

4.1.1 ศึกษาปริมาณสารพิษปนเปื้อนบนร่างกายผู้ฉีดพ่นสารกำจัดแมลงกลุ่ม Organophosphorus ในแหล่งปลูก  
พืชผักและไม้ผล : ชนิด profenofos ในคะน้า , : ชนิด profenofos ในส้มโอ  
Measurement of profenofos exposure to applicator in Pomelo orchard

4.1.2 ศึกษาการสลายตัวและสะสมของสารกำจัดแมลง กลุ่ม Organophosphorus ในผลผลิตพืชผักและไม้ผล :  
ชนิด profenofos ในคะน้า : ชนิด profenofos ในส้มโอ  
Degradation of profenofos Residues in Pomelo

นายปรีชา ฉัตรสันติประภา นางสาวสิริพร เหลืองสุขนกุล นางมลิสรา เวชยานนท์ นางสาวปัทสรุภา คุณเลิศ  
กลุ่มวิจัยวัตตภูมิพิชการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

---

### Abstract

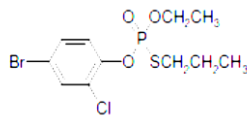
A field study was conducted to measure the effect of Organophosphorus Insecticide; Profenofos which applied to manage citrus fruit borer in Pomelo orchard, on the applicator and the consumer. Profenofos was applied following the recommended concentration and sprayed for five periods (seven days interval per each period). In order to study the effect on applicator , Risk assessment was done based on profenofos residues on applicator' body using patch experiment and measured profenofos residue by GC-FPD and exposure estimate based on surrogate data and expressed as Margin of Exposure(MOE) and to study the effect to consumer by analyzing profenofos residues in pomelo. The results indicate that profenofos has no risk to applicator (MOE is excess than pesticide uncertainty factor (MOE > 100)) and also has not residue in pomelo then it safe to consume.

### บทคัดย่อ

ผลกระทบจากการใช้สารกำจัดแมลงกลุ่ม organophosphorus ชนิด profenofos ต่อผู้ใช้ และผู้บริโภค ได้ทำการศึกษาในแปลงส้มโอ โดยทำการพ่นสาร profenofos ตามอัตราที่แนะนำ จำนวน 5 ครั้ง แต่ละครั้งเว้นระยะเวลา 7 วัน ในการ การศึกษาผลกระทบของ profenofos ต่อผู้พ่น จะประเมินความเสี่ยงโดยใช้วิธีทดลองแบบ patch experiment ซึ่งปริมาณ profenofos ตกค้างในบริเวณส่วนต่างในร่างกายที่ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FPD มาประมวลผลกับข้อมูลการได้รับสัมผัส แปรผลออกมาเป็นค่าขอบเขตความปลอดภัยจากการสัมผัส (Margin of Exposure; MOE) ส่วนการศึกษาผลกระทบของ profenofos ต่อผู้บริโภค ทำได้โดยตรวจวิเคราะห์ profenofos ตกค้างในส้มโอ จากผลการศึกษาพบว่า profenofos ไม่มีความเสี่ยงต่อผู้พ่น (MOE มีค่ามากกว่าค่า uncertainty (MOE > 100)) รวมตรวจไม่พบสาร profenofos ค้างในส้มโอ ดังนั้นจึงส้มโอที่ผ่านการพ่น profenofos ไม่มีความเสี่ยงต่อผู้บริโภค

## คำนำ

สารกำจัดแมลงชนิด Profenofos จัดอยู่ในสารกลุ่ม organophosphorus และมีชื่อทางเคมี (IUPAC) คือ O-4-bromo-2-chlorophenyl O-ethyl S-propyl phosphorothioate มีสูตรโมเลกุลคือ  $C_9H_{11}NOPS$  มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 373.6 profenofos เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช และไร ประเภทไม่ดูดซึม จะออกฤทธิ์เมื่อสัมผัสถูกและกิน profenofos มีค่า LD50 ทางการกินในหนู เท่ากับ 358 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม องค์การอนามัยโลก(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 มีแหล่งปลูกใหญ่ในเขตจังหวัด นครปฐม สมุทรสงคราม เชียงราย นครศรีธรรมราช ซึ่งในการผลิตส้มโอที่มีคุณภาพจะต้องมีการจัดการปัญหาโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งศัตรูพืชที่สำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายมาก คือ หนอนเจาะผลส้มโอ โดยการทำลายของหนอนเจาะผลส้ม จะทำให้เกิดความเสียหายต่อผลส้มโอ ทำให้ผลอ่อนร่วง ดังนั้นในปัจจุบันเกษตรกรจึงนิยมใช้ profenofos กันแพร่หลายในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะผลส้มโอ

การใช้ profenofos เพื่อป้องกันกำจัดหนอนเจาะผลส้มโอนั้น ตามคำแนะนำการใช้สาร profenofos (สูตร 50 เปอร์เซ็นต์ W/V EC ใช้อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 200 ลิตร) เพื่อป้องกันและกำจัด หนอนเจาะผลส้มโอ ของกรมวิชาการเกษตร (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 2553) แนะนำต้องพ่นติดต่อกันอย่างน้อย 4 ครั้ง หรือมากกว่าเพื่อควบคุมป้องกันการระบาดของหนอนเจาะผลส้มโอ พ่นแต่ละครั้งห่างกันทุกๆ 7 วัน โดยเริ่มพ่นช่วงผลส้มโออายุประมาณ 2 สัปดาห์ จนผลส้มโออายุ 1.5 เดือน ดังนั้นผู้พ่นจึงมีโอกาสได้รับสัมผัสสาร profenofos จากการพ่น

กลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุพิษการเกษตร จึงได้จัดทำชุดโครงการวิจัยเพื่อศึกษาประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสสาร profenofos เพื่อบ่งชี้ว่าปริมาณสาร profenofos ที่ได้รับมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ใช้ และ ผู้บริโภคหรือไม่ ประกอบด้วย การทดลอง การศึกษาปริมาณสาร profenofos ปนเปื้อนบนร่างกายผู้พ่นในแหล่งปลูกส้มโอภายหลังการพ่น การสลายตัวและสารพิษตกค้างของ profenofos ในส้มโอ ภายหลังการพ่น เพื่อให้ได้ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงของผู้ใช้สารพิษและของผู้บริโภคผลิตผลที่มีสารพิษตกค้างเป็นข้อมูลสำหรับกรมวิชาการเกษตร ในการพิจารณาบริหารจัดการควบคุมวัตถุพิษที่มีอันตราย เพื่อความ

เข้มงวดการใช้การจำกัดการใช้ หรือการห้ามใช้ เป็นความปลอดภัยของผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อมต่อไป

## วิธีดำเนินการ

### วัสดุ สารเคมี และอุปกรณ์

1. แผ่นผ้าฝ้ายขนาด 10 x 10 cm<sup>2</sup> พร้อมเข็มกลัดซ่อนปลาย
2. ขวดแก้วและฝาปิดสำหรับใส่แผ่นผ้า
3. เครื่องแก้ว volumetric flask, volumetric pipette, separatory funnel, Erlenmeyer flask, cylinder, beaker, round bottom flask, chromatographic column, filtering funnel, petri-dish, glass vial
4. เคมีภัณฑ์ชนิดต่างๆ
  - 4.1 สารเคมี analytical grade (AR) ได้แก่ acetone, ethyl acetate, anh. sodium sulphate,
  - 4.2 สารเคมี pesticide grade (PR) ได้แก่ ethyl acetate
5. glass wool และ filter paper No.1
6. เครื่องชั่งหยาบและเครื่องชั่งละเอียด (analytical balance)
7. เครื่องสกัดวัตถุที่มีพิษชนิด separatory funnel shaker
8. เครื่องเขย่า (reciprocal shaker)
9. เครื่องลดปริมาตรชนิด rotary evaporator
10. เครื่องลดปริมาตร ชนิด nitrogen evaporator
11. เครื่อง Gas Chromatograph(GC)พร้อมหัวตรวจจับชนิด Flame photometer detector (FPD)
12. สารมาตรฐานชนิดป้องกันกำจัดแมลง (insecticide standards) profenofos ความบริสุทธิ์สูง
13. ผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดแมลง profenofos สูตร 50 เปอร์เซ็นต์ W/V EC ใช้อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อ น้ำ 200 ลิตร

### ข้อมูลแปลงทดลองส้มโอ

เจ้าของแปลง : นายเหิร บุญพวง

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

พิกัดภูมิศาสตร์แปลง : 47 P 0599917 1487042

ประวัติแปลง : แปลงปลูกพืชเชิงเดี่ยว โดยปลูกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ มาเป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 15 ปี

การใช้สารกำจัดแมลง : สารกำจัดแมลงชนิด profenophos, abamectin และcypermethrin

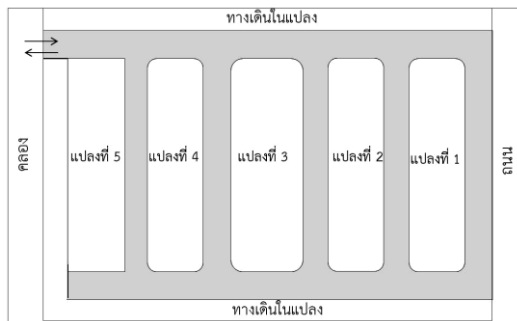
สารกำจัดแมลงที่ศึกษา : profenophos 50 % w/v EC

อัตราการใช้ยา : profenophos 20 มิลลิลิตร ต่อ น้ำ 200 ลิตร พ่นหลังจากส้มแตกใบอ่อน ออกดอก ติดผลอ่อน และพ่นซ้ำทุกๆ 5 วันส่วนสารกำจัดแมลงชนิดอื่นๆ ใช้ตามความเหมาะสม และความต้องการของเกษตรกร

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 แปลงทดลองมีพื้นที่รวมประมาณ 1.5 ไร่
2. กำหนดการฉีดพ่น profenofos จำนวน 5 ครั้ง การพ่นครั้งแรกเริ่มต้นในช่วงส้มโอแตกใบอ่อน ออกดอก ติดผลอ่อน และพ่นครั้งต่อไปอีก 5 ครั้ง ระยะห่างระหว่างการพ่นแต่ละครั้งประมาณ 1 สัปดาห์ บันทึกเวลาการพ่นทุกครั้ง



3. ก่อนทำการพ่นให้เกษตรกรติดแผ่นผ้าฝ้ายขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร บนเสื้อผ้า ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ได้แก่ หมวก แผ่นผ้าปิดจมูก ออกเสื้อ ด้านในอกเสื้อ บ่า คอก หลังเสื้อ ด้านในของหลังเสื้อ ต้นขา หน้าแข้ง และด้านในหน้าแข้ง (ขั้นตอนและวิธีการทดลอง อ้างอิงจาก Methods for measuring dermal exposure Patch method (OECD,1997))
4. หลังการพ่น profenofos เก็บแผ่นผ้าที่ติดบนร่างกาย น้ำล้างมือ น้ำล้างเท้า ของผู้ฉีดพ่นนำมาตรวจวิเคราะห์ ปริมาณสารพิษปนเปื้อนบนร่างกาย
5. เก็บตัวอย่างส้มโอเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างที่ระยะเก็บเกี่ยว

## การเตรียมตัวอย่าง

### วิธีการเก็บตัวอย่างแต่ละชนิด

1. การเก็บตัวอย่างแผ่นผ้าจากแต่ละส่วนของร่างกายแยกกันใส่ laboratory bottle และปิดฝาขวด
2. การเก็บตัวอย่างน้ำล้างมือ น้ำล้างเท้าของเกษตรกรผู้ฉีดพ่น โดยการล้างมือ หรือเท้าด้วยน้ำประปา ครั้งละ 1 ลิตร แล้วแยกบรรจุใส่ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ
3. การเก็บตัวอย่างส้มโอ สุ่มเก็บจากแปลง จำนวน 10 ตัวอย่าง (ตัวอย่างหนึ่งสุ่มจากส้มโอเฉลี่ย 5 ผล) ตัวอย่างทั้งหมดถ้ายังไม่ทำการวิเคราะห์ในทันที ต้องเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสลายตัวของวัตถุพิษ และเมื่อจะนำออกมาตรวจวิเคราะห์ ต้องนำตัวอย่างออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1-2 ชั่วโมง รอจนอุณหภูมิตัวอย่างเท่าอุณหภูมิห้อง จึงค่อยนำมาสกัดหาสารพิษตกค้างต่อไป

## การสกัด profenofos ในตัวอย่างน้ำและแผ่นผ้า

### การสกัด profenofos ในตัวอย่างน้ำ

ใช้วิธีของ AOAC, 1995 โดยตวงตัวอย่างน้ำปริมาตร 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

### การสกัด profenofos ในตัวอย่างแผ่นผ้า

ใช้วิธีที่ปรับปรุงมาจาก TNO 1993 โดยนำแผ่นผ้าใส่ในขวด Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม ethyl acetate (AR) 50 มิลลิลิตร ปิดด้วย aluminum foil และปิดฝาขวด นำไปเขย่าด้วยเครื่อง shaker นาน 1 ชั่วโมง กรองสารละลายผ่าน anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ลงใน round bottom flask แล้วสกัดซ้ำด้วย ethyl acetate (AR) 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่อง shaker นานครั้งละ 30 นาที กรองผ่าน anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  นำสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดมาลดปริมาตรด้วย rotary evaporator จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate (PR) ลดปริมาตรสารสกัดด้วย nitrogen evaporator และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสาร profenofos ด้วยเครื่อง GC ชนิดหัวตรวจวัด FPD ประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์สาร profenofos ในตัวอย่างแผ่นผ้าพบว่ามีค่าการเอากลับคืน (recovery) ของสาร profenofos เฉลี่ยอยู่ที่ 96 % ที่ช่วงความเข้มข้น 0.01 – 0.08 ng/cm<sup>2</sup>

### การสกัด profenofos ในตัวอย่างส้มโอ

ใช้วิธีที่ปรับปรุงมาจาก Steinwandter H. 1985 โดยชั่งตัวอย่างส้มโอที่บดแล้ว 50 กรัม เติม acetone 100 ml 15 g sodium chloride และ 75 ml dichloromethane แล้วปั่นด้วย homogenizer ที่ระดับความเร็ว ประมาณ 10,000 rpm นาน 2 นาที ทิ้งให้ตกตะกอน รินส่วนใสใส่ Erlenmeyer flask ที่เติม sodium sulfate 100 ml ใส่ใน cylinder แล้วเทลง round bottom flask ล้าง cylinder ด้วย ethyl acetate 10 ml

นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary Evaporator จนเกือบแห้ง แล้วปรับปริมาตรด้วย ethyl acetate (PR) ลดปริมาตรสารสกัดด้วย nitrogen evaporator และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตรจากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสาร profenofos ด้วยเครื่อง GC ชนิดหัวตรวจวัด FPD ประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์สาร profenofos ในตัวอย่างส้มโอพบว่ามีการเอากลับคืน (recovery) ของสาร profenofos อยู่ที่ 80 % ที่ช่วงความเข้มข้น 0.008 – 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

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

การคำนวณหาค่าขอบเขตความปลอดภัยจากการได้รับสารพิษ (Margin of Exposure :MOE)

คำนวณได้จากนำค่า NOAEL (No observed adverse effect level) หารด้วย ปริมาณที่ได้รับ (exposure) ค่า MOE ที่คำนวณได้ให้นำมาเปรียบเทียบกับค่า Pesticide uncertainty factor หากค่า MOE มีค่าต่ำกว่าค่า Pesticide uncertainty factor ที่กำหนดโดย US EPA (2000) (ในที่นี้เท่ากับ 100) จะถือว่ามีความเสี่ยง ซึ่ง U.S. EPA กำหนดค่า MOE = 10 หรือมากกว่าเป็นขอบเขตความปลอดภัยที่ยอมรับได้จากการทดลองโดยตรงในคน และ MOE = 100 หรือมากกว่าเป็นขอบเขตความปลอดภัยที่ยอมรับได้จากการทดลองในสัตว์ทดลอง

**ระยะเวลา**

เดือนตุลาคม 2555 ถึง เดือนกันยายน 2556

**สถานที่ทำการทดลอง**

แปลงส้มโอของเกษตรกรที่ ต.บางสะแก อ.บางคนที จ.สมุทรสงคราม และห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัย วัตถุประสงค์ของโครงการ สำนักงานวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จตุจักร กทม.

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### การศึกษาปริมาณสาร profenofos บนเปื้อนบนร่างกายผู้พ่นในแหล่งปลูกส้มโอภายหลังการพ่น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษ profenofos บนแผ่นผ้าที่ติดอยู่ตามส่วนต่างๆของร่างกายผู้พ่น พบว่ามี สารพิษ profenofos บนเปื้อนบนแผ่นผ้าที่ติดตามร่างกายในทุกตัวอย่าง (ตารางที่ 1) โดยบริเวณร่างกายที่ผู้ฉีด พ่นมีโอกาสสัมผัสกับละอองของ สารพิษ profenofos มากที่สุดระหว่างการฉีดพ่นคือ บริเวณศีรษะ ป่าและต้นขา ส่วนผลการวิเคราะห์น้ำล้างมือและน้ำล้างเท้าของผู้พ่นภายหลังการพ่น พบว่าน้ำล้างมือมีปริมาณ สารพิษ profenofos บนเปื้อนมากกว่าน้ำล้างเท้า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้พ่นใส่ถุงมือผ้าจึงทำให้สารพิษ profenofos สามารถซึมผ่านไปที่ผิวหนัง แต่ผู้พ่นใส่รองเท้าบูทยางจึงป้องกันไม่ให้สารพิษ profenofos ซึมผ่านได้

ตารางที่ 1. ปริมาณ profenofos บนแผ่นผ้าที่ติดตามจุดต่างๆ บนร่างกายผู้ฉีดพ่น

บริเวณบนเปื้อน	ปริมาณ profenofos บนเปื้อนบนร่างกายผู้ฉีดพ่น ( $\mu\text{g}/100 \text{ cm}^2$ )				
	พ่นครั้งที่ 1 (ใช้เวลาพ่น 43 นาที)	พ่นครั้งที่ 2 (ใช้เวลาพ่น 35 นาที)	พ่นครั้งที่ 3 (ใช้เวลาพ่น 35 นาที)	พ่นครั้งที่ 4 (ใช้เวลาพ่น 51 นาที)	พ่นครั้งที่ 5 (ใช้เวลาพ่น 48 นาที)
1. ศีรษะ	258.25	195.20	92.89	44.14	139.17
2. ป่า	53.11	185.44	142.70	14.49	48.94
3. จมูก	33.38	1.06	5.23	0.7	15.89
4. ออก	22.15	192.10	8.28	5.56	18.35
5. ข้อศอก	14.95	32.78	29.04	6.72	23.99
6. หลัง	18.07	41.43	40.52	2.43	19.20
7. ต้นขา	49.79	14.41	17.76	6.20	129.04
8. แขนง	40.99	8.42	13.70	7.34	18.12
9. มือ(น้ำล้าง) ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	35.74	61.58	14.81	4.69	0.95
10. เท้า (น้ำล้าง) ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	1.4	0.58	0.32	0.09	0.37

ตารางที่ 2 ปริมาณการได้รับ profenofos เข้าสู่ร่างกายของผู้พ่น ครั้งที่ 1 จากข้อมูลปริมาณสารพิษบนแผ่นผ้า น้ำล้างมือ และน้ำล้างเท้า

ตำแหน่งติดแผ่น ผ้า	พื้นที่ ผิว(ตร. ซม)	ปริมาณprofenofosปนเปื้อน บนแผ่นผ้า (ไมโครกรัม/ตร. ซม.)	Penetration factor*	ปริมาณปนเปื้อนที่ สัมผัสร่างกาย** (ไมโครกรัม)
ศีรษะและ ใบหน้า	1300	19.87	-	258.245
บ่า	2910	3.73	0.489	53.107
อก - ใน	3550	1.3	0.52	22.152
อก - นอก		1.2		
ศอก	2910	1.05	0.489	14.950
หลัง - ใน	3550	0.94	0.459	18.069
หลัง - นอก		1.11		
ต้นขา	3820	1.96	0.665	49.786
แขน - ใน	2380	5.14	0.665	40.988
แขน - นอก		2.59		
น้ำล้างมือ	-	35.74	-	35.740
น้ำล้างเท้า	-	1.4	-	1.4
รวมปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพ่นนาน 43 นาที				494. 436 ไมโครกรัม
ปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพ่นนาน 45 นาที ต่อวัน				515. ไมโครกรัม/ 873 วัน
เกษตรกรมีน้ำหนักเฉลี่ย 60 ก.ก. จึงมีปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกาย ต่อน้ำหนัก ตัว ต่อวัน				0.00 86 มก./กก./วัน

\* Penetration factor คือ สัมประสิทธิ์ที่สารพิษสามารถซึมผ่านเสื้อผ้าสู่ร่างกายเกษตรกร คำนวณจาก

Penetration factor = residue on inner dosimeter (residue on outer + inner dosimeter)

\*\*ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัสร่างกาย = พื้นที่ผิว x ปริมาณปนเปื้อนแผ่นผ้า x Penetration factor



ตารางที่ 3 ปริมาณการได้รับ profenofos เข้าสู่ร่างกายของผู้พ่นครั้งที่ 2 จากข้อมูลปริมาณสารพิษบนแผ่นผ้า น้ำ  
ล้างมือ และน้ำล้างเท้า

ตำแหน่งติดแผ่น ผ้า	พื้นที่ ผิว(ตร. ชม)	ปริมาณprofenofos ปนเปื้อนบนแผ่นผ้า (ไมโครกรัม/ตร.ชม.)	Penetration factor*	ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัส ร่างกาย** (ไมโครกรัม)
ศรีษะและ ใบหน้า	1300	15.02	-	195.195
บ่า	2910	19.46	0.327	185.444
อก - ใน	3550	5.66	0.043950924	192.099
อก - นอก		123.12		
ศอก	2910	3.44	0.327	32.782
หลัง - ใน	3550	3	0.611	41.429
หลัง - นอก		1.91		
ต้นขา	3820	21.52	0.018	14.408
แขน - ใน	2380	0.36	0.018	8.418
แขน - นอก		20.18		
น้ำล้างมือ	-	61.58	-	61.580
น้ำล้างเท้า	-	0.58	-	0.58
รวมปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพ่นนาน 43 นาที				731.934 ไมโครกรัม
ปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพ่นนาน 45 นาที ต่อวัน				940.790 ไมโครกรัม/ วัน
เกษตรกรมีน้ำหนักเฉลี่ย 60 ก.ก. จึงมีปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกาย ต่อ น้ำหนักตัว ต่อวัน				0.0157 มก./กก./วัน

\* Penetration factor คือ สัมประสิทธิ์ที่สารพิษสามารถซึมผ่านเสื้อผ้าสู่ร่างกายเกษตรกร คำนวณจาก

Penetration factor = residue on inner dosimeter (residue on outer + inner dosimeter)

\*\*ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัสร่างกาย = พื้นที่ผิว x ปริมาณปนเปื้อนแผ่นผ้า x Penetration factor

ตารางที่ 4 ปริมาณการได้รับ profenofos เข้าสู่ร่างกายของผู้พันครั้งที่ 3 จากข้อมูลปริมาณสารพิษบนแผ่นผ้า น้ำ  
ล้างมือ และน้ำล้างเท้า

ตำแหน่งติดแผ่น ผ้า	พื้นที่ ผิว(ตร. ชม)	ปริมาณ profenofos ปนเปื้อนบนแผ่นผ้า (ไมโครกรัม/ตร.ชม.)	Penetration factor*	ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัส ร่างกาย** (ไมโครกรัม)
ศีรษะและใบหน้า	1300	7.15	-	92.885
บ่า	2910	10.27	0.477	142.696
อก - ใน	3550	0.26	0.103174603	8.278
อก - นอก		2.26		
ศอก	2910	2.09	0.477	29.039
หลัง - ใน	3550	7.7	0.852	40.519
หลัง - นอก		1.34		
ต้นขา	3820	6.51	0.071	17.763
แขน - ใน	2380	0.62	0.071	13.702
แขน - นอก		8.06		
น้ำล้างมือ	-	14.81	-	14.810
น้ำล้างเท้า	-	0.32	-	0.32
รวมปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพันนาน 43 นาที				360.012 ไมโครกรัม
ปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพันนาน 45 นาที ต่อวัน				462.872 ไมโครกรัม/ วัน
เกษตรกรมีน้ำหนักเฉลี่ย 60 กก. จึงมีปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกาย ต่อน้ำหนัก ตัว ต่อวัน				0.0077 มก./กก./วัน

\* Penetration factor คือ สัมประสิทธิ์ที่สารพิษสามารถซึมผ่านเสื้อผ้าสู่ร่างกายเกษตรกร คำนวณจาก

Penetration factor = residue on inner dosimeter (residue on outer + inner  
dosimeter)

\*\*ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัสร่างกาย = พื้นที่ผิว x ปริมาณปนเปื้อนแผ่นผ้า x Penetration factor

ตารางที่ 5 ปริมาณการได้รับ profenofos เข้าสู่ร่างกายของผู้พันครั้งที่ 4 จากข้อมูลปริมาณสารพิษบนแผ่นผ้า น้ำ  
ล้างมือ และน้ำล้างเท้า

ตำแหน่งติด แผ่นผ้า	พื้นที่ ผิว (ตร. ชม)	ปริมาณ profenofos บนแผ่น บนแผ่นผ้า (ไมโครกรัม/ตร.ชม.)	Penetration factor*	ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัส ร่างกาย** (ไมโครกรัม)
ศรีษะและ ใบหน้า	1300	3.40	-	44.135
บ่า	2910	9.98	0.050	14.490
อก - ใน	3550	0.17	0.077981651	5.564
อก - นอก		2.01		
ศอก	2910	4.63	0.050	6.722
หลัง - ใน	3550	0.07	0.022	2.431
หลัง - นอก		3.14		
ต้นขา	3820	4.48	0.036	6.202
แขน - ใน	2380	0.32	0.036	7.340
แขน - นอก		8.51		
น้ำล้างมือ	-	4.69	-	4.690
น้ำล้างเท้า	-	0.09	-	0.09
รวมปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพ่นนาน 43 นาที				91.665 ไมโครกรัม
ปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพ่นนาน 45 นาที ต่อวัน				80.314 ไมโครกรัม/วัน
เกษตรกรมีน้ำหนักเฉลี่ย 60 ก.ก. จึงมีปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกาย ต่อ น้ำหนักตัว ต่อวัน				0.0013 มก./กก./วัน

\* Penetration factor คือ สัมประสิทธิ์ที่สารพิษสามารถซึมผ่านเสื้อผ้าสู่ร่างกายเกษตรกร คำนวณจาก

Penetration factor = residue on inner dosimeter (residue on outer + inner dosimeter)

\*\*ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัสร่างกาย = พื้นที่ผิว x ปริมาณปนเปื้อนแผ่นผ้า x Penetration factor

ตารางที่ 6 ปริมาณการได้รับ profenofos เข้าสู่ร่างกายของผู้พ่นครั้งที่ 5 จากข้อมูลปริมาณสารพิษบนแผ่นผ้า น้ำ  
ล้างมือ และน้ำล้างเท้า

ตำแหน่งติดแผ่น ผ้า	พื้นที่ ผิว(ตร. ชม)	ปริมาณprofenofos ปนเปื้อนบนแผ่นผ้า (ไมโครกรัม/ตร.ชม.)	Penetration factor*	ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัส ร่างกาย** (ไมโครกรัม)
ศรีษะและใบหน้า	1300	10.71	-	139.165
บ่า	2910	4.12	0.408	48.937
อก - ใน	3550	0.92	0.438095238	18.352
อก - นอก		1.18		
ศอก	2910	2.02	0.408	23.994
หลัง - ใน	3550	0.87	0.378	19.202
หลัง - นอก		1.43		
ต้นขา	3820	4.17	0.810	129.044
แขน - ใน	2380	4.01	0.810	18.124
แขน - นอก		0.94		
น้ำล้างมือ	-	0.95	-	0.950
น้ำล้างเท้า	-	0.37	-	0.37
รวมปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพ่นนาน 43 นาที				398.138 ไมโครกรัม
ปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกายระหว่างพ่นนาน 45 นาที ต่อวัน				371.320 ไมโครกรัม/ วัน
เกษตรกรมีน้ำหนักเฉลี่ย 60 ก.ก. จึงมีปริมาณ profenofos ปนเปื้อนร่างกาย ต่อ น้ำหนักตัว ต่อวัน				0.0062 มก./กก./วัน

\* Penetration factor คือ สัมประสิทธิ์ที่สารพิษสามารถซึมผ่านเสื้อผ้าสู่ร่างกายเกษตรกร คำนวณจาก

Penetration factor = residue on inner dosimeter (residue on outer + inner  
dosimeter)

\*\*ปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัสร่างกาย = พื้นที่ผิว x ปริมาณปนเปื้อนแผ่นผ้า x Penetration factor

เมื่อนำข้อมูลการคำนวณปริมาณการได้รับสารพิษ profenofos เข้าสู่ร่างกายของผู้พ่น มาประเมินความเสี่ยงจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร ได้ค่า MOE มากกว่า 100 ในการพ่นทุกครั้ง (ยกเว้นการพ่นครั้งที่ 2 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะผู้พ่นทำสารพิษ profenofos หกรดตัวผู้พ่นก่อนการพ่น) เมื่อเทียบกับค่า MOE จากการรับสัมผัสสาร profenofos ทางผิวหนัง ที่กำหนดโดย USEPA ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 100 จึงจะถือว่ายังไม่มีความเสี่ยงต่อผู้พ่น

ตารางที่ 7 ปริมาณการได้รับ profenofos เข้าสู่ร่างกายของผู้ฉีดพ่น และระดับความเสี่ยงภัย

เกษตรกร	profenofos Dose abs. mg/kg.bw.	Absorption (%)	Absorbed dose	NOAEL mg/kg	MOE*	ระดับความ เสี่ยง
พ่นครั้งที่ 1	0.0086	100	0.0086	1.0	116.31	ไม่เสี่ยง
พ่นครั้งที่ 2	0.0157	100	0.0157	1.0	63.78	เสี่ยง
พ่นครั้งที่ 3	0.0077	100	0.0077	1.0	129.6	ไม่เสี่ยง
พ่นครั้งที่ 4	0.0013	100	0.0013	1.0	747.07	ไม่เสี่ยง
พ่นครั้งที่ 5	0.0062	100	0.0062	1.0	161.59	ไม่เสี่ยง

หมายเหตุ \* MOE = NOAEL / Absorbed dose

#### การสลายตัวและสารพิษตกค้างของ profenofos ในส้มโอ

ผลการทดลองจากการเก็บตัวอย่างส้มโอ เมื่อครบระยะเวลาเก็บเกี่ยว มาสกัด และตรวจวิเคราะห์ปริมาณ profenofos ที่ตกค้าง ด้วยวิธีของ Steinwandter H. 1985 ปรากฏว่าตรวจไม่พบปริมาณสารพิษตกค้างของ profenofos เหลืออยู่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ profenofos ระยะเวลาหลังจากการพ่นสารพิษ profenofos ครั้งสุดท้ายมีระยะห่างจากเวลาเก็บเกี่ยว (มากกว่าระยะเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัยหลังจากพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Post Harvest Interval; PHI))

#### **สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**

การทดลองเพื่อประเมินความเสี่ยงจากการใช้ สารกำจัดแมลง profenofos ในแปลงส้มโอต่อผู้ใช้(ผู้พ่น) และการทดลองการสลายตัวและสารพิษตกค้างในส้มโอ สามารถสรุปได้ว่าการใช้สารพิษชนิดนี้พ่นในแปลงส้มโอไม่

มีความเสี่ยงต่อผู้พ่น กล่าวคือผู้พ่นมีโอกาสที่จะสัมผัสกับละอองของวัตถุมีพิษที่ใช้ แต่ปริมาณที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย ยังไม่เกินค่าความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อผู้พ่น แต่อย่างไรก็ตามผู้พ่นสารพิษ profenofos ก็ควรระมัดระวัง หลีกเลี่ยงการสัมผัสหรือรับละอองวัตถุมีพิษในระหว่างที่ทำการฉีดพ่น ตลอดจนเสื้อผ้าที่สวมใส่ต้องปกปิดร่างกาย ให้มิดชิด และต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องป้องกันตัวให้เต็มที่ และควรที่จะใช้สารพิษชนิดนี้อย่างระมัดระวัง โดยใช้ให้น้อยครั้งที่สุดเท่าที่จำเป็น และเมื่อจำเป็นต้องใช้วัตถุมีพิษทุกครั้ง ส่วนในสัมโอนั้นไม่พบการตกค้างของสารพิษ profenofos จึงไม่มีความเสี่ยงต่อผู้บริโภค

### การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงภัยมาใช้แนะนำเกษตรกร และเป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรในการการใช้สารพิษ ให้เป็นไปอย่างระมัดระวังและถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตลอดจนสิ่งแวดล้อม
2. เป็นข้อมูลสำหรับกรมวิชาการเกษตร ใช้พิจารณาประเมินความเสี่ยงภัยจากการใช้สารพิษ profenofos เพื่อใช้ประกอบการขอขึ้นทะเบียน หรือการห้ามใช้
3. เผยแพร่ข้อมูลที่ได้สู่สาธารณชน และหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้ที่สนใจทั่วไป
4. เพื่อการบริหารจัดการควบคุมวัตถุมีพิษทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงภัยสูง ตามภารกิจของกรมวิชาการเกษตร

### เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2551. การป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืชปี 2551 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร
- AOAC, 1995 Organophosphorus Pesticide. In General Multiresidue Method. AOAC Official Method 970.52
- OECD,1997 Methods for measuring dermal exposure. In Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application.
- Steinwandter H.1985. Universal 5 on-line Method for Extracing and isolating Pesticide Residue and Industrial chemicals.Fresenius Z.Anal.Chem.No.1155
- TNO 1993. Standard Operation Procedure, Zeist. The Netherlands Steinwandter H. 1985
- USEPA 2000. Interim Reregistration Eligibility Decision For Profenofos Case No. 2540