

# รายงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

## ปีงบประมาณ 2558

1. แผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย การศึกษาเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL)  
กิจกรรมที่ 1 : ศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)  
วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างของ Fipronil ในมะเขือ เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (ครั้งที่ 1-6)  
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ)  
Residue Trials of Fipronil in Aubergine to Establish Maximum Residue Limit (Trial 1-6)
4. คณะผู้ดำเนินงาน  
หัวหน้าการทดลอง นายยงยุทธ ไม้แก้ว ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร  
ผู้ร่วมงาน นางสาวระนิดา สุขประเสริฐ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร  
นายวีระสิงห์ แสงวรรณ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

### 5. บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณของสารพิษตกค้างฟิโพรนิลในมะเขือ เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง ในรูปแบบ Supervised Residue Field Trials ตาม Codex Guidelines โดยทดลองในแปลงมะเขือของเกษตรกร 6 แห่ง ได้แก่ แปลงทดลองที่ 1 อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยได้ทำการทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 แปลงทดลองที่ 2 อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2556 แปลงทดลองที่ 3 อำเภอนาทม จังหวัดกาญจนบุรี ทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม 2556 และแปลงทดลองที่ 4 อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี ทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม 2557 แปลงทดลองที่ 5 อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ทดลองในช่วงเดือนมกราคม 2558 ถึง กุมภาพันธ์ 2558 และแปลงทดลองที่ 6 อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง ทดลองในช่วงเดือนกรกฎาคม 2558 ถึง สิงหาคม 2558 ในแต่ละแปลงพ่นสารฟิโพรนิล 5% W/V SC ตามอัตราแนะนำในมะเขือ คือ 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร อัตราใช้น้ำ 100 ลิตรต่อไร่ และมีแปลงย่อยที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเป็นแปลงเปรียบเทียบ

แต่ละแปลงทดลองทำ 3 ซ้ำ พ่นสารรวม 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน หลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างมะเขือไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างฟิโพรนิล ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน ใน 2 แปลงแรก และเก็บตัวอย่างเพิ่มที่ระยะ 21 วัน ในแปลงทดลองที่ 3 และ 4 โดยใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโตกราฟฟี ด้วยหัววัดแบบ electron capture ณ ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยวัฏภูมิพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ผลการวิจัยพบว่า ในแปลงทดลองที่ 1 จ.นครปฐม พบปริมาณฟิโพรนิลตกค้างในมะเขือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.69, 0.59, 0.40, 0.23, 0.12, 0.003, 0.001 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน ภายหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ ส่วนในแปลงทดลองที่ 2 จ.สุพรรณบุรี พบปริมาณฟิโพรนิลตกค้างในมะเขือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.50, 0.29, 0.18, 0.02, 0.02, 0.003, 0.002 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลาเดียวกัน แปลงทดลองที่ 3 จ.กาญจนบุรี พบสารพิษตกค้างฟิโพรนิลในปริมาณ 0.306, 0.231, 0.130, 0.056, 0.015, 0.008, 0.006 และ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ภายหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ และในแปลงทดลองที่ 4 จ.สระบุรี พบสารพิษตกค้างฟิโพรนิลในปริมาณ 0.216, 0.144, 0.129, 0.040, 0.032, 0.008, 0.009 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแปลงทดลองที่ 5 จ.ราชบุรี พบสารพิษตกค้างฟิโพรนิลในปริมาณ 0.543, 0.492, 0.334, 0.279, 0.198, 0.008, 0.002 และ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลาเดียวกัน และในแปลงที่ 6 จ.อ่างทอง พบในปริมาณ 0.292, 0.215, 0.095, 0.061, 0.011, 0.001, 0.001 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลาเดียวกัน ตามลำดับ นอกจากนี้ได้สุ่มสำรวจมะเขือเปราะจากแหล่งจำหน่าย ต่างๆ รวมทั้งสิ้น 168 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง จำนวน 70 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 41.6 แต่ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างฟิโพรนิลในทุกตัวอย่าง

## Abstract

Fipronil residue trials in aubergine has been conducted at 6 various fields in Thailand, such as Nakorn-pathom, Supanburi, Kanchanaburi, Saraburi, Rachaburi and Angthong provinces, during 2013 – 2015. Application was done by 5% W/V SC of fipronil at recommended dose as 40 ml/20l of water, at consumption rate of water 100 l/rai. Applications were done 3 times of spraying at 7 days interval for each field. After the last

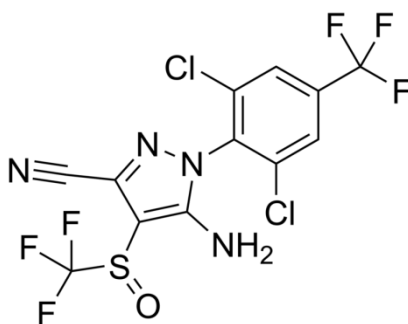
application, aubergine samples were collected from the field to analyze the residues of fipronil at Pesticide Residue Research Laboratory, Department of Agriculture in Bangkok at 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 and 21 days. All samples were analyzed by Gas chromatographic technique with electron capture detector. The set of results showed that was found of fipronil residue 0.69, 0.59, 0.40, 0.23, 0.12, 0.003, 0.001 and 0.001 mg/kg; 0.50, 0.29, 0.18, 0.02, 0.02, 0.003, 0.002 and 0.001 mg/kg; 0.306, 0.231, 0.130, 0.056, 0.015, 0.008, 0.006 and 0.002 mg/kg; 0.216, 0.144, 0.129, 0.040, 0.032, 0.008, 0.009 and 0.001 mg/kg; 0.543, 0.492, 0.334, 0.279, 0.198, 0.008, 0.002 and 0.002 mg/kg; and 0.292, 0.215, 0.095, 0.061, 0.011, 0.001, 0.001 and 0.001 mg/kg at 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 and 21 days at Nakorn-pathom, Supanburi, Kanchanaburi, Saraburi, Rachaburi and Angthong field respectively. Furthermore, 168 samples of aubergine which randomized and collected from various markets were analyzed. Some of pesticide residues can be detected in 70 samples (41.6%) but did not find fipronil in all samples.

## 6. คำนำ

การกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง หรือการกำหนดค่า MRL ในผลิตผลเกษตรนั้น ปัจจุบันมีการกำหนดไว้หลายรูปแบบ เช่น Codex MRL กำหนดโดยความร่วมมือขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ และองค์การอนามัยโลก ค่า MRL ที่กำหนดโดยกลุ่มประเทศสมาชิกในสหภาพยุโรป US ค่า Tolerance Limits ของสหรัฐอเมริกา ค่า ASEAN MRL กำหนดโดยประเทศสมาชิกอาเซียน และ ค่า Japan MRL ของประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น การแก้ปัญหาไม่ให้มีสารพิษตกค้างมากจนเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ซื้อ โดยการกำหนดค่า MRL และประกาศใช้บังคับเป็นกฎหมายด้านอาหารและสุขภาพ แต่ปัญหานี้กลับมาเป็นปัญหาของผู้ส่งออกผลิตผลเกษตรไปจำหน่าย โดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในเขตร้อนขึ้นดั่งเช่นประเทศไทย และประเทศสมาชิกอาเซียน ที่อยู่ในบริเวณที่มีภูมิอากาศเหมาะสมในการผลิตพืช แต่ก็มีปัญหาในการจัดการศัตรูพืชที่สามารถระบอบได้ดีในสภาพอากาศเช่นเดียวกัน พืชเมืองร้อนเกือบทั้งหมดไม่สามารถปลูกได้ในประเทศเขตอบอุ่นและเขตนาวอย่างประเทศในทวีปยุโรป สหรัฐอเมริกา แคนาดา เกาหลี และประเทศญี่ปุ่น ซึ่งต่างก็มีค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างในอาหาร หรือ MRL ของตนเอง และมักจะกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างในพืชเขตร้อนที่มีค่าต่ำที่สุดหรือให้น้อยที่สุดเท่าที่เครื่องมือจะสามารถวิเคราะห์ได้อย่างน่าเชื่อถือ เช่น

0.01, 0.02 หรือ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สร้างความปลอดภัยระดับสูงสุดโดยไม่กระทบกับการปฏิบัติของเกษตรกรในประเทศผู้นำเข้า เนื่องจากไม่ได้ปลูกพืชเหล่านี้หรือไม่มีศัตรูพืชเช่นเดียวกับประเทศผู้ผลิตสินค้าเกษตรเขตร้อน สำหรับประเทศผู้ผลิตที่มีการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรก็ต้องเสนอข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้างในพืชส่งออกที่ได้จากการทำแปลงทดลอง ที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพเมื่อพิจารณาตามหลักการทางพิษวิทยา เพื่อขอแก้ไขหรือให้ยอมรับค่า MRL ใหม่ที่มีปริมาณมากกว่าเดิมได้ตามระเบียบของแต่ละประเทศ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ต้องมีการศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในพืชจากการทำแปลงทดลองเพื่อกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้าง เพื่อเกษตรกรผู้ผลิตพืชยังสามารถใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรได้ตามความจำเป็นอย่างเหมาะสมและคงความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

ฟิโพรนิล (fipronil) มีชื่อทางเคมีคือ 5-amino-[2,6-dichloro-(trifluoromethyl)phenyl]-4-[(1R,S)-(trifluoro=methyl)sulfinyl]-1H-pyrazole-3-carbonitrile จัดเป็นวัตถุพิษในกลุ่ม Phenyl pyrazole สูตรโมเลกุล คือ  $C_{12}H_4C_{12}F_6N_4OS$  และมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุล 437.1 สารออกฤทธิ์เป็นผงสีขาว มีจุดหลอมเหลวที่ 203 องศาเซลเซียส ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น acetone และ ethyl acetate ที่ระดับ 546.5 และ 26.55 g/100ml มีสูตรผสม เช่น SC, FS, WG, GR, UL และ EC สารนี้ถูกค้นพบครั้งแรกโดยบริษัทโรห์นปูแรงค์ ที่ประเทศอังกฤษ และนำมาใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อกำจัดแมลงในสัตว์เลี้ยง แมลงในที่พักอาศัย และสนามกอล์ฟ จากนั้นได้นำมาใช้แทนที่สารคลอไพริฟอส ในผลิตภัณฑ์สำหรับป้องกันกำจัดแมลงในสัตว์เลี้ยง แมลงในบ้าน ปลวก มด แมลงสาบ และแมลงศัตรูข้าวโพด ต่อมาในปี ค.ศ. 1990 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ยกเลิกการใช้สาร carbofuran ในการป้องกันกำจัดด้วงงวงในนาข้าว (water rice weevil) จึงมีการขึ้นทะเบียน fipronil เพื่อใช้ทดแทนสารดังกล่าว (PAN, 2012)



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของวัตถุอันตรายชนิดฟิโพรนิล (Wood, 2012)

พื้โพรนิลเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่ออกฤทธิ์ในทางสัมผัสและกินตาย มีความเป็นพิษจัดอยู่ในระดับ Class II (WHO, 2010) มีค่า LD<sub>50</sub> ของพิษเฉียบพลันทางปากต่อหนูทดลอง 97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พิษเฉียบพลันทางผิวหนังและตาของหนู มากกว่า 2000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกระต่าย 354 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Tomlin, 2009) และมีชื่อทางการค้าหลายชื่อ เช่น แอสเซนด มอลคีส และเทมโป้ เป็นต้น ประโยชน์ใช้เป็นสารกำจัดแมลงศัตรูพืชชนิดต่างๆ เช่น หนอนม้วนใบข้าว หนอนขนใบ หนอนกอข้าว หนอนคืบกะหล่ำ หนอนใยผัก เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ เพลี้ยไฟพริก เพลี้ยจักจั่นฝ้าย เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ดั้วงหมัดผัก แมลงหวี่ขาว ดั้วงวงมันเทศ และไรขาวพริก ซึ่งเข้าทำลายสัมผัสเขียวหวาน ส้มโอ องุ่น มะเขือเทศ ข้าว ถั่วฝักยาว มันเทศ แตงโม มะเขือยาว หัวหอมพืชตระกูลกะหล่ำ ไม้ดอกและไม้ประดับทั่วไป สูตรผสมที่ใช้ในประเทศไทยคือ 5%SC ซึ่งมีอัตราการใช้แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช แมลงและศัตรูพืช ระยะเวลาหลังจากพ่นวัตถุมีพิษครั้งสุดท้าย 7 วันจึงเก็บผลผลิตได้

มะเขือ เป็นพืชที่นิยมบริโภคในประเทศ เป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตและให้ผลตอบแทนเร็ว และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นาน เป็นพืชผักเศรษฐกิจและสามารถส่งออกได้ พืชหลักในตระกูลมะเขือ เช่น มะเขือเทศ มะเขือเปราะ มะเขือยาว มะเขือม่วง และมะเขือพวง เป็นต้น กรมส่งเสริมการเกษตร (2557) ได้รายงานสถิติการผลิตผักตระกูลมะเขือของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2556 ไร่ มีพื้นที่ปลูกมะเขือทั่วประเทศรวมแล้วมากถึง 105,440 ไร่ พื้นที่ปลูกที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งหมด 43,592 ไร่ มีการผลิตมะเขือทุกประเภทรวมกันเป็นจำนวน 195,231.69 ตัน หรือเกือบ 200,000 ตัน ในจำนวนนี้พันธุ์มะเขือที่ปลูกมากที่สุดและมีผลผลิตมากที่สุดคือ มะเขือเปราะ จากข้อมูลแหล่งดังกล่าวรายงานว่ามีพื้นที่ปลูกมะเขือเปราะ 49,924 ไร่ ในพื้นที่ 52 จังหวัดทั่วประเทศ เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว 19,186 ไร่ เป็นน้ำหนักผลผลิต 100,585.4 ตัน หรือมากกว่าครึ่งหนึ่งของผลผลิตมะเขือทุกประเภท มูลค่าที่เกษตรกรขายได้ประมาณ 1,280 ล้านบาท ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกมะเขือเปราะเป็นตัวแทนของผักตระกูลมะเขือ ซึ่งสอดคล้องกับผลของการประชุมร่างมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องการจัดกลุ่มสินค้าเกษตร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2557ข) มะเขือเปราะ (aubergine) เป็นพืชผักที่ใช้ผลรับประทาน เป็นไม้พุ่มปกติมีอายุได้หลายฤดูกาล แต่เกษตรกรมักปลูกเพื่อการค้าเพียง 1 – 2 ปี มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดีย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum xanthocarpum* อยู่ในตระกูล Solanaceae มีลักษณะเป็นพุ่มสูง 2 – 4 ฟุต ใบมีขนาดใหญ่เรียงตัวแบบสลับ ดอกมีขนาดใหญ่สีม่วงหรือสีขาว หลังจากดอกบาน 7-10 วัน สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ โดยเก็บผลที่มีขนาด

พอเหมาะ ไม่อ่อนหรือแก่เกินไป เก็บเกี่ยวให้มีข้าวมะเขือติดมากับผล ผลมีรูปร่างกลมแบนรูปไข่ ผลอาจมีสีขาว เขียว เหลือง ม่วง ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ (สุรชัย, 2535) มะเขือเป็นพืชที่มีศัตรูที่สำคัญคือ เพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips palmi*) หนอนเจาะผลมะเขือ (*Leucinodes orbonalis*) และเพลี้ยจักจั่นฝ้าย (*Amrasca biguttula*) กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา (2553) แนะนำให้ใช้สารเคมีกำจัดแมลงหลายชนิด ได้แก่ อิมิดาโคลพริด พิโพรนิล คาร์โบซัลแฟน เบนฟูราคาร์บ เบนโทราฟาทริน โพรไทโอฟอส เบตาไซฟลูทริน ซีตาไซเพอร์เมทริน ไทโอไดคาร์บ ฟลูไซโคลซูรอน และไซเพอร์เมทรินผสมฟอสฟาโลน โดยต้องทิ้งระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกันไปตั้งแต่ 7-28 วัน สำหรับโรคพืชตระกูลมะเขือมีหลายชนิด เช่น โรคผลเน่าแห้งสีดำหรือปลายผลดำ โรคใบแห้งหรือใบจุด โรคราแป้ง สามารถป้องกันกำจัดโดยใส่ปูนขาวรองก้นหลุมก่อนปลูก ใช้กำมะถันผง เบนโนมิล หรือคาร์เบนดาซิมเพื่อป้องกันและกำจัดโรคดังกล่าวได้

การทำการทดลองเพื่อการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างในพืชจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก เนื่องจากประเทศไทยมีสินค้าพืชหลายชนิดที่สำคัญ มีการนำเข้าสารเคมีและจำหน่ายในประเทศจำนวนมาก เกษตรกรมีโอกาสเลือกใช้สารเคมีหลายชนิด แต่ค่า MRL ที่กำหนดไว้แล้ว มีไม่มากพอที่จะครอบคลุมการใช้สารของเกษตรกรไทย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการทดลองต่อไปให้ครอบคลุมชนิดพืช (ประภัสสรา และคณะ, 2547) การศึกษาสารพิษตกค้างตามคำแนะนำเพื่อวัตถุประสงค์ในการกำหนดค่า MRL นั้น สิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึงคือ การวางแผนการศึกษาให้มีเงื่อนไขและสถานะที่สอดคล้องกับวิธีการใช้สารเคมีตามหลักเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice : GAP) และได้ข้อมูลที่มีสถานะที่สอดคล้องกับรูปแบบการผลิตพืช นั้น โดยมีความหลากหลายของสถานะการปลูกพืชมากเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต้องเป็นที่ยอมรับตามพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการศึกษาสารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ยังมีการใช้ในประเทศไทย ให้สามารถได้ข้อมูลในการกำหนดค่า MRL อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับการผลิตพืชเพื่อการบริโภคที่ปลอดภัยและสนับสนุนการค้าพืชผลเกษตรของไทยกับนานาประเทศได้อย่างยั่งยืน

## 7. วิธีดำเนินการวิจัย

7.1 การวางแผนการทดลอง : การศึกษาสารพิษตกค้างตามคำแนะนำของ Codex (FAO, 2009) เป็นการวางแผนการทดลองแบบ Supervised Residue Field Trial โดยทำการทดลองพ่นสารละลายของวัตถุอันตรายทางการเกษตรชนิดพิโพรนิล ในสูตรความเข้มข้น 5% W/V SC (soluble concentrate) ในอัตรา

แนะนำ 40 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยพ่นบนต้นมะเขือเปราะที่เป็นตัวแทนของพืชตระกูลมะเขือที่ปลูกเป็นแถว ทำการทดลอง 6 แปลง เพื่อศึกษาการสลายตัวและกำหนดค่าระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัยในพืชตระกูลมะเขือ วิเคราะห์ตัวอย่างพืชภายหลังพ่นสารที่ระยะ 0 วัน (ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง) และที่ระยะ 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน ในแปลงทดลองที่ 1 และ 2 และเก็บตัวอย่างเพิ่มที่ระยะ 21 วัน ในแปลงทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 ภายหลังจากพ่นครั้งสุดท้าย รวม 7 ถึง 8 ครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละแปลง

7.2 การสำรวจข้อมูลการผลิตผักตระกูลมะเขือ : ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่มาจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ในการสำรวจข้อมูลการผลิตพืชตระกูลมะเขือในประเทศไทย พบว่า มะเขือเปราะ เป็นพันธุ์มะเขือที่นิยมปลูกมากที่สุด และเป็นพืชที่มีการส่งเป็นสินค้าออกไปจำหน่ายยังประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป รวมทั้งมีปัญหาด้านสุขอนามัยพืชและสารพิษตกค้างเกินค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป โดยกรมส่งเสริมการเกษตร (2557) ได้รายงานข้อมูลไว้ว่า ผลผลิตจากพืชตระกูลมะเขือในปีการผลิต 2556 รวมทั้งหมดเกือบ 200 ล้านกิโลกรัม พันธุ์ที่มีการปลูกมากที่สุดคือ มะเขือเปราะ มีผลผลิตมากที่สุด ประมาณครึ่งหนึ่งของผลผลิตพืชตระกูลมะเขือทั้งหมดหรือ 100.6 ล้านกิโลกรัม ในพื้นที่การปลูกทั่วประเทศเกือบ 50,000 ไร่ พันธุ์มะเขือที่ปลูกรองลงไป ได้แก่ มะเขือเทศโรงงาน มะเขือยาว มะเขือเทศบริโภคสด มะเขือพวง มะเขือม่วง และมะเขือชนิดอื่นๆ เลือกทำแปลงทดลองมะเขือเปราะในแปลงของเกษตรกรในปีงบประมาณ 2556 ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี และในปีงบประมาณ 2557 ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดกาญจนบุรี และอำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี

7.3 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง :

7.3.1 เครื่องพ่นแบบติดเครื่องยนต์สะพายหลัง ขนาดถังบรรจุ 15 ลิตร

7.3.2 ชุดสวมใส่เพื่อป้องกันขณะพ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตร

7.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง ได้แก่ มีดหั่นตัวอย่างพร้อมเขียง และภาชนะบรรจุตัวอย่างทำด้วยสแตนเลส

7.4 เครื่องแก้ว สารเคมี และอุปกรณ์

7.4.1 สารมาตรฐานชนิดฟิโพรนิล ความบริสุทธิ์ 97.5% หมดอายุ ธันวาคม 2559 จากบริษัท

Dr. Ehrenstorfer สาธารณรัฐเยอรมัน

7.4.2 isooctane ชนิด pesticide grade เพื่อใช้เป็นตัวทำละลายในการเตรียมสารละลาย  
มาตรฐานพีโพรนิล

7.4.3 acetone และ dichloromethane ชนิด pesticide grade เพื่อใช้สกัดตัวอย่าง

7.4.4 hexane ชนิด analytical grade เพื่อใช้กำจัดสิ่งปนเปื้อน และชนิด pesticide grade ใน  
ขั้นตอนสุดท้ายก่อนการวิเคราะห์

7.4.5 sodium sulfate anhydrous ขนาด 10–60 mesh (Merck) ก่อนใช้ต้องอบที่ 130° C  
นานข้ามคืน แล้วตั้งไว้ให้เย็นใน desiccator

7.4.6 sodium chloride ชนิด analytical grade

7.4.7 silica gel ก่อนใช้ต้องเผาที่ 400° C 2 ชั่วโมง แล้วอบที่ 130° C นานข้ามคืน แล้วตั้งไว้ให้  
เย็นใน desiccator นำไป deactivated ด้วยน้ำกลั่น 10%

## 7.5 เครื่องมือวิทยาศาสตร์

7.5.1 เครื่องชั่ง 2 และ 5 ตำแหน่ง

7.5.2 เครื่องเตรียมตัวอย่างชนิด Lab micronizer ยี่ห้อ Waring commercial

7.5.3 เครื่องสกัดวัตต์ลูมิพิซชนิด Ultra Turrax ยี่ห้อ IKA-WERKE รุ่น T-25 Basic

7.5.4 เครื่องลดปริมาตรชนิด Rotary evaporator ยี่ห้อ Buchi รุ่น Rotavapor R-114 พร้อม  
ด้วย water bath ยี่ห้อ Buchi รุ่น R-480

7.5.5 เครื่องลดปริมาตรด้วยแก๊สไนโตรเจน (Nitrogen Evaporator) ยี่ห้อ N-Evap

7.5.6 เครื่องกำจัดสิ่งปนเปื้อนในตัวอย่าง ชนิด SPE manifold 24 ports

7.5.7 ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำ (Deep freezer) ทำอุณหภูมิ -20±5 องศาเซลเซียส

7.5.8 เครื่องตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างชนิด Gas Chromatograph (GC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น  
6890N ที่มีหัวตรวจวัดชนิด Electron Capture Detector (ECD)

7.6 การดำเนินการในแปลงทดลอง : เลือกพื้นที่แปลงปลูกมะเขือเปราะที่มีอายุต้นอย่างน้อย 4 เดือน  
พร้อมที่จะออกดอกหรือให้ผลผลิตแล้ว โดยดูความสมบูรณ์ของต้นให้มีความสม่ำเสมอตลอดแปลงทดลอง ก่อน  
ทำการพ่นสาร ต้องพ่นน้ำเปล่าในแปลงควบคุม หรือพ่นน้ำในแถวอื่นที่ไม่ได้ใช้ทดลองที่มีสภาพเหมือนแปลง  
ทดลอง เพื่อการฝึกราดพ่นอย่างสม่ำเสมอตลอดแถวพืชที่ทดลองในเวลาที่เหมาะสมเท่ากันทุกครั้ง โดยใช้น้ำ



ในปริมาตรที่ได้จากคำแนะนำของกลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา (2553) สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ที่กำหนดให้ใช้น้ำในแปลงปลูกมะเขือเปราะในอัตรา 100 ลิตรต่อไร่ คำนวณหาปริมาตรน้ำที่จะใช้ในแต่ละเช้า วัดอัตราการไหลของเครื่องพ่นต้องสม่ำเสมอ คำนวณหาเวลาในการเดิน แล้วทดสอบการเดินและจับเวลาตามที่ได้คำนวณไว้ โดยให้ใช้เวลาแตกต่างกันได้ประมาณไม่เกินร้อยละ 10 ตวงสารไพโรนิล 5% W/V SC 20 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 10 ลิตร พ่นต้นมะเขือตลอดแถวปลูกให้ทั่วในแต่ละเช้า ใช้เวลาในการพ่นเท่ากับที่ได้ทดลองไว้และพ่นทุก 7 วัน อย่างต่อเนื่องรวม 3 ครั้ง จัดบันทึกอุณหภูมิ สภาพดินฟ้าอากาศ ตลอดช่วงการทดลอง

7.7 การสุ่มตัวอย่างจากแปลงทดลอง : สุ่มเก็บตัวอย่างผลมะเขือเปราะจากแปลงทดลองภายหลังการพ่นไพโรนิลครั้งสุดท้าย โดยทิ้งระยะเวลาไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้สารที่พ่นแห้ง (เป็นตัวอย่างที่ระยะเก็บเกี่ยว 0 วัน) สุ่มเก็บตัวอย่างผลมะเขือเปราะในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ รวม 7-8 ครั้ง สุ่มเก็บผลมะเขือเปราะที่เจริญเติบโตเต็มที่ โดยสุ่มให้ทั่วทั้งต้นจากอย่างน้อย 12 ต้นในแต่ละแปลงย่อยนำมารวมกันคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วสุ่มซ้ำอีกให้ได้ 2 กิโลกรัมต่อกรรมวิธี บรรจุในถุงพลาสติกปิดถุงให้แน่นและซ้อน 2 ชั้น แช่ในถังน้ำแข็งเพื่อรักษาสภาพของตัวอย่าง แล้วรีบนำกลับห้องปฏิบัติการ

7.8 การเตรียมตัวอย่าง การสกัด และการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง : เตรียมตัวอย่างโดยเด็ดขั้วก้านผลมะเขือเปราะออกแล้วหั่นเป็น 4 ส่วน ใช้เฉพาะซีกที่อยู่ตรงข้ามกัน แล้วปั่นผสมละเอียดด้วยเครื่องเตรียมตัวอย่าง สุ่มซังตัวอย่างมะเขือเปราะ ตัวอย่างละ  $25 \pm 0.1$  กรัม ทำ 2 ซ้ำ สกัดตัวอย่างโดยการสกัดตัวอย่างด้วยวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างแบบรวมของ Steinwandter (1985) มีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้ นำตัวอย่างมะเขือเปราะที่ซังแล้ว มาเติมตัวทำละลาย acetone (AR) 50 มิลลิลิตร สกัดด้วยเครื่องสกัด Ultra Turrax ที่ความเร็วรอบ 13,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที เติม dichloromethane 40 มิลลิลิตร และ sodium chloride ประมาณ 8 กรัม ปั่นตัวอย่างอีกครั้งนาน 1 นาที รินส่วนใสใส่ขวดที่บรรจุ sodium sulphate ประมาณ 15-20 กรัม ปิดฝาขวด ตั้งทิ้งไว้ นาน 10 นาที ตวงสารละลาย 50 มิลลิลิตร โดยใช้ cylinder เทใส่ใน round bottom flask ล้าง cylinder ด้วย hexane (AR) 2 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร ลดปริมาตรที่อุณหภูมิไว้  $40^{\circ}\text{C}$  จนเกือบแห้ง ใช้ hexane (PR) ล้างสารละลายตัวอย่างใส่ลงใน volumetric flask ปรับปริมาตรให้ได้ 5 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR) ใช้ volumetric pipette ขนาด 2 มิลลิลิตร ดูดสารจาก volumetric flask ใส่ใน tube ขนาด 15 มิลลิลิตร ลดปริมาตรด้วย nitrogen จนเกือบแห้งแล้วเติม

cyclohexane 0.5 มิลลิลิตร และระเหยต่อจนเกือบแห้ง เตรียมสารละลาย *eluent 1* : hexane และ dichloromethane ในอัตราส่วน 4:1 และ *eluent 2* : hexane และ dichloromethane ในอัตราส่วน 1:1 pipette *eluent 1* ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ลงใน tube เขย่าให้ละลายเข้ากันดี กำจัดสิ่งปนเปื้อนในตัวอย่าง ตามวิธีการของ TM-T04-R03 ของกลุ่มวิจัยวัฏภูมิพิษการเกษตร นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง ปรับด้วย hexane PR 2 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์สารพิษตกค้างพีโพรนิลโดยใช้เครื่อง GC-ECD

7.9 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน : เตรียม stock standard solution, intermediate standard solution และ working stock standard solution ให้ได้สารละลายมาตรฐานพีโพรนิล ที่มีความเข้มข้น 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 และ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร การทำ calibration curve : วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานพีโพรนิล ที่มีความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 และ 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยเครื่อง GC-ECD เมื่อได้โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน ใช้โปรแกรม ChemStation ของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟยี่ห้อ Agilent จะได้ calibration curve ของสารมาตรฐานพีโพรนิล เพื่อใช้สมการของสารมาตรฐานเปรียบเทียบกับพีคพีโพรนิลในตัวอย่างมะเขือเปราะในขั้นตอนต่อไป

7.10 การวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง : นำสารละลายตัวอย่างที่ปรับปริมาตรแน่นอนแล้ว ไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างของพีโพรนิล โดยใช้เครื่อง GC-ECD สภาวะการใช้งานของเครื่อง GC Agilent 6890 ชนิด Electron Capture Detector (ECD) โดยมีสภาวะการใช้งานดังนี้

Column : Ultra 1 methyl siloxane, 0.17  $\mu\text{m}$  thickness, 25 m length, 0.32 mm. id.

Temperature : injector 250 $^{\circ}\text{C}$ , detector, 300 $^{\circ}\text{C}$

Oven temperature program : 150 $^{\circ}\text{C}$  (1 min)  $\xrightarrow{5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$  180 $^{\circ}\text{C}$  (2 min)

$\xrightarrow{10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}}$  250 $^{\circ}\text{C}$  (4 min)

Inject mode : splitless (purge on time = 1 min)

Carrier gas : helium, flow rate 2.5 ml/min

Make up gas : nitrogen, flow rate 57.5 ml/min

Injection volume : 1  $\mu\text{l}$

การวิเคราะห์คุณภาพโดยปรับปริมาตรสารตัวอย่างให้รู้ปริมาตรที่แน่นอน แล้วฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าเครื่อง GC ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกัน พีคของพีโพรนิลในสารละลายตัวอย่างจะมีค่า retention time เท่ากับสารละลายมาตรฐานหรือมีการเคลื่อนไปจากเดิมไม่เกินร้อยละ 5 การวิเคราะห์ปริมาณโดยคำนวณหาพื้นที่ใต้

พีคของสารละลายตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ChemStation เครื่องจะคำนวณหาพื้นที่ใต้พีคของสารละลายตัวอย่างอัตโนมัติ เมื่อเลือกฟังก์ชันเป็น ESTD คำนวณตามสมการ Linear Regression และต้องมีค่า Correlation ไม่น้อยกว่า 0.99 แล้วหาความเข้มข้นของสารในตัวอย่างตามสูตรคำนวณ ดังต่อไปนี้

$$C_{\text{sample}} = \frac{C_{\text{calib.}} \times V_{\text{sample}} \times F}{W_{\text{sample}}}$$

โดยที่  $C_{\text{sample}}$  = ความเข้มข้นของสารพิษตกค้างในสารละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

$C_{\text{calib.}}$  = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง ที่ได้จากการเปรียบเทียบ

Calibration curve ใน GC Report (ไมโครกรัมต่อกรัม) ดังนี้

$$C_{\text{calib.}} = \frac{\text{Area of sample} \times \text{Conc. of Standard}}{\text{Area of Standard}}$$

$V_{\text{sample}}$  = ปริมาตรที่ปรับครั้งสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

$W_{\text{sample}}$  = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาสกัด (กรัม)

$F$  = Correction Factor (F มีค่าเท่ากับปริมาตรสารละลายที่ใช้สกัด = 90/50)

7.11 การสุ่มตัวอย่างพืชจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ : สุ่มเก็บตัวอย่างมะเขือเปราะจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ ในปี พ.ศ. 2556 จาก 37 จังหวัด รวม 58 ตัวอย่าง และสุ่มตัวอย่างในปี พ.ศ. 2557 จาก 28 จังหวัด จำนวน 60 ตัวอย่าง และ ในปี 2558 จาก 25 จังหวัด จำนวน 50 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 168 ตัวอย่าง นำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดค่า MRL

7.12 การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล : วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจาก 2 ซ้ำที่สกัดและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ แล้วนำค่าปริมาณสารพิษตกค้างที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) กับระยะเวลาในการสุ่มเก็บตัวอย่าง (วัน) จะได้กราฟการ

สลายตัวของสารพิษตกค้าง นำสมการของกราฟมาหาค่าครึ่งชีวิตการสลายตัวของสาร (half-life) และระยะเวลาที่ต้องทิ้งไว้เพื่อให้สารสลายตัวก่อนการเก็บเกี่ยว (Pre-harvest Interval หรือ PHI)

## 8. ระยะเวลาและสถานที่ทำการวิจัย

8.1 เริ่มต้น : ตุลาคม 2555      สิ้นสุด : กันยายน 2558 รวมระยะเวลา 3 ปี

8.2 แปลงมะเขือเปราะของเกษตรกรจำนวน 6 แปลง ได้แก่ นครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สระบุรี ราชบุรี และอ่างทอง

8.3 ห้องปฏิบัติการวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ

## 9. ผลการทดลองและวิจารณ์

9.1 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์สารพิษตกค้างไพโรนินในมะเขือเปราะ ได้ทดสอบวิธีการที่ดัดแปลงจาก Steinwandter (1985) ในการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างไพโรนินในตัวอย่างมะเขือเปราะ พบว่า เมื่อทดสอบความแม่นยำ (accuracy) ของประสิทธิภาพการสกัดสารพิษตกค้างไพโรนินในมะเขือเปราะที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.2 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตรวจสอบ reproducibility พบร้อยละของสารที่ได้กลับคืน (% recovery) อยู่ในช่วงร้อยละ 93.6 – 100.8 พบว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับของห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้างที่ช่วงร้อยละ 70 – 110 โดยมีค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (LOQ) เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

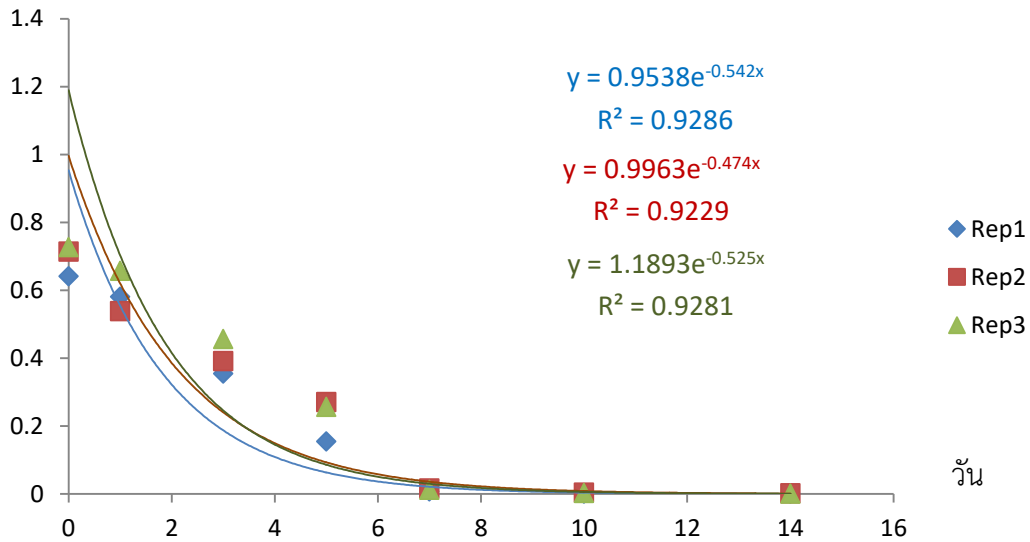
9.2 แปลงทดลองที่ 1 จังหวัดนครปฐม : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ราบให้น้ำทุกวันๆ ละ 1-2 ครั้ง มีแสงแดดจัด ไม่มีฝนตก อากาศค่อนข้างร้อนที่ระดับ 24 – 35 องศาเซลเซียส ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างตามกรรมวิธี พบสารพิษตกค้างไพโรนินในมะเขือเปราะทุกตัวอย่าง (ดังแสดงในตารางที่ 1) เฉลี่ยเท่ากับ 0.694 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0 วัน แล้วค่อยๆ ลดลงเป็น 0.592, 0.401, 0.228, 0.012, 0.003 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วันภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เก็บเกี่ยว (ดังแสดงในภาพที่ 2) พบเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษนี้เป็นไปดังสมการ  $y = 0.9538e^{-0.542x}$ ,  $y = 0.9963e^{-0.474x}$  และ  $y = 1.1893e^{-0.525x}$  โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9286, 0.9229 และ 0.9281

ตารางที่ 1 ปริมาณสารพิษตกค้างพีโพรนิลในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 1  
จังหวัดนครปฐม และแปลงทดลองที่ 2 จังหวัดสุพรรณบุรี ในปี พ.ศ. 2556

ระยะที่เก็บหลังการพ่น ครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 1 นครปฐม	เฉลี่ย Tr1 (mg/kg)	Trial 2 สุพรรณบุรี	เฉลี่ย Tr2 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	0.641		0.478	
	2	0.714	0.694	0.490	0.504
	3	0.728		0.543	
1	1	0.582		0.344	

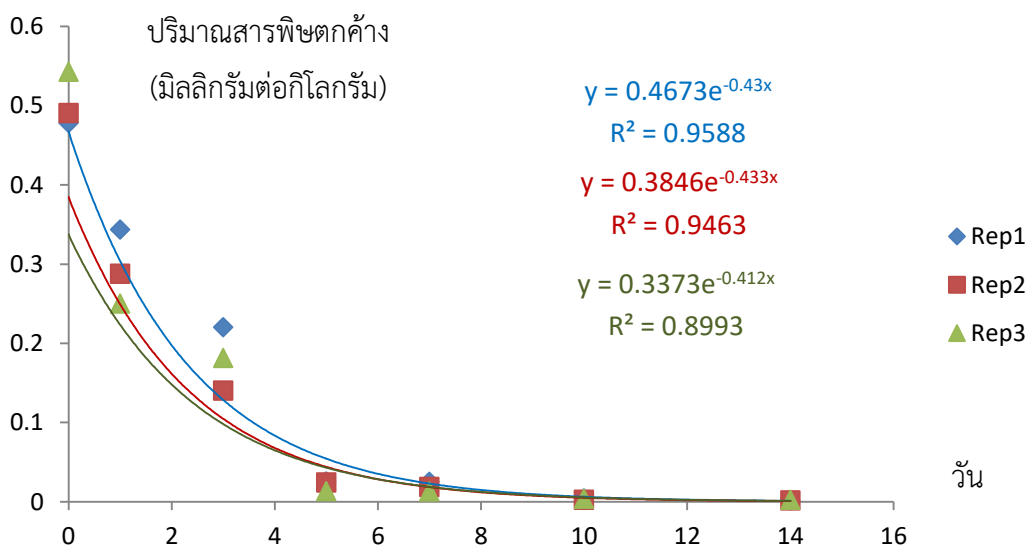
	2	0.538	0.592	0.288	0.294
	3	0.657		0.250	
3	1	0.355		0.220	
	2	0.391	0.401	0.140	0.181
	3	0.457		0.181	
5	1	0.155		0.026	
	2	0.271	0.228	0.024	0.021
	3	0.257		0.013	
7	1	0.008		0.025	
	2	0.016	0.012	0.019	0.019
	3	0.013		0.013	
10	1	0.002		0.004	
	2	0.004	0.003	0.002	0.003
	3	0.003		0.004	
14	1	0.001		0.002	
	2	0.002	0.001	0.002	0.002
	3	0.001		0.002	
21	1	0.001		0.001	
	2	0.001	0.001	0.001	0.001
	3	0.001		0.001	

ปริมาณสารพิษตกค้าง  
(มีลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



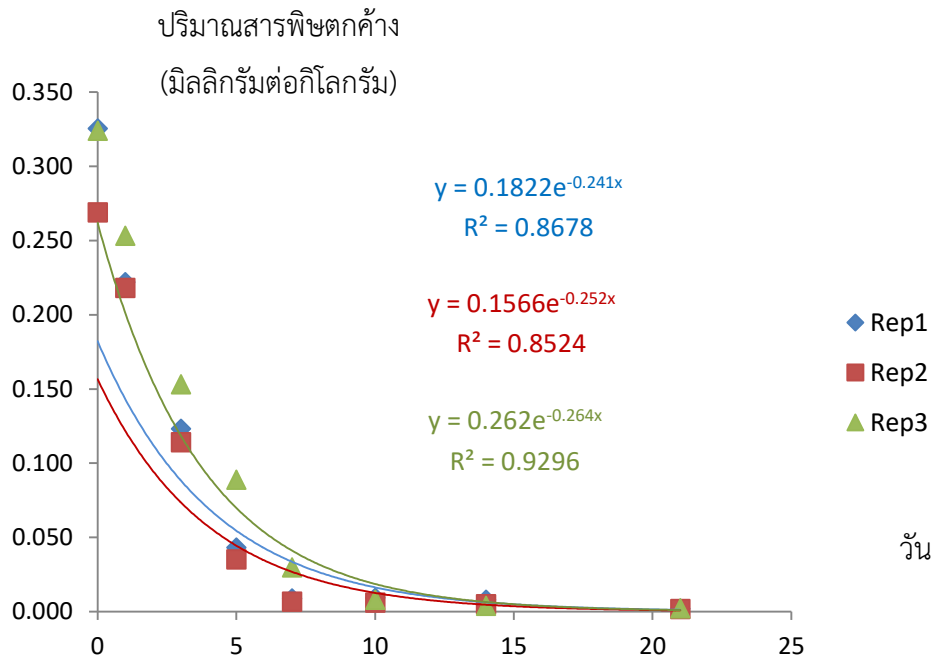
ภาพที่ 2 กราฟการสลายตัวของสารพิษตกค้างไพโรนินในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 1 ตำบลรางพิบูล อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

9.3 แปลงทดลองที่ 2 จังหวัดสุพรรณบุรี : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ราบ ดินร่วนปนดินเหนียวที่เคยทำนาปลูกข้าวมาก่อน ให้น้ำทุกวันละครึ่ง มีแสงแดดจัด มีฝนตกภายหลังการพ่นสาร 4 วัน อากาศค่อนข้างร้อนที่ระดับ 26–34 องศาเซลเซียส พบสารพิษตกค้างไพโรนิน (ตารางที่ 1) เฉลี่ยเท่ากับ 0.504, 0.294, 0.181, 0.021, 0.019, 0.003 และ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วันภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย ในภาพที่ 3 พบเส้นแนวโน้มการสลายตัวเป็นไปดังสมการ  $y = 0.4673e^{-0.43x}$ ,  $y = 0.3846e^{-0.433x}$  และ  $y = 0.3373e^{-0.412x}$  โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9588, 0.9463 และ 0.8993



**ภาพที่ 3** กราฟการสลายตัวของสารพิษตกค้างพีไพรนิลในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 2 ตำบลตลิ่งชัน อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

9.4 แปลงทดลองที่ 3 จังหวัดกาญจนบุรี : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ราบ ให้น้ำทุกวันๆ ละ 1-2 ครั้ง มีแสงแดดจัด ไม่มีฝนตก อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 22–32 องศาเซลเซียส พบสารพิษตกค้างพีไพรนิลในมะเขือเปราะทุกตัวอย่างแต่ไม่พบในตัวอย่างควบคุม (ดังแสดงในตารางที่ 2) พบเฉลี่ยเท่ากับ 0.306 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0 วัน แล้วค่อยๆ ลดลงเป็น 0.231, 0.130, 0.056, 0.015, 0.008, 0.006 และ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วันภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ เขียนกราฟความสัมพันธ์ (ดังแสดงในภาพที่ 4) พบเส้นแนวโน้มเป็นไปดังสมการ  $y = 0.1822e^{-0.241x}$ ,  $y = 0.1566e^{-0.252x}$  และ  $y = 0.262e^{-0.264x}$  โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.8678, 0.8524 และ 0.9296



**ภาพที่ 4** กราฟการสลายตัวของสารพิษตกค้างพีไพรนิลในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 3 ตำบลทุ่งทอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี

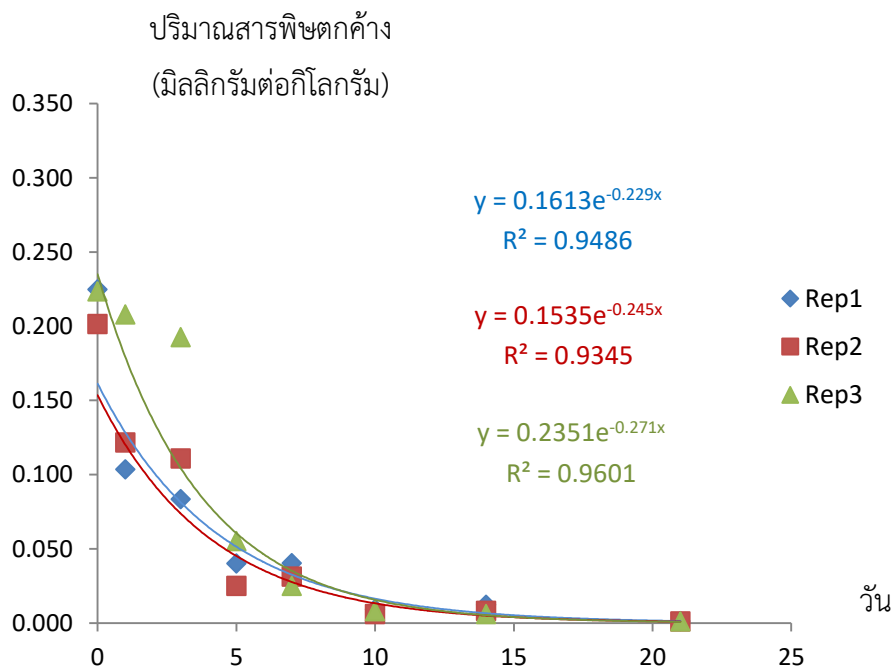


ตารางที่ 2 ปริมาณสารพิษตกค้างฟิโพรนิลในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 3 จังหวัดกาญจนบุรี และแปลงทดลองที่ 4 จังหวัดสระบุรี ในปี พ.ศ. 2557

ระยะที่เก็บหลังการพ่น ครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 3 กาญจนบุรี	เฉลี่ย Tr3 (mg/kg)	Trial 4 สระบุรี	เฉลี่ย Tr4 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	0.326		0.225	
	2	0.269	0.306	0.201	0.216
	3	0.324		0.223	
1	1	0.222		0.103	
	2	0.218	0.231	0.122	0.144
	3	0.253		0.208	
3	1	0.123		0.083	
	2	0.114	0.130	0.111	0.129
	3	0.153		0.193	
5	1	0.043		0.040	
	2	0.035	0.056	0.025	0.040
	3	0.089		0.055	
7	1	0.009		0.040	
	2	0.007	0.015	0.031	0.032
	3	0.030		0.025	
10	1	0.009		0.009	
	2	0.006	0.008	0.006	0.008
	3	0.008		0.008	
14	1	0.008		0.012	
	2	0.005	0.006	0.008	0.009
	3	0.004		0.006	
21	1	0.002		0.001	
	2	0.002	0.002	0.001	0.001

	3	0.002	0.001
--	---	-------	-------

9.5 แปลงทดลองที่ 4 จังหวัดสระบุรี : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ราบดินร่วนปนทราย ให้น้ำทุกวัน ละครั้ง มีแสงแดดจัด อากาศค่อนข้างเย็นในตอนกลางคืนและค่อนข้างร้อนในเวลากลางวันที่ระดับ 20 – 35 องศาเซลเซียส พบสารพิษตกค้างพีไพรนิลในมะเขือเปราะทุกตัวอย่างยกเว้นตัวอย่างควบคุม (ดังแสดงในตารางที่ 2) เฉลี่ยเท่ากับ 0.216 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0 วัน แล้วค่อยๆ ลดลงเป็น 0.144, 0.129, 0.040, 0.032, 0.008, 0.009 และ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วันภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ เมื่อมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ (ดังแสดงในภาพที่ 5) จะพบเส้นแนวโน้มเป็นไปดังสมการ  $y = 0.1613e^{-0.229x}$ ,  $y = 0.1535e^{-0.245x}$  และ  $y = 0.2351e^{-0.271x}$  โฟ วัน  $R^2$  เท่ากับ 0.9486, 0.9345 และ 0.9601



ภาพที่ 5 กราฟการสลายตัวของสารพิษตกค้างพีไพรนิลในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 4 ตำบลธารเกษม อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี

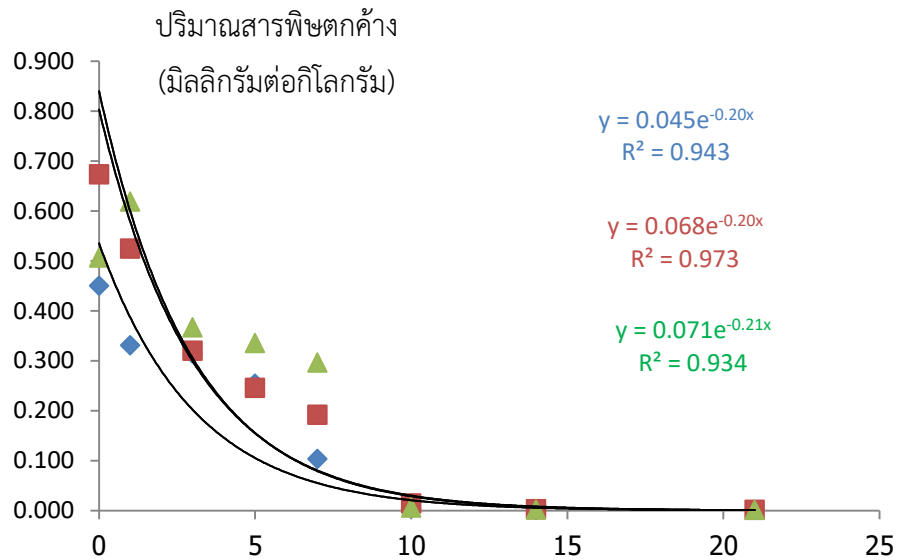
9.6 แปลงทดลองที่ 5 จังหวัดราชบุรี : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ราบ แสงแดดจัด พบปริมาณสารพิษตกค้างพีไพรนิลในมะเขือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.543, 0.492, 0.334, 0.279, 0.198, 0.008, 0.002 และ 0.002

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ภายหลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 3) และเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้างดังแสดงในภาพที่ 6

**ตารางที่ 3** ปริมาณสารพิษตกค้างไพโรนิลในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 5 จังหวัดราชบุรี และแปลงทดลองที่ 6 จังหวัดอ่างทอง ในปี พ.ศ. 2558

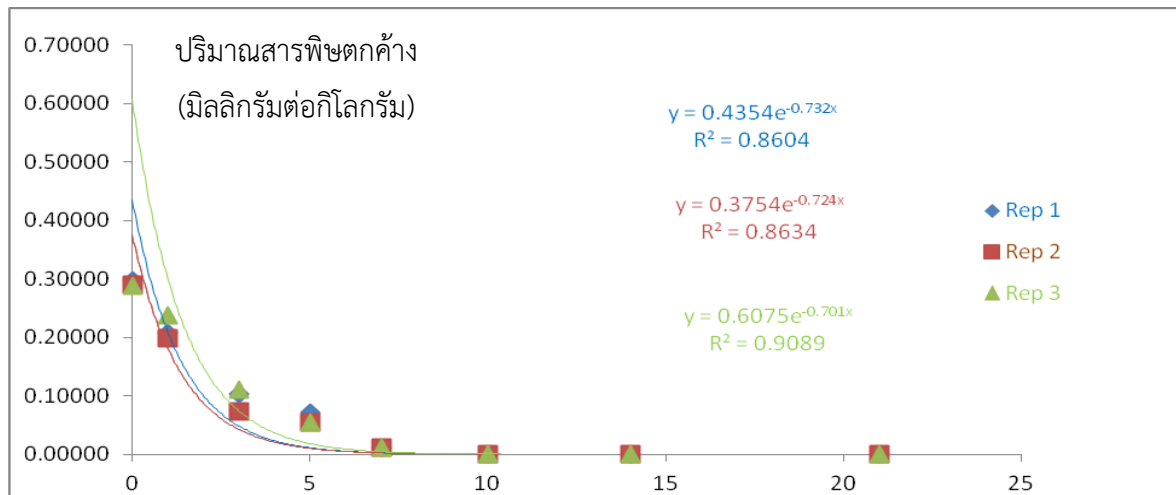
ระยะที่เก็บหลังการพ่น ครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 5 ราชบุรี	เฉลี่ย Tr5 (mg/kg)	Trial 6 อ่างทอง	เฉลี่ย Tr6 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	0.450		0.298	
	2	0.673	0.543	0.290	0.292
	3	0.507		0.288	
1	1	0.332		0.208	
	2	0.525	0.492	0.199	0.215
	3	0.619		0.238	
3	1	0.314		0.103	
	2	0.320	0.334	0.073	0.095
	3	0.367		0.110	
5	1	0.254		0.072	
	2	0.246	0.279	0.055	0.061
	3	0.336		0.055	
7	1	0.104		0.012	
	2	0.192	0.198	0.011	0.011
	3	0.297		0.011	
10	1	0.004		0.000	
	2	0.014	0.008	0.000	0.001
	3	0.006		0.011	
14	1	0.002		0.000	
	2	0.003	0.002	0.000	0.001
	3	0.002		0.000	
21	1	0.002		0.000	

	2	0.002	0.002	0.000	0.001
	3	0.002		0.000	



ภาพที่ 6 กราฟการสลายตัวของสารพิษตกค้างไพโรนิลในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 5 ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

9.7 แปลงทดลองที่ 6 จังหวัดอ่างทอง : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ร่อนน้ำ ดินร่วนแบบระบบน้ำหยดให้น้ำทุกวันๆ ละครั้ง มีแสงแดดจัด อากาศค่อนข้างเย็นในตอนกลางคืนและค่อนข้างร้อนในเวลากลางวันที่ระดับ 25-35 องศาเซลเซียส พบสารพิษตกค้างไพโรนิลในมะเขือเปราะเฉลี่ยเท่ากับ 0.292, 0.215, 0.095, 0.061 และ 0.011 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0, 1, 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ หลังจากนั้นตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง (ดังแสดงในตารางที่ 3) และเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้างดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟการสลายตัวของสารพิษตกค้างไพโรทรินในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 6 ตำบลธารสีบัวทอง อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง

9.8 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในมะเขือเปราะที่สำรวจจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ : สำรวจชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในมะเขือเปราะซึ่งสำรวจจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ คือสำรวจมะเขือเปราะในปี พ.ศ. 2556 จาก 37 จังหวัด รวม 58 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 24 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 41.4 พบสารพิษตกค้าง 6 ชนิด ได้แก่ cypermethrin, chlorpyrifos, ethion, lambda-cyhalothrin, profenofos และ endosulfan คิดเป็นร้อยละ 22.4, 17.2, 12.1, 1.7, 1.7 และ 1.7 ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 4) ในปี พ.ศ. 2557 จากแหล่งจำหน่ายและจุดรวบรวมผลผลิตใน 28 จังหวัด รวม 60 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 30 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 50 พบสารพิษตกค้าง 10 ชนิด ได้แก่ cypermethrin, methomyl, carbofuran, ethion, lambda-cyhalothrin, chlorpyrifos, deltamethrin, methidathion, diazinon และ carbaryl (ดังแสดงในตารางที่ 5) และในปี 2558 จาก 25 จังหวัด จำนวน 50 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 16 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 9 ชนิด ได้แก่ cypermethrin, methomyl, carbofuran, ethion, triazophos, chlorpyrifos, promecarb, carbaryl และ pyridaben (ดังแสดงในตารางที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MRL ที่กำหนดไว้ในมะเขือ (Japan MRL กำหนดไว้ในมะเขือ เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบว่าปริมาณสารพิษตกค้างส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย แต่ผลจากการสำรวจพืชตระกูลมะเขือทั้งหมด ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างไพโรทรินในทุกตัวอย่าง

ตารางที่ 4 สรุปผลการสำรวจสารพิษตกค้างในมะเขือเปราะจำนวน 58 ตัวอย่าง ปี พ.ศ. 2556

สารพิษที่พบ	จำนวนตัวอย่างที่ ตรวจพบ	ร้อยละของ ตัวอย่างทั้งหมด	ปริมาณสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
			ต่ำสุด	สูงสุด
cypermethrin	13	22.4	0.01	0.28
chlorpyrifos	10	17.2	0.01	0.25
ethion	7	12.1	0.01	0.10
l-cyhalothrin	1	1.7	0.03	-
profenofos	1	1.7	0.32	-
endosulfan	1	1.7	0.02	-

ตารางที่ 5 สรุปผลการสำรวจสารพิษตกค้างในมะเขือเปราะจำนวน 60 ตัวอย่าง ปี พ.ศ. 2557

สารพิษที่พบ	จำนวนตัวอย่างที่ ตรวจพบ	ร้อยละของ ตัวอย่างทั้งหมด	ปริมาณสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
			ต่ำสุด	สูงสุด
cypermethrin	20	33.3	0.01	0.32
methomyl	6	10.0	0.01	0.11
carbofuran	5	8.3	0.01	0.02
ethion	3	5.0	0.02	1.05
l-cyhalothrin	3	5.0	0.01	0.01
chlorpyrifos	2	3.3	0.02	0.06
deltamethrin	1	1.7	0.02	-
diazinon	1	1.7	0.02	-
methidathion	1	1.7	0.86	-
carbaryl	1	1.7	0.01	-

**ตารางที่ 6** สรุปผลการสำรวจสารพิษตกค้างในมะเขือเปราะจำนวน 50 ตัวอย่าง ปี พ.ศ. 2558

สารพิษที่พบ	จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ	ร้อยละของตัวอย่างทั้งหมด	ปริมาณสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
			ต่ำสุด	สูงสุด
cypermethrin	4	8.0	0.01	0.02
methomyl	2	4.0	0.003	0.02
carbofuran	6	12.0	0.001	0.01
ethion	3	6.0	0.01	0.07
triazophos	1	2.0	0.01	0.01
chlorpyrifos	4	8.0	0.08	-
promecarb	3	6.0	0.002	-
carbaryl	1	2.0	0.005	-
pyridaben	2	4.0	0.001	0.003

**10. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**

วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างไพโรนิลในมะเขือเปราะที่เป็นตัวแทนของผักตระกูลมะเขือ ครั้งที่ 1-6 ที่จังหวัดนครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สระบุรี ราชบุรี และอ่างทอง โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟที่มีหัววัดแบบ Electron Capture Detector พบว่าค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวของไพโรนิลในมะเขือเปราะเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 วัน และคำนวณค่า PHI ที่ได้จากคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรอยู่ที่ระยะเก็บเกี่ยว 10 วัน สามารถกำหนดให้ค่า MRL อยู่ที่ระดับ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการผลิตเพื่อการส่งมะเขือเปราะไปจำหน่ายยังสหภาพยุโรป ซึ่งกำหนดค่า EU MRL ไว้ที่ระดับ 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นั้น เมื่อคำนวณค่า PHI พบว่าต้องทิ้งระยะเก็บเกี่ยวไว้นานถึง 14 วัน จึงจะมั่นใจได้ว่าผลผลิตมะเขือเปราะที่มีสารพิษตกค้างไพโรนิลต่ำกว่าค่า EU MRL สำหรับการผลิตมะเขือเพื่อส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น ถ้าจะใช้วัตถุดิบชนิดนี้ ต้องทิ้งระยะเก็บเกี่ยวที่ 21 วันหรือมากกว่า แต่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติเพราะศัตรูพืชจะกลับมารบกวนผลผลิตทำให้เสียหายได้ถ้าทิ้งระยะเวลานานเกินไปควรเลือกใช้สารอื่นที่สลายตัวเร็ว เช่น อิมิดาโคลพริด และอะบาเม็คติน

เป็นต้น นอกจากนี้ได้สำรวจตัวอย่างมะเขือเปราะที่สุ่มจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ ในปี 2556-2558 รวม 168 ตัวอย่าง ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างพิโรนินในทุกตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาสารพิษตกค้างในมะเขือเปราะเปรียบเทียบกับค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของประเทศ ไทย พบว่า มีตัวอย่างมะเขือเปราะเกินค่า MRL และพบสารพิษตกค้างที่ยังไม่ได้กำหนดค่า MRL โดยเฉพาะ สารพิษตกค้างคลอร์ไพริฟอสที่พบตกค้างบ่อยมาก ทำให้มีตัวอย่างมะเขือเปราะมีสารพิษตกค้างเกินค่า มาตรฐานจำนวนมาก การดำเนินการจัดตั้งค่า MRL ให้ครอบคลุมชนิดของวัตถุดิบตรายทางการเกษตรและ ชนิดของพืช ที่มีการขึ้นทะเบียนใช้หรือผลิตในประเทศหรือพบตกค้าง เพื่อการตัดสินใจการบริโภค การส่งออก และการนำเข้าพืชผักผลไม้ที่ปลอดภัย จึงเป็นสิ่งจำเป็นเร่งด่วนอย่างยิ่งที่ต้องดำเนินการและจะสามารถ กำหนดค่า MRL ได้ครอบคลุมทั้งชนิดวัตถุดิบตรายทางการเกษตรและชนิดพืชที่เป็นการค้าได้อย่างดี

## 11. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) ได้ข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ โดยประเมินจาก ข้อมูลการทดลองศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้าง เพื่อประโยชน์ต่อการควบคุมคุณภาพสินค้าเกษตรและ ตรวจสอบคุณภาพการอำนวยความสะดวกทางการค้า และการคุ้มครองผู้บริโภค นอกจากนี้ยังนำไปใช้เป็น เกณฑ์การพิจารณาออกใบรับรองแปลง GAP (Good Agricultural Practice) ให้กับเกษตรกรที่ผลิตตามหลัก เกษตรดีที่เหมาะสมที่กรมวิชาการเกษตรรับรองอีกด้วย

2) สามารถกำหนดระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตภายหลังการใช้ (Pre-harvest interval : PHI) เพื่อนำไประบุบนฉลากหรือคำแนะนำการใช้วัตถุดิบตรายทางการเกษตร นับจากวันที่ใช้ครั้งสุดท้ายจนถึงวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตไปบริโภคได้อย่างปลอดภัย

3) เสนอข้อมูลไปพิจารณากำหนดมาตรฐานสารพิษตกค้างร่วมกับประเทศสมาชิกอาเซียน เพื่อ กำหนดค่า ASEAN MRL สำหรับการซื้อขายสินค้าระหว่างประเทศอาเซียนและสำหรับประเทศสมาชิกอาเซียน ที่ไม่มีค่า MRL ในประเทศของตน



4) เสนอข้อมูลไปพิจารณากำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศด้านสารพิษตกค้าง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับสินค้า เพื่อการคุ้มครองสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค และทำให้เกิดความเป็นธรรมด้านการค้าสินค้าเกษตร

5) จากการตรวจวิเคราะห์ติดตามสถานการณ์ ของสารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่ทดลอง ที่สุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งจำหน่ายต่าง ๆ ของประเทศ ทำให้ทราบข้อมูลสารพิษตกค้างในพืช เพื่อการพิจารณา กำหนดค่า MRL และสามารถเผยแพร่เพื่อเตือนภัยสำหรับเกษตรกรในการเลือกใช้วัตถุดิบทางการเกษตร และผู้บริโภคได้ทราบถึงความเสี่ยงในการบริโภค

6) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการสารพิษตกค้างและการสร้างความปลอดภัยต่อสุขภาพของประชาชน ในด้านการผลิตพืช

## 12. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืชแบบรายปี 2556. ระบบสารสนเทศการผลิต ทางด้านเกษตร Online : [http://production.doae.go.th/report/report\\_main2.php](http://production.doae.go.th/report/report_main2.php)

กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553. เอกสาร วิชาการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร แห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

ประภัสสรฯ พิมพ์พันธุ์ และคณะ. 2547. การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลการเกษตรเพื่อกำหนดค่า ปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL). ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2547 เล่มที่ 1.

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 138-162.

มกอช. 2551. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 9002-2551 “สารพิษตกค้าง : ปริมาณ สารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์. 52 หน้า.

มกอช. 2557. สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกอช. 9002-2556 สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 50 หน้า.

ศศิมา มั่งนิมิตร์ ลักษณะมี เดชานุรักษ์นุกูล และวิทยา บัวศรี. 2555. วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างของฟิโพรนิลใน  
ถั่วฝักยาวเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง ครั้งที่ 3 และ 4. ผลการปฏิบัติงานประจำปี  
งบประมาณ 2554. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.  
หน้า 167-175.

สมสมัย ปาลกุล ประชาธิปต์ พงษ์ภิญโญ วิษณุ แจ้งใบ และปฏิมาภรณ์ สังข์น้อย. 2556. วิจัยการสลายตัว  
ของสารพิษตกค้างของฟิโพรนิลในองุ่นเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง(MRL) ครั้งที่ 1  
และ 2. รายงานผลงานเรื่องเต็ม ปีงบประมาณ 2555 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร  
กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 12 หน้า. (เอกสารยังไม่ได้ตีพิมพ์)

สุรัชย์ มัจฉาชีพ. 2535. พีชเศรษฐกิจในประเทศไทย. สำนักพิมพ์แพร์พิทยา กรุงเทพฯ. 276 หน้า.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2557. ฐานข้อมูลการขอขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร. กรม  
วิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <http://m.doa.go.th/ard/stat.php>

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2557. ร่างมาตรฐานสินค้าเกษตร การจัดกลุ่มสินค้า  
เกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการต่อร่างมาตรฐานสินค้าเกษตร, 2 กันยายน 2557  
โรงแรมอมารี แอร์พอร์ต, กรุงเทพฯ. 105 หน้า.

สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ กรุงลอนดอน. 2556. ปัญหาการนำเข้าสินค้าผักสดจากไทย  
มายังสหราชอาณาจักรและสหภาพยุโรป. กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 6  
หน้า.

สำนักมาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ. 2551. คู่มือการจัดทำข้อมูลและข้อเสนอ การกำหนดมาตรฐาน  
ระหว่างประเทศด้านสารพิษตกค้าง สำหรับสินค้าเกษตรของไทย. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและ  
อาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 46 หน้า.

Braverman, P.M. 2012. IR-4 National Pesticide Clearance Protocol : Spinetoram/Mango. IR-4  
Center for Minor Crop Pest Management, Rutgers University, New Jersey, USA. 19 p.

CAC. 1993. Guidelines on Good Laboratory Practice in Pesticide Residue Analysis. Codex  
Alimentarius Commission Guideline No. 40 (CAC/GL 40-1993), Rome, Italy. 36 p.

- CAC. 1999. Recommended Methods of Sampling for the Determination of Pesticide Residues for Compliance with MRLs. Codex Alimentarius Commission, CAC/GL 33, Rome, Italy. 18 p.
- CAC. 2000. Portion of Commodities to which Codex MRLs Apply and Which is Analyzed. Section 2.1 in Section 2 : Analysis of Pesticide Residues, Codex Volume 2A, Part 1. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, Rome, Italy. 14 p.
- CAC. 2006. Understanding the Codex Alimentarius. 3<sup>rd</sup> edition. Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, FAO, Rome, Italy. 47 p.
- CAC. 2014. Draft and Proposed Draft Maximum Residue Limits in Foods and Feeds at Steps 7 and 4. Codex Committee on Pesticide Residues, 46<sup>th</sup> Session, 5-10 May 2014, Nanjing, P.R. China. 263 p.
- Commission of the European Communities. 1997. Calculation of Maximum Residue Levels and Safety Intervals. Directorate General for Agriculture, 7039/VI/95, Brussel, Belgium. 13 p.
- Crossley, S.J. 2002. Review of the working procedures of the Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR). World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 109p.
- DG SANCO. 2014. EU Pesticide Database. [http://ec.europa.eu/sanco\\_pesticides/public/index](http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index)
- FAO. 1986. Guidelines on Pesticide Residue Trials to provide Data for the Registration of Pesticides and the Establishment of Maximum Residue Limits. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, Italy. 48 p.
- FAO. 1990. Guidelines on Producing Pesticide Residues Data from Supervised Trials Part 3 – Supervised Residue Trials in Crops and Plant Products. Rome, Italy. 52 p.
- FAO. 2009. FAO Manual on the Submission and Evaluation of Pesticide Residues Data. FAO Plant Production and Protection Paper 197, Rome, Italy. 279 p.

- FAO. 2012. Evaluation of pesticide residues for estimation of maximum residue levels and calculation of dietary intake : Training manual. Division of Plant Production and Protection of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 473 p.
- Japan MRL. 2014. Positive List System for Agricultural Chemical Residues in Foods. The Japan Food Chemical Research Foundation.  
<http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/search.html>
- Joint FAO/WHO Food Standards Program. 2014. Draft and Proposed Draft Maximum Residues Limits in Foods and Feeds. Codex Committee on Pesticide Residues 46<sup>th</sup> Session, Nanjing, P.R. China. 263 p.
- Kumaravel, T. 2011. Training in Genetic Toxicology. Presentation paper on TCDC Consultant in Training on Pesticide Risk Assessment Assisting countries in Southeast Asia towards achieving pesticide regulatory harmonization, 7 – 11 Feb., Bangkok, Thailand. 48 p.
- PAN. 2012. Fipronil - Identification, toxicity, use, water pollution potential, ecological toxicity and regulatory information. Pesticide Database, Pesticide Action Network.  
[http://www.pesticideinfo.org/Detail\\_Chemical.jsp?Rec\\_Id=PC35768](http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC35768)
- Sherma, J. 1993. Pesticides. *Anal. Chem.* 65 : 40R-54R.
- Steinwandter, H. 1985. Universal 5 min on-line Method for Extraction and Isolating Pesticide Residues and Industrial Chemicals. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 322 : 752-754.
- Tomlin, C. D. S. (ed.). 2009. The Pesticide Manual. Fifteenth edition, BCPC (British Crop Production Council), UK. 1457 p.
- Wood, A. 2012. Fipronil Data Sheet. Available-online 20Jan2012.  
<http://www.alanwood.net/pesticides/fipronil.html>