลดลงของปริมาณสารพิษ profenofos ในดิน หลังจากการพ่น 0 1 3 5 7 10 15 และ 30 วัน



รูปที่ 3 แสดงการลดลงของปริมาณสารพิษ profenofos ในตะกอนหลังจากการพ่น 0 1 3 5 7 10 15 และ 30 วัน

ตารางที่ 3 ปริมาณสารพิษ profenofos ในตัวอย่างสาหร่ายทางกระรอกและแห่นเปิด ที่เก็บจากร่องน้ำในแปลง สัมโอ หลังจากการพ่นครั้งที่ 5 วันที่ 0 1 3 5 และ 7 วัน

ตัวอย่าง	หลังพ่นครั้งที่5	ปริมาณ profenofos ตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ปริมาณ profenofos ในน้ำ (ไมโครกรัมต่อลิตร)	BCF*
สาหร่ายทางกระรอก	0 วัน	1.90	12.47	15.24
	1 วัน	50.25	5.68	884.62
	3 วัน	34.08	2.15	1584.96
	5 วัน	13.23	0.44	3007.27
	7 วัน	0.79	0.16	491.92
แห่นเปิด	0 วัน	5.97	12.47	47.88
	1 วัน	8.46	5.68	148.96
	3 วัน	46.28	2.15	2152.40
	5 วัน	4.28	0.44	972.03
	7 วัน	0.26	0.16	165.40

\* BCF คือ ความสามารถในการสะสมสารพิษโดยสิ่งมีชีวิต (Bioconcentration factor; BCF)

### ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินแปลงสัมโอ

ก่อนและภายหลังการพ่นสาร profenofos ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงสัมโอ มาแยก และจำแนก สิ่งมีชีวิตในดิน ออกเป็นกลุ่มของ arthropods ภายใต้กล้อง stereo microscope ถ่ายรูป นับจำนวนและการ จำแนกตามแนวทางของ Charlies A. Triplehorn and Norman F. Johnson (2005) สามารถจำแนกได้ ทั้งหมด 3 sub-Phylum 7 Class และ 26 order (ตารางที่ 4)

หลังจากจำแนกชนิดของ Arthropod พบว่า Class Arachnida และ Hexapoda มีหนาแน่นของ จำนวนประชากรมากที่สุด (ก่อนพ่นสาร profenofos เท่ากับ 1708 และ 1192 ตัวต่อตารางเมตร และหลังพ่น สาร profenofos เท่ากับ 1046 และ 1013 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 5)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวน arthropod ก่อนและหลังการพ่นสารพิษ profenofos พบว่า สาร profenofos ทำให้จำนวนประชากร arthropod ในทุก Class ลดลง โดยสามารถสังเกตเห็นการลดลงได้อย่างชัดเจนใน ประชากร arthropod ใน Class Malacostraca Chilopoda Diplopoda Symphyla และ Paulopoda และ แต่จำนวนประชากรในแต่ละ Class ก็จะมีจำนวนคืนกลับมาใกล้เคียงกับจำนวนประชากรก่อนพ่นสาร profenofos ยกเว้น Class Diplopoda และ Paulopoda (ตารางที่ 5)

เมื่อกำหนดดัชนีความหลากหลายทางชนิด (H') โดยใช้วิธีการคำนวณของแซนนอน (Shannon Wiener 1949) พบว่าค่า H' ลดลงตั้งแต่ครั้งแรกที่พ่นสาร profenofos (เปรียบเทียบกับค่า H' ชุดควบคุม) จึงแสดงให้เห็นว่าสาร profenofos มีผลต่อความหลากหลายของจำนวนประชากร และเมื่อผ่านไป 60 วัน ค่า H' จึง เพิ่มขึ้นกลับมาใกล้เคียงค่า H' ก่อนพ่นสาร profenofos (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 จำนวนชั้น และอันดับ ของ arthropods ในดินแปลงส้มโอที่เก็บตัวอย่างมาคัดแยก และจัดจำแนก

ไฟลัม (Phylum)	ซับไฟลัม (subPhylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Araneae Acarina Pseudoscorpiones Ricinulei Uropygi Palpigradi	
	Crustacea	Malacostraca	Isopoda	
	Atelocerata	Chilopoda		Geophilomorpha Scolopendromorpha
		symphyla		ScutigereLLidae Scolopendrellida
		Diplopoda		Polyxenida
		Paulonida		Pauropodina
	Hexapoda		Protura Collembola Orthoptera Diplura Isoptera Hymenoptera Coleoptera Psocoptera Hemiptera Thysanoptera Lepidoptera Siphoptera Diptera	

เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของ arthropods และ ค่า H' โดยวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation; r) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% พบว่าความหนาแน่นของ arthropod และ ค่า H' มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน ( $r = 0.832$ )

#### Correlations

		H	DENSITY
H	Pearson Correlation	1	<b>.832(**)</b>
	Sig. (1-tailed)	.	.000
	N	12	12
DENSITY	Pearson Correlation	<b>.832(**)</b>	1
	Sig. (1-tailed)	.000	.
	N	12	12

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่า H' และ ความหนาแน่น (Density) ของจำนวนประชากร arthropod ในดิน ก่อนและหลังพ่นสาร profenofos โดยใช้ T-test พบว่าค่า H' และ ความหนาแน่น (Density) ของจำนวนประชากร arthropod ในดิน ก่อนและหลังพ่นสาร profenofos มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $\alpha = 0.01$ )

#### One-Sample Test



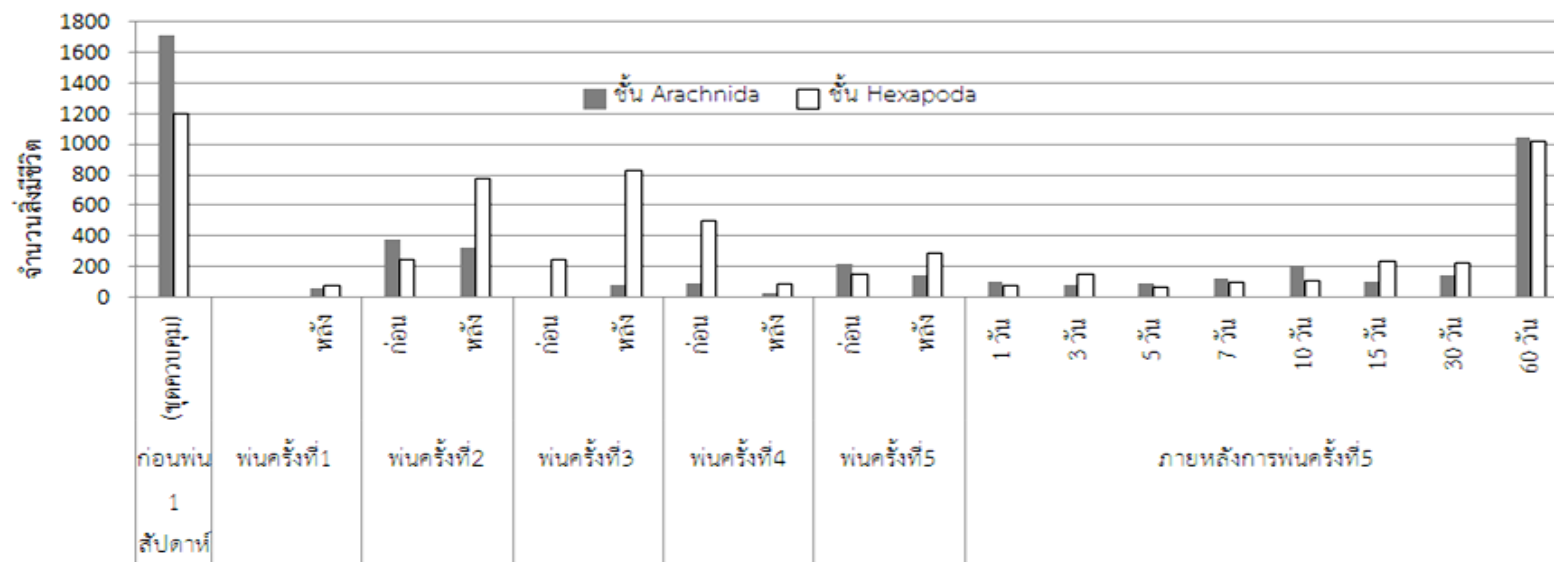
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	99% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
H'	6.765	11	<b>.000</b>	4.5250	2.4475	6.6025
DENSITY	20.729	11	<b>.000</b>	2.7448	2.3336	3.1561

ตารางที่ 5 ความหนาแน่น(density) ต่อตารางเมตรของ arthropod ในดินแปลงส้มโอ ในระยะเวลาต่างๆ

ชั้น	ก่อนพ่นสาร	พ่นสารครั้งที่1	พ่นสารครั้งที่2		พ่นสารครั้งที่3		พ่นสารครั้งที่4		พ่นสารครั้งที่5		หลังการพ่นสารครั้งที่5							
	(ชุดควบคุม)	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	1 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	10 วัน	15 วัน	30 วัน	60 วัน
Arachnida	1708	63	375	329	8	88	92	29	217	142	108	88	96	125	200	100	142	1046
Malacostraca	158	0	0	4	0	4	0	4	0	13	0	0	0	0	0	0	0	121
Chilopoda	8	0	0	0	0	0	8	0	8	4	4	0	8	4	0	8	4	8
symphyla	133	13	0	0	8	0	0	0	8	13	8	0	0	4	0	0	0	129
Diplopoda	42	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0
Paulonida	8	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hexapoda	1192	79	242	771	250	825	500	92	150	283	75	154	63	96	108	233	225	1013

ตารางที่ 6 จำนวน Class และ Order รวมทั้งค่าดัชนีความหลากหลาย (H') และความหนาแน่นของ arthropod ในดินแปลงส้มโอ ในระยะเวลาต่างๆ

ปัจจัย	ก่อนพ่นสาร	พ่นสารครั้งที่1	พ่นสารครั้งที่2		พ่นสารครั้งที่3		พ่นสารครั้งที่4		พ่นสารครั้งที่5		หลังการพ่นสารครั้งที่5							
	(ชุดควบคุม)	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	1 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	10 วัน	15 วัน	30 วัน	60 วัน
จำนวน Class ที่พบ	7	3	2	3	3	5	3	3	2	5	4	2	3	4	2	3	3	5
จำนวน Order พบ	21	5	8	8	5	9	6	5	6	11	6	9	4	12	9	9	10	17
H'	8.92	3.75	5.93	2.87	2.49	1.75	4.66	3.02	4.22	3.69	3.59	2.95	3.39	3.39	2.90	3.12	3.15	8.02
ความหนาแน่น (ตัวต่อตร.ม.)	3250	155	617	1104	267	929	600	125	383	454	196	242	167	246	308	342	371	2317



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบจำนวนสมาชิก ชั้น Arachnida และชั้น Hexapoda ในดินแปลงสัมโอ ในระยะเวลาต่างๆ

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบจำนวนสมาชิก ชั้น Arachnida อันดับ Acarina และชั้น Hexapoda อันดับ Collembola และอันดับ Hymenoptera ในดินแปลงสัมโอ ในระยะเวลาต่างๆ (จำนวน ตัว ต่อ ตารางเมตร)

Order	ก่อนปนสาร	ปนสารครั้งที่ 1		ปนสารครั้งที่ 2		ปนสารครั้งที่ 3		ปนสารครั้งที่ 4		ปนสารครั้งที่ 5		หลังการปนสารครั้งที่ 5						
	(ชุดควบคุม)	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	1 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	10 วัน	15 วัน	30 วัน	60 วัน
Acarina	1617	63	325	321	8	88	92	29	217	142	108	63	96	108	125	92	75	858
Collembola	442	38	150	413	67	396	75	21	100	100	50	75	63	38	42	46	29	558
Hymenoptera	400	4	8	0	117	79	325	46	8	83	4	13	0	13	33	121	167	313

เมื่อเปรียบเทียบประชากรสิ่งมีชีวิตในดิน ชั้น Arachnida และชั้น Hexapoda ซึ่งเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตในดินที่พบมากที่สุดในการสำรวจดินแปลงส้มโอ พบว่าประชากรสิ่งมีชีวิตในดิน ชั้น Arachnida ลดลงหลังพ่น profenofos ในขณะที่ และประชากรชั้น Hexapoda เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 7)

ประชากรสิ่งมีชีวิตในดิน ชั้น Hexapoda มีส่วนสำคัญในการทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในดิน เช่น สมาชิกใน Order Hymenoptera และกลุ่มกินพืชเป็นอาหาร เช่น สมาชิกใน Order Collembola ซึ่งเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตในดินที่บทบาทสำคัญ เช่น พวก spring tails (จริณี 2548; Padmavathy and Poyyamoli, 2013; Geoff K. and Paul J., 2007; Michelle et.al, 2007)

ประชากรสิ่งมีชีวิตในดิน ชั้น Arachnida (Order Scorpiones Pseudoscorpiones Opiliones Acari และ Chilopoda ) ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมล่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นเพื่อกินเป็นอาหาร เช่น ไร (Order Acari) ในดินส่วนมากมีนิสัยเป็นนักล่า เช่น ไร *Macrocheles superbus* Hull (ภาพที่ 5) ซึ่งกินไส้เดือนฝอยที่เป็นศัตรูของพืชเป็นอาหาร นอกจากนี้ไรบางชนิดก็กิน Collembola เป็นอาหาร และบางชนิดเช่นไรใน family Stigmataeidae (ภาพที่ 6) และ Family Eupalopsellidae ก็เป็นตัวห้ำของแมลงขนาดเล็กที่เคลื่อนไหวช้าเช่น เพลี้ยอ่อน และไข่และดักแด้ของเพลี้ยไฟ (Kuhnelt, 1976; Walter and Proctor, 1999)



ภาพที่ 5 ไร *Macrocheles superbus* Hull  
ที่พบในดินแปลงส้มโอ



ภาพที่ 6 ไรใน family Stigmataeidae ที่พบใน  
ดินแปลงส้มโอ

เมื่อเปรียบเทียบประชากรสิ่งมีชีวิตในดินที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตในดินใน Order Hymenoptera Order Collembola และ Order Acari ก่อนและหลังพ่นสาร profenofos พบว่าประชากรสิ่งมีชีวิตลดลงตั้งแต่การพ่น profenofos ครั้งแรก และเพิ่มจำนวนกลับมาจนใกล้เคียงจำนวนสิ่งมีชีวิตตอนช่วงเวลาที่ ยังไม่ได้พ่น profenofos เมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 60 วัน(ตารางที่ 7) ดังนั้น การใช้ profenofos เพื่อการป้องกันกำจัด หนอนเจาะผลส้มโอ มีผลทำให้จำนวนสิ่งมีชีวิตในดินที่ไม่ใช่เป้าหมายของการกำจัดลดลง ทั้งในด้านความหลากหลายและปริมาณแล้ว อาจยังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินที่มีประโยชน์ (Order Collembola และ Order Acari) หรือมีบทบาทในการควบคุมประชากรสิ่งมีชีวิตที่เป็นศัตรูพืชชนิดอื่นๆด้วย เช่น ไร *Macrocheles superbus* Hull และไรใน family Stigmataeidae ซึ่งพบว่ามีความหนาแน่นลดลงหลังการพ่นครั้งที่ 1 และพบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้นหลังการพ่นครั้งสุดท้าย

## สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

### การสลายตัวและการสะสมของ profenofos ในดิน

1. ตัวอย่างดิน น้ำ และ ตะกอน ในแปลงส้มโอ มีค่าเวลาการสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half life,  $t_{1/2}$ ) เท่ากับ 1.39 0.39 และ 0.86 วัน ตามลำดับ (ที่ pH 7.25- 7.8)
2. การพ่น profenofos ซ้ำ (re-exposure) ไม่ทำให้เกิดการสะสมของ profenofos ในดิน น้ำ และตะกอน เนื่องจาก profenofos มีอัตราการสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (half life,  $t_{1/2}$ ) น้อยกว่าช่วงระยะห่างระหว่างการพ่นแต่ละครั้ง (5 ถึง 7 วัน)

### ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินแปลงส้มโอ

1. profenofos มีผลทำให้ความหนาแน่นและความหลากหลายของประชากรสิ่งมีชีวิตในดินลดลงในช่วงที่มีการพ่นและความหนาแน่นและความหลากหลายของประชากรสิ่งมีชีวิตในดินจะเพิ่มจำนวนกลับมาใกล้เคียงเท่าเดิมเมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน หลังการพ่นครั้งสุดท้าย
2. profenofos มีผลทำให้ประชากรของarthropodที่มีบทบาทสำคัญในดินและมีบทบาทในการควบคุมศัตรูพืช (ชั้น Collembola Hymenoptera และ Acari) ลดลง และต้องใช้เวลาภายหลังการพ่น profenofos นานถึง 60 วัน จึงจะเพิ่มจำนวนขึ้นใกล้เคียงกับจำนวน arthropod ช่วงที่ไม่ได้พ่น profenofos

## การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำข้อมูลที่ได้สามารถนำไปเป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรในการใช้สารพิษ ให้เป็นไปอย่างระมัดระวังและถูกต้อง และเพื่อความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม
2. เป็นข้อมูลสำหรับกรมวิชาการเกษตร ใช้พิจารณาประเมินความเสี่ยงภัยจากการใช้สารพิษ profenofos เพื่อใช้ประกอบการขอขึ้นทะเบียน หรือการห้ามใช้
3. เผยแพร่ข้อมูลที่ได้สู่สาธารณชน และหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้ที่สนใจทั่วไป
4. เพื่อการบริหารจัดการควบคุมศัตรูพืชทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงภัยสูง ตามภารกิจของกรมวิชาการเกษตร

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ นายเหิร บุญพุง เกษตรกรแปลงส้มโอ ที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงทดลอง  
ขอขอบคุณ คุณพิเชษฐ์ เชาว์วัฒนวงศ์ นักกีฏวิทยาชำนาญการพิเศษ คุณพลอยชมพู กรวิภาสเรือง  
นักกีฏวิทยาชำนาญการ และคุณวิมลวรรณ โชติวงศ์ นักกีฏวิทยาปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยไร่และแมลงมุม กลุ่มกีฏ

และสัตว์วิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้ชุดอุปกรณ์สำหรับถ่ายสิ่งมีชีวิตในดิน ตลอดจนให้คำปรึกษาเกี่ยวกับข้อมูลการจัดอนุกรมวิธานสิ่งมีชีวิตในดิน

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ที่ได้กรุณาช่วยตรวจตัวอย่างดิน เจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา ที่กรุณาให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ที่ช่วยในการเก็บ สกัด และวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2551. การป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืชปี 2551 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร
- กองจัดการสารอันตรายจากกากของเสีย, 2536. ค่ามาตรฐานความปลอดภัยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในสิ่งแวดล้อม ฝ่ายสารอันตรายจากเกษตรกรรม กรมควบคุมมลพิษ, 31 หน้า
- ธรินี มัชฌิมกะ.2548. สังคมของอาร์โพอดในดินในป่าไม่ถูกรบกวนและป่าถูกรบกวน อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขากีฏวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.
- Anastassiades, M., Lehotay, S.J., Stajbasher, D., and Schenck, F.J. 2003. Fast and Easy Multiresidues employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and “Dispersive solid-Phase Extraction” for determination of Pesticide Residues in Produce. J.AOAC. vol.86 no.2 p.412-431
- Back C.A. 1965. “Method of soil analysis: part I physical and mineralogical properties”. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Charles A. triplehorn and Norman F. Johnson.2005. Borror and Delong’s Introduction to the Study of Insects.7 edition. Brook/Cole in Thomson Learning Inc.CA. pp.864
- Holfman D.J. and the others. 1995. Handbook of Ecotoxicology. CRC Press Inc.
- Geoff K. Framptom and Paul J. van den Brink. 2007. Collembola and Macroarthropod community responses to carbamate, organophosphate and synthetic pyrethroid insecticides: Direct and indirect effects. Environmental Pollution. 147:14-25
- Kuhnelt, W. 1976. Soil Biology with Special Reference to the Animal Kingdom. Western Printing Services Limited, London. 483 p.
- Michelle T. Fountain, Valerie K. Brown, Alan C. Gange, William O.C. Symondson, and Phi J. Murray. 2007. The effects of the insecticide chlorpyrifos on spider and Collembola communities. Pedobiologia 51:147-158

- Padmavathy Anbarashan and Poyyamoli Gopalswamy. 2013. Effects of Persistent Insecticides on Beneficial Soil Arthropod in Conventional Fields Compared to Organic Fields, Puducherry. Pakistan Journal of Biological Sciences.16(4):661-670
- TNO 1993. Standard Operation Procedure, Zeist. The Netherlands8)
- USEPA, 1998. Reregistration Eligibility decision Environmental Risk assessment for Profenofos. Retrieved March 9,2014, from [www.epa.gov/opp00001/chem\\_search/cleared\\_reviews/csr\\_PC-111401\\_16-Jun-99\\_052.pdf](http://www.epa.gov/opp00001/chem_search/cleared_reviews/csr_PC-111401_16-Jun-99_052.pdf)
- Walter, D.E. and H.C., Proctor. 1999. Mites Ecology, Evolution and Behaviour.UNSW Press, Australia. 322p.