

รายงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย : การศึกษาเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL)
 - กิจกรรมที่ 1 : ศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง
3. ชื่อการทดลอง : วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างของ Buprofezin ในมะเขือ เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (ครั้งที่ 1-6)
 - ชื่อการทดลอง : Residue Trials of Buprofezin in Aubergine To Establish Maximum Residue Limit (Trial 1-6)
4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นางสาววະนิตา สุขประเสริฐ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน	นายยงยุทธ ไม้แก้ว	ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร
	นายวีระสิงห์ แสงวรรณ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรฟิซินในมะเขือ เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง ในรูปแบบ Supervised Residue Field Trials ตาม Codex Guidelines โดยทดลองในแปลงมะเขือของเกษตรกร 6 แห่ง ได้แก่ แปลงทดลองที่ 1 อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยได้ทำการทดลองในช่วงเดือนธันวาคม 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556 แปลงทดลองที่ 2 อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนมิถุนายน 2556 แปลงทดลองที่ 3 อำเภอดำรงวิทยารุจิราชนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี ทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม 2556 แปลงทดลองที่ 4 อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี ทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม 2557 แปลงทดลองที่ 5 อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ทดลองในช่วงเดือนมกราคม 2558 ถึง กุมภาพันธ์ 2558 และ แปลงทดลองที่ 6 อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง ทดลองในช่วงเดือนกรกฎาคม 2558 ถึง สิงหาคม 2558 ในแต่ละแปลงพ่นสารบูโพรฟิซิน 40% W/V SC ตามอัตราแนะนำในมะเขือ คือ 25 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร อัตราใช้น้ำ 100 ลิตรต่อไร่ และมีแปลงย่อยที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเป็นแปลงเปรียบเทียบ แต่ละแปลงทดลองทำ 3 ซ้ำ พ่นสารรวม 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน หลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างมะเขือไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรฟิซินที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน โดยใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโตกราฟี GC-MSD (Mass Selective Detector) ณ ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยวัตถุพิษทางการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ผลการวิจัยพบว่า ในแปลงทดลองที่ 1 จ.นครปฐม พบปริมาณบูโพรฟิซินตกค้างในมะเขือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.68, 0.32, 0.17, 0.03, 0.01, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน ภายหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ ในแปลงทดลองที่ 2 จ.สุพรรณบุรี พบปริมาณบูโพรฟิซินตกค้างในมะเขือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.11, 0.53, 0.35, 0.07, 0.04, 0.04 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลาเดียวกัน แปลงทดลองที่ 3 จ.กาญจนบุรี พบสารพิษตกค้างบูโพรฟิซินในปริมาณ 3.29, 2.52,

1.34, 0.94, 0.59, 0.36, 0.12 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ภายหลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ ในแปลงทดลองที่ 4 จ.สระบุรี พบสารพิษตกค้างตกค้างบูโพรเฟซินใน ปริมาณ 3.09, 1.80, 0.74, 0.19, 0.02, 0.02, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแปลงทดลองที่ 5 จ.ราชบุรี พบสารตกค้างบูโพรเฟซินในปริมาณ 2.83, 1.15, 0.62, 0.52, 0.03, 0.02, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในแปลงที่ 6 จ.อ่างทอง พบสารพิษตกค้างบูโพรเฟซินในปริมาณ 3.14, 1.16, 1.03, 0.46, 0.09, 0.03, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ได้สุ่มสำรวจมะเขือเปราะจากแหล่งจำหน่าย ต่างๆ รวมทั้งสิ้น 168 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง จำนวน 70 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 41.6 แต่ตรวจไม่พบ บูโพรเฟซินในทุกตัวอย่าง

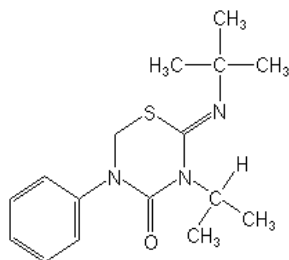
Abstract

The MRLs of pesticide (Buprofezin) in aubergine has been evaluated by mean of the Supervised Residue Field Trials under the Codex Guidelines. This work was studied by Pesticide residue research group, Office of Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture. The trials have been separated in 6 plantations as follows; 1)KamphaengSaen district of Nakhon pathom, during December 2012 to January 2013. 2)MuangSuphanburi, during May to June 2013. 3)ThaMuang district of Kanchanaburi, during November to December 2013. 4)Phra Phuttabat district of Saraburi, during February to March 2014. 5)Muang Ratchaburi, during January to February 2015 and 6)Sawaengha district of Ang Thong, during July to August 2015. The concentration of Buprofezin of 40%W/V SC was sprayed 3 times within 21 days (7 days interval) with 25ml per 20 liters of water and consumption rate of water is 100 liters per hectare, except in designed area to use as a control area for the comparison.

GC-MSD (Mass Selective Detector) technique was used to detected the residue amount of Buprofezin in the samples which were collected at 0, 1, 3, 5, 7, 10 and 14 days after the final spraying, respectively. The results show that; Area 1)Nakhonpathom found 0.68, 0.32, 0.17, 0.03, 0.01, 0.01 and 0.01 mg/kg, respectively. Area 2)Suphanburi found 1.11, 0.53, 0.35, 0.07, 0.04, 0.04and 0.03 mg/kg, respectively. Area 3)Kanchanaburi found 3.29, 2.52, 1.34, 0.94, 0.59, 0.36, 0.12 and 0.02 mg/kg, respectively. Area 4)Saraburi found 3.09, 1.80, 0.74, 0.19, 0.02, 0.02, 0.01and 0.01 mg/kg, respectively. Area 5)Ratchaburi found 2.83, 1.15, 0.62, 0.52, 0.03, 0.02, 0.01and 0.01mg/kg, respectively. And the last area 6)Ang Thong found 3.14, 1.16, 1.03, 0.46, 0.09, 0.03, 0.01 and 0.01 mg/kg, respectively. Furthermore, the 168 samples of aubergine which randomize collecting from the markets were analyzed. Some of pesticide residues can be detected in 70 samples but did not found Buprofezin in all samples.

6. คำนำ

บูโพรฟีซีน (bupropfen) ขึ้นทะเบียนไว้กับสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เป็นสารยับยั้งการลอกคราบและควบคุมการฟักเป็นตัวของแมลง โดยมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1 อัตราแนะนำสำหรับฆ่าเพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอย เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่น และแมลงหวี่ขาว ฟัน bupropfen 40% SC ในพืชตระกูลมะเขือตามที่สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชแนะนำไว้เท่ากับ 25 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของสาร bupropfen (Wood, 2014)

JMPR ได้ประเมินค่า ADI ของ Bupropfen เมื่อปี 1991 อยู่ที่ระดับ 0 – 0.01 mg/kg bw/day ที่พิจารณาจากค่า NOAEL ที่ระดับ 0.9 mg/kg bw/day จากการศึกษาพิษเรื้อรังระยะเวลา 2 ปีใน rats โดยใช้ค่า Safety Factor เท่ากับ 100 ในปี 1999 JMPR ได้พิจารณาอีกครั้งและลงความเห็นว่าค่า ARfD (Acute Reference Dose) ไม่มีความจำเป็นต้องกำหนด ส่วนการประเมินผลทางด้านชีวเคมี (Biochemical aspects) ในร่างกายของสัตว์ทดลองโดยใช้เทคนิคทางรังสี พบว่า เมื่อให้สารที่ในอัตรา 10 – 100 mg/kg bw ในหนูทั้งเพศผู้และเพศเมีย มันจะสามารถขับสารนี้ออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว โดยสามารถขับสารได้มากกว่า 60% ภายใน 24 ชั่วโมง และขับออกมากกว่า 80% ภายใน 48 ชั่วโมง โดยขับออกทางอุจจาระเป็นส่วนใหญ่ (70-74%) เหลือสะสมเพียงเล็กน้อยในร่างกายในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะใช้อัตรา 10 หรือ 100 mg/kg bw หลังจากให้สารนี้ในสัตว์ทดลอง สารจะกระจายไปทั่วร่างกายทั้งระบบอวัยวะและกล้ามเนื้อต่างๆ ภายใน 2 ชั่วโมง และภายใน 7 วัน พบความเข้มข้นสูงสุดในเม็ดเลือดขาว ต่อมไทรอยด์ และตับ แต่รวมกันทั่วร่างกายทั้งหมดแล้ว มีปริมาณน้อยกว่า 0.7% ของสารที่ให้เข้าไป ในการทดลองระยะยาวโดยให้อาหารที่มีสารนี้กับหนู 24 สัปดาห์ ไม่พบความผิดปกติและไม่สะสมในร่างกาย ส่วนเมตาโบลิซึมของสารนี้ที่ทำการศึกษาในสัตว์หนูในแบบ *in vivo* เกิดปฏิกิริยา hydroxylation และ methylation ของ phenyl ring มีการเกิด oxidation ของ sulfur และมีปฏิกิริยา conjugation กับ sulfate และ glucuronic acid ได้เมตาโบไลต์หลายชนิดที่สามารถขับถ่ายได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ไม่ว่าจะให้สารปริมาณ 10 – 100 mg/kg bw จะไม่พบความแตกต่างกันของพารามิเตอร์ต่างๆ ในการศึกษาด้าน Toxicokinetic ทั้งเพศผู้และเพศเมีย (Codex, 2009)

บูโพรฟีซีน มีค่า ADI ที่ระดับ 0.009 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน และค่า Acute Reference Dose อยู่ที่ระดับ 0.005 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานของ bupropfen ส่วนค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างของ Codex กำหนดในมะเขือเทศและผักกินผลที่ระดับ 1 และ 0.7

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาปริมาณของสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ เพื่อการกำหนดค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างในพืชตระกูลมะเขือ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาสารพิษตกค้างในอาหาร และเพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือในการเจรจาต่อรองทางการค้าพืชผลเกษตรระหว่างประเทศ ให้เกษตรกรไทยสามารถส่งพืชผลเกษตรไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ยังคงความปลอดภัยของผู้บริโภคอย่างยั่งยืน

7. วิธีดำเนินการ

ดำเนินการวิจัยที่เป็นไปตามข้อกำหนดและคำแนะนำการศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างจากการทำแปลงทดลองที่เรียกว่า Supervised Residue Field Trials (SRFT) ตาม Codex Guidelines ประกอบกับความรู้และประสบการณ์ของผู้วิจัยด้านสารพิษตกค้าง โดยมีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. **การวางแผนการทดลอง** : การศึกษาสารพิษตกค้างตามคำแนะนำของ Codex (FAO, 2009) เป็นการวางแผนการทดลองแบบ Supervised Residue Field Trial หมายถึง การศึกษาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรกับพืชตามสภาวะและวิธีการที่สอดคล้องกับการปฏิบัติที่ใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรกับการผลิตที่เป็นการค้า ซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นไปตามการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรอย่างถูกต้อง แล้วนำผลผลิตจากพืชมาวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง โดยทำการทดลองพ่นสารละลายของวัตถุอันตรายทางการเกษตรชนิดที่ต้องการศึกษาไปบนพืชในอัตราที่แนะนำของสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร หรือที่ระบุบนฉลากข้างภาชนะบรรจุวัตถุอันตรายที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร อย่างถูกต้องตามกฎหมาย โดยมีต้นพืชที่พ่นด้วยน้ำเปล่าเป็นแปลงเปรียบเทียบ (control) ทำการทดลองในแปลงปลูกพืชผักของเกษตรกร มีการพ่นสารบูโพรพิซิน ในสูตรความเข้มข้น 40% W/V SC (soluble concentrate) ในอัตราแนะนำ 25 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยพ่นสารละลายของวัตถุอันตรายดังกล่าวบนต้นมะเขือเปราะที่เป็นตัวแทนของพืชตระกูลมะเขือที่ปลูกเป็นแถว ทำการทดลอง 6 แปลง เพื่อศึกษาการสลายตัวและกำหนดค่าระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัยของวัตถุอันตรายทางการเกษตรชนิดนี้ที่แนะนำให้ใช้ในพืชตระกูลมะเขือ วิเคราะห์ตัวอย่างพืชภายหลังพ่นสารที่ระยะ 0 วัน (ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมงหลังการพ่นบูโพรพิซิน ครั้งสุดท้าย เพื่อให้สารละลายที่พ่นแห้งสนิทก่อนการสุ่มตัวอย่าง) และที่ระยะ 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ภายหลังการพ่นครั้งสุดท้าย รวม 7-8 ครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละแปลง

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 เลือกรูปแบบทดลองมะเขือเปราะ

ในแปลงของเกษตรกรในปีงบประมาณ 2556 ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ในปีงบประมาณ 2557 ที่อำเภอนาทม จังหวัดกาญจนบุรี และอำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี และในปีงบประมาณ 2558 ที่อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี และอำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง ซึ่งตั้งอยู่ไม่ไกลจากห้องปฏิบัติการมีระยะทางไม่เกิน 150 กิโลเมตร เกษตรกรให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีและมีความสะดวกในการปฏิบัติงาน

3. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง :

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องพ่นแบบติดเครื่องยนต์สะพายหลัง ขนาดถังบรรจุ 15 ลิตร

3.1.2 ชุดสวมใส่เพื่อป้องกันขณะพ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตร

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง ได้แก่ มีดหั่นตัวอย่างพร้อมเขียง และภาชนะบรรจุตัวอย่างทำด้วยสแตนเลส

3.1.4 เครื่องแก้วและอุปกรณ์

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 สารมาตรฐานชนิดบูโพรพิซิน ความบริสุทธิ์ 99.0% หมดอายุ เมษายน 2560 Lot No. 20402 จากบริษัท Dr. Ehrenstorfer สาธารณรัฐเยอรมัน

3.2.2 acetone และ dichloromethane ชนิด pesticide grade เพื่อใช้สกัดตัวอย่าง

3.2.3 hexane ชนิด analytical grade เพื่อใช้กำจัดสิ่งปนเปื้อน และชนิด pesticide grade ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนการวิเคราะห์

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

3.2.5 sodium chloride ชนิด analytical grade

3.2.6 silica gel ก่อนใช้ต้องเผาที่ 400° C 2 ชั่วโมง แล้วอบที่ 130° C นานข้ามคืน แล้วตั้งไว้ให้เย็นใน desiccator นำไป deactivated ด้วยน้ำกลั่น 10%

3.3 เครื่องมือวิทยาศาสตร์

3.3.1 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ที่ชั่งน้ำหนักได้ 0.01 กรัม

3.3.2 เครื่องชั่ง 5 ตำแหน่ง ที่ชั่งน้ำหนักได้ 0.00001 กรัม

3.3.3 เครื่องเตรียมตัวอย่างชนิด Lab micronizer ยี่ห้อ Waring commercial

3.3.4 เครื่องสกัดวัตถุดิบพืชชนิด Ultra Turrax ยี่ห้อ IKA-WERKE รุ่น T-25 Basic

3.3.5 เครื่องลดปริมาตรชนิด Rotary evaporator ยี่ห้อ Buchi รุ่น Rotavapor R-114 พร้อมด้วย water bath ยี่ห้อ Buchi รุ่น R-480

3.3.6 เครื่องลดปริมาตรด้วยแก๊สไนโตรเจน (Nitrogen Evaporator) ยี่ห้อ N-Evap

3.3.7 ตู้อบ (oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น 700

3.3.8 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace) ยี่ห้อ Thermolyne รุ่น F30402C

- 3.3.9 เครื่องกำจัดสิ่งปนเปื้อนในตัวอย่าง ชนิด SPE manifold 24 ports
- 3.3.10 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)
- 3.3.11 ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำ (Deep freezer) ทำอุณหภูมิ -20 ± 5 องศาเซลเซียส
- 3.3.12 เครื่องตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างชนิด GC-MSD (Mass Selective Detector) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 5973 ต่อกับ Agilent 6890N สำหรับตรวจวิเคราะห์และยืนยันผลสารพิษตกค้างในตัวอย่าง

4. วิธีการ : การทำแปลงทดลองมะเขือเปราะ : เลือกพื้นที่แปลงปลูกมะเขือเปราะที่มีอายุต้นอย่างน้อย 4 เดือน พร้อมทั้งจะออกดอกหรือให้ผลผลิตแล้ว ปฏิบัติดูแลให้น้ำใส่ปุ๋ยและพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอื่น ๆ ตามปกติ ยกเว้นสารบูโพรพิซิน จะผสมและกำกับดูแลการพ่นเอง ใช้น้ำอัตรา 100 ลิตรต่อไร่ วัตถุประสงค์การไหลของเครื่องพ่นและทดสอบการเดินพ่น ผสมบูโพรพิซิน 40% W/V SC 12.5 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 10 ลิตร พ่นต้นมะเขือเปราะตลอดแถวปลูกให้ทั่วในแต่ละเช้า และพ่นทุก 7 วัน รวม 3 ครั้ง จดบันทึกอุณหภูมิ สภาพดินฟ้าอากาศ ตลอดช่วงการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างผลมะเขือเปราะจากแปลงทดลองภายหลังการพ่นบูโพรพิซินครั้งสุดท้าย เป็นตัวอย่างที่ระยะเก็บเกี่ยว 0 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างผลมะเขือเปราะในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ รวม 8 ครั้ง สุ่มให้ทั่วทั้งต้นจากอย่างน้อย 12 ต้น ให้ได้ไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัม บรรจุในถุงพลาสติกปิดถุงให้แน่น แช่ในถังน้ำแข็งเพื่อรักษาสภาพของตัวอย่าง แล้วรีบนำกลับห้องปฏิบัติการ

5. การเตรียมตัวอย่าง การสกัด และการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง :

เตรียมตัวอย่างมะเขือเปราะโดยปั่นผสมละเอียดด้วยเครื่องเตรียมตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างละ 25 ± 0.1 กรัม จำนวน 2 ซ้ำ และเก็บตัวอย่างสำรองไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส สกัดตัวอย่างทุกชนิดพืชใช้วิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างแบบรวมของ Steinwandter (1985) โดยนำตัวอย่างมะเขือเปราะมาเติม acetone (AR) 50 มิลลิลิตร สกัดด้วยเครื่องสกัด Ultra Turrax ที่ความเร็วรอบ 13,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที เติม dichloromethane 40 มิลลิลิตร และ sodium chloride 8 กรัม ปั่นตัวอย่างอีกครั้งนาน 1 นาที ด้วยความเร็วรอบเท่าเดิม รินส่วนใสใส่ขวดที่บรรจุ sodium sulphate แล้วตั้งทิ้งไว้เวลานาน 10 นาที ตวงสารละลาย 50 มิลลิลิตร นำไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรให้ได้ 5 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR) ดูดสารละลายที่สกัดจากตัวอย่างใส่ GC vial ขนาด 2 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วย GC-MSD มีการทำ calibration curve โดยนำสารละลายมาตรฐาน บูโพรพิซิน ที่มีความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่อง GC-MS โดยมีสภาวะของเครื่อง GC-MSD ดังนี้

Column : DB-5 MS P, 0.25 μ m thickness, 30m length, 0.25mm.id.

Temperature: injector 280 $^{\circ}$ C, detector 280 $^{\circ}$ C, oven temperature program ดังนี้

: 50 $^{\circ}$ C (1 min) \longrightarrow 25 $^{\circ}$ C/min 125 $^{\circ}$ C (1 min) \longrightarrow

10 $^{\circ}$ C/min 300 $^{\circ}$ C (10 min)

Inject mode : splitless (purge flow= 25 ml/min)

Pressure : 10.12 psi

Total flow : 29.3 ml/min

Injection volume : 2 μ l

Sim Parameters : Ion Mass 104 , 105 , 106 , 172

คำนวณปริมาณสารพิษตกค้าง โดยวัดค่า retention time ของพีค เปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน และคำนวณความเข้มข้นของสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในสารละลายตัวอย่าง โดยโปรแกรมสำเร็จรูปจากสมการ Linear Regression และต้องมีค่า Correlation ไม่น้อยกว่า 0.995 หาความเข้มข้นของสารในตัวอย่างตามสูตร ดังต่อไปนี้

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

โดยที่ C_{sample} = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

$C_{\text{calib.}}$ = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง ที่ได้จากการเทียบ Calibration curve ใน GC Report (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดังนี้

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

V_{sample} = ปริมาตรที่ปรับครั้งสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างก่อนการฉีด (มิลลิลิตร)

W_{sample} = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาสกัด (กรัม)

F = Correction Factor

6. การสุ่มตัวอย่างพืชจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ : สุ่มเก็บตัวอย่างมะเขือเปราะจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ ในปี พ.ศ. 2556 จาก 37 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ กาญจนบุรี กำแพงเพชร ขอนแก่น จันทบุรี ชลบุรี ชัยนาท ชุมพร ตาก นครปฐม นครราชสีมา นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ บุรีรัมย์ ปทุมธานี ประจวบคีรีขันธ์ พิจิตร พิษณุโลก ยโสธร ร้อยเอ็ด ระยอง ราชบุรี ลพบุรี ลำปาง ลำพูน ศรีสะเกษ สงขลา สระบุรี สุโขทัย สุพรรณบุรี สุราษฎร์ธานี สุรินทร์ อัญญา อ่างทอง อุตรดิตถ์ และอุบลราชธานี รวม 58 ตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างในปี พ.ศ. 2557 จาก 28 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี กำแพงเพชร เชียงใหม่ เชียงราย เพชรบุรี ชลบุรี ชุมพร ตาก นครปฐม นครราชสีมา นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ บุรีรัมย์ ประจวบคีรีขันธ์ พระนครศรีอยุธยา พิษณุโลก ระยอง ราชบุรี ลพบุรี ลำปาง ลำพูน สงขลา สระบุรี สุโขทัย สุพรรณบุรี สุราษฎร์ธานี สุรินทร์ และอ่างทอง จำนวน 60 ตัวอย่าง และ ในปี 2558 จาก 25 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี ฉะเชิงเทรา ชัยนาท เชียงใหม่ เชียงราย ตาก นครนายก นครปฐม นครสวรรค์ นนทบุรี ปราชินบุรี พระนครศรีอยุธยา พิษณุโลก เพชรบุรี แพร่ ราชบุรี ลำปางลำพูน สุพรรณบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร สิงห์บุรี อุตรดิตถ์ อุทัยธานี และ อ่างทอง จำนวน 50 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 168 ตัวอย่าง นำมาตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดค่า MRL

7. การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล : จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ ที่สุ่มเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาต่างๆ ตามกรรมวิธีภายหลังการพ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตรดังกล่าว ทุกๆ 7 วัน จำนวน 3 ครั้ง ตามอัตราที่แนะนำให้ใช้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจาก 2 ซ้ำที่ สกัดและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ แล้วนำค่าปริมาณสารพิษตกค้างที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) กับระยะเวลาในการสุ่มเก็บตัวอย่าง (วัน) จะได้กราฟการ สลายตัวของสารพิษตกค้าง นำสมการของกราฟมาหาค่าครึ่งชีวิตการสลายตัวของสาร (half-life) และระยะเวลาที่ ต้องทิ้งไว้เพื่อให้สารสลายตัวก่อนการเก็บเกี่ยว (Pre-harvest Interval หรือ PHI) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะใช้ในการ ปรับปรุงผลจากการใช้วัตถุอันตรายชนิดนี้ในพืชตระกูลมะเขือ โดยที่มะเขือเปราะเป็นพืชที่นิยมปลูกมากที่สุดจึงใช้ เป็นตัวแทนของพืชตระกูลมะเขือได้ และเป็นข้อมูลเพื่อการพิจารณากำหนดค่า MRL ต่อไป

8. ระยะเวลาและสถานที่ทำการวิจัย

เวลาและสถานที่ : ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2555 – กันยายน 2558

แปลงมะเขือเปราะของเกษตรกร จำนวน 6 แปลง ได้แก่ จังหวัดนครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สระบุรี ราชบุรี และอ่างทอง ดังตารางที่ 1 วิเคราะห์สารพิษตกค้าง ณ ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรุงเทพฯ

ตารางที่ 1. สถานที่ทำแปลงทดลองและช่วงเวลาทำการทดลอง

แปลงที่	พืช	สถานที่ทำแปลงทดลอง	ช่วงที่ทำการทดลอง
1	มะเขือเปราะ Trial 1	ต.รางพิบูล อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	ธ.ค.2555 ถึง ม.ค.2556
2	มะเขือเปราะ Trial 2	ต.ตลิ่งชัน อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี	พ.ค. ถึง มิ.ย. 2556
3	มะเขือเปราะ Trial 3	ต.ทุ่งทอง อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี	พ.ย. ถึง ธ.ค. 2556
4	มะเขือเปราะ Trial 4	ต.ธารเกษม อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี	ก.พ. ถึง มี.ค. 2557
5	มะเขือเปราะ Trial 5	ต.น้ำพุ อ.เมือง จ.ราชบุรี	ม.ค. ถึง 17 ก.พ. 2558
6	มะเขือเปราะ Trial 6	ต.สีบัวทอง อ.แสวงหา จ.อ่างทอง	ก.ค. ถึง ส.ค. 2555

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ศึกษาปริมาณของสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือ เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง โดย ทดลองในแปลงมะเขือของเกษตรกร ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยได้ทำการทดลองในช่วงเดือน ธันวาคม 2555 ถึง เดือนมกราคม2556 แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ฉีดพ่นสารบูโพรพิซิน 40% W/V SC ตามอัตราแนะนำในมะเขือ คือ 25 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร อัตราใช้น้ำ 100 ลิตรต่อไร่ ส่วนการทดลองที่ 2 ไม่มีการฉีดพ่นสารเป็นแปลงเปรียบเทียบ แต่ละการทดลองทำ 3ซ้ำ พ่นสารรวม 3ครั้ง แต่ครั้งห่างกัน 7 วัน หลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างมะเขือไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซิน ที่ ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10,14 และ 21 วัน โดยใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโตกราฟฟี ณ ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัย วัตถุดิบพืชการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร การทำแปลงทดลองสารพิษตกค้างจากการใช้

วัตถุประสงค์รายทางการเกษตรชนิดบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ ทดลองในแปลงทดลองของเกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเปราะ จำนวน 6 แปลง หาปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซิน ในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาต่างๆ ภายหลังจากพ่นตามอัตราแนะนำที่ 25 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ในปริมาตร 100 ลิตรต่อไร่ และดำเนินการศึกษาในรูปแบบ Supervised Residue Field Trials (SRFT) ของ Codex Guidelines ผลการวิจัยประสิทธิภาพของการวิเคราะห์สารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1 และ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบร้อยละของสารที่ได้กลับคืน (% recovery) อยู่ในช่วงร้อยละ 84.8 – 105.4 อยู่ในเกณฑ์การยอมรับของห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้างในช่วงร้อยละ 70 – 110 โดยมีค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (LOQ) เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการวิจัยมีดังนี้

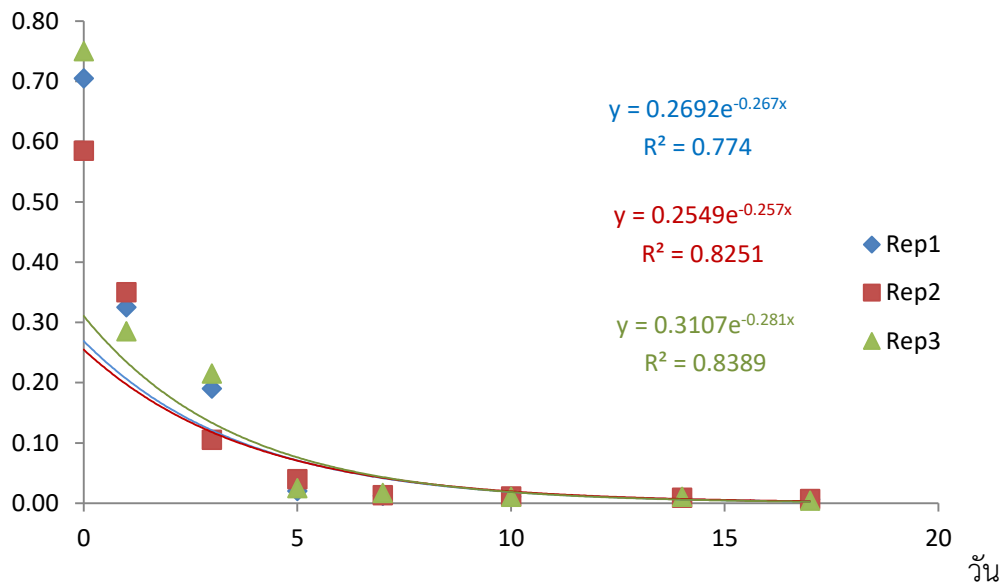
แปลงทดลองที่ 1 ตำบลรางพิบูล อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ราบ แสงแดดจัด ให้น้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง เก็บเกี่ยวผลผลิต 2-3 วันต่อครั้ง ผลการวิจัยพบปริมาณบูโพรพิซินตกค้างในมะเขือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.68, 0.32, 0.17, 0.03, 0.01, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน ภายหลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 2) และเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้าง (ดังแสดงในภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 1 จังหวัดนครปฐม

ระยะที่เก็บหลังการพ่นครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 1	เฉลี่ย Tr1 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	0.71	0.68
	2	0.59	
	3	0.75	
1	1	0.33	0.32
	2	0.25	
	3	0.39	
3	1	0.19	0.17
	2	0.11	
	3	0.22	
5	1	0.02	0.03
	2	0.04	
	3	0.03	
7	1	0.01	0.01
	2	0.01	
	3	0.01	
10	1	0.01	0.01
	2	0.01	
	3	0.01	
14	1	0.01	

	2	0.01	0.01
	3	0.01	

ปริมาณสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



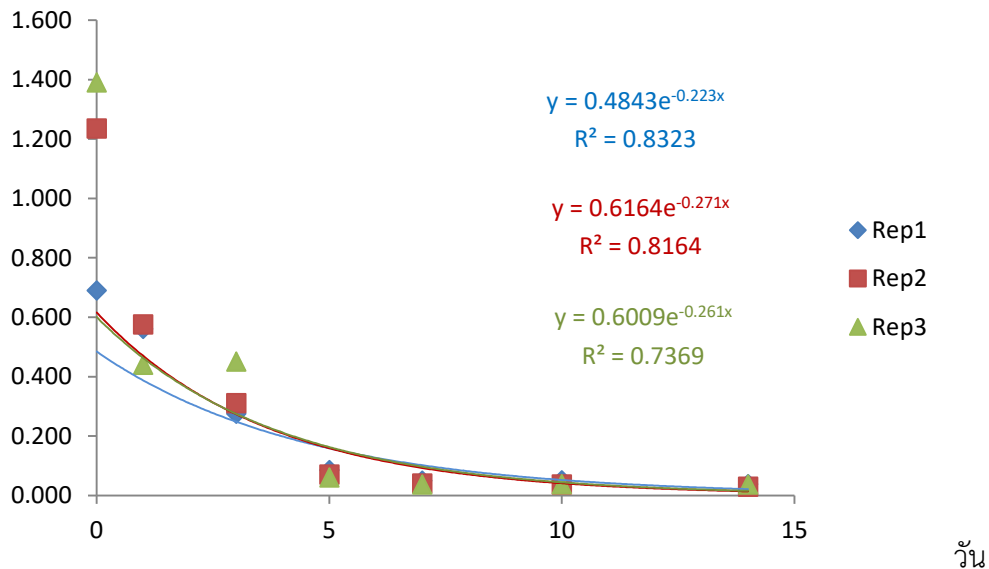
ภาพที่ 1 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซิน (mg/kg) ในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 1 อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

แปลงทดลองที่ 2 ตำบลลิงชั้น อำเภอมือง จังหวัดสุพรรณบุรี : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ยกร่องให้น้ำทุกวันๆ ละ 1-2 ครั้ง มีแสงแดดจัด อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 28-33 องศาเซลเซียส พบสารพิษตกค้าง บูโพรพิซินในมะเขือเปราะ พบเฉลี่ยเท่ากับ 1.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0 วัน แล้วค่อยๆ ลดลงเป็น 0.53, 0.35, 0.07, 0.04, 0.04 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน ภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ พบเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษนี้ เป็นไปดังสมการ $y = 0.484e^{-0.22x}$, $y = 0.616e^{-0.27x}$ และ $y = 0.600e^{-0.26x}$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.832, 0.816 และ 0.736 ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 3) และเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้าง (ดังแสดงในภาพที่ 2)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 2
จังหวัดสุพรรณบุรี

ระยะที่เก็บหลังการพ่น ครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 1	เฉลี่ย Tr2 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	0.69	1.11
	2	1.64	
	3	1.39	
1	1	0.56	0.53
	2	0.58	
	3	0.44	
3	1	0.28	0.35
	2	0.31	
	3	0.45	
5	1	0.09	0.07
	2	0.07	
	3	0.06	
7	1	0.05	0.04
	2	0.04	
	3	0.04	
10	1	0.04	0.04
	2	0.05	
	3	0.04	
14	1	0.04	0.03
	2	0.03	
	3	0.04	

ปริมาณสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



ภาพที่ 2 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซิน (mg/kg) ในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 2 อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

แปลงทดลองที่ 3 ตำบลทุ่งทอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็น

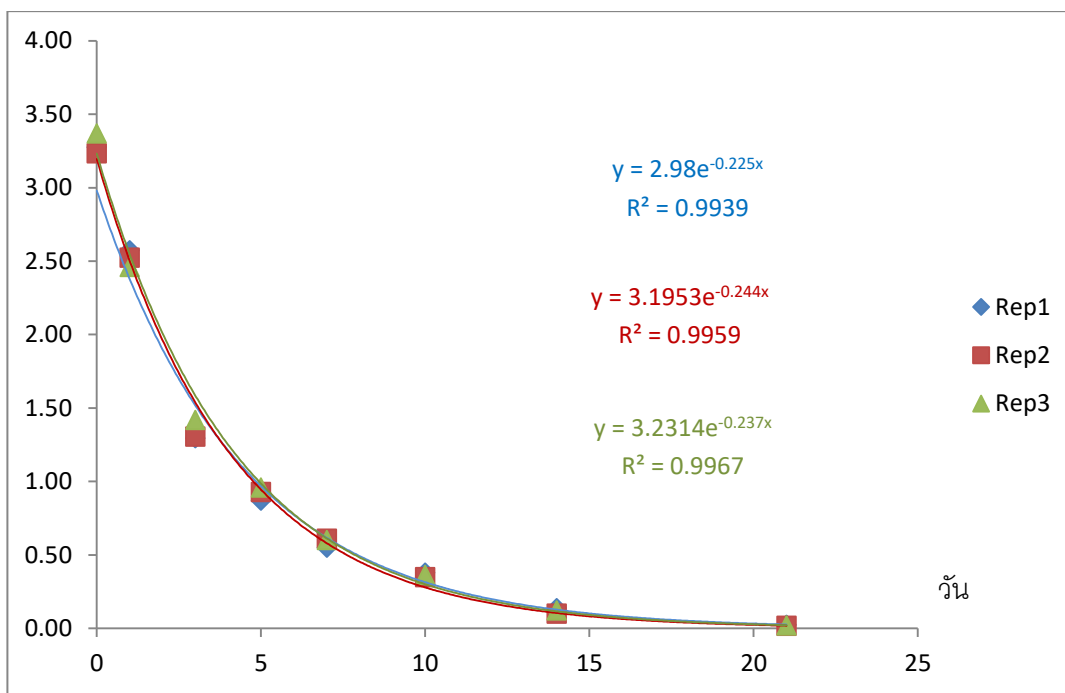
พื้นที่ราบ ให้น้ำทุกวันๆ ละ 1-2 ครั้ง มีแสงแดดจัด ไม่มีฝนตก อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 22-32 องศาเซลเซียส พบสารพิษตกค้าง บูโพรพิซินในมะเขือเปราะทุกตัวอย่างแต่ไม่พบในตัวอย่างควบคุม พบเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0 วัน แล้วค่อยๆ ลดลงเป็น 2.52, 1.34, 0.92, 0.59, 0.36, 0.12 และ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ พบเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษนี้ เป็นไปดังสมการ $y = 2.98e^{-0.225x}$, $y = 3.1953e^{-0.244x}$ และ $y = 3.2314e^{-0.237x}$ โดยมีค่า R^2 มากกว่า 0.99 ทั้ง 3 ซ้ำ (ดังแสดงในตารางที่ 4) และเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้าง (ดังแสดงในภาพที่ 3)

ตารางที่ 4 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 3
จังหวัดกาญจนบุรี

ระยะที่เก็บหลังการพ่น ครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 3	เฉลี่ย Tr3 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	3.28	3.29
	2	3.24	
	3	3.37	
1	1	2.58	2.52
	2	2.53	
	3	2.46	
3	1	1.30	1.34
	2	1.31	
	3	1.42	
5	1	0.87	0.92
	2	0.93	
	3	0.96	
7	1	0.55	0.59
	2	0.61	
	3	0.60	
10	1	0.38	0.36
	2	0.35	
	3	0.36	
14	1	0.14	0.12
	2	0.10	
	3	0.12	

21	1	0.03	0.02
	2	0.02	
	3	0.02	

ปริมาณสารพิษตกค้าง
(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



ภาพที่ 3 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรฟิซิน (mg/kg) ในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 3 อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี

แปลงทดลองที่ 4 ตำบลธารเกษม อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ราบดินร่วนปนทราย ให้น้ำทุกวัน วันละครั้ง มีแสงแดดจัด อากาศค่อนข้างเย็นในตอนกลางคืนและค่อนข้างร้อนในเวลากลางวันที่ระดับ 20 – 35 องศาเซลเซียส พบสารพิษตกค้าง บูโพรฟิซิน ในมะเขือเปราะ เฉลี่ยเท่ากับ 3.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0 วัน แล้วค่อยๆ ลดลงเป็น 1.80, 0.74, 0.19, 0.02, 0.02, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วันภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ พบเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษนี้ มีการสลายตัวและปริมาณมีแนวโน้มลดลงเมื่อถึงระยะเก็บมากขึ้น และเป็นไปดังสมการ $y = 1.0351e^{-0.29x}$, $y = 1.2081e^{-0.325x}$ และ $y = 1.1372e^{-0.317x}$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8095, 0.7876

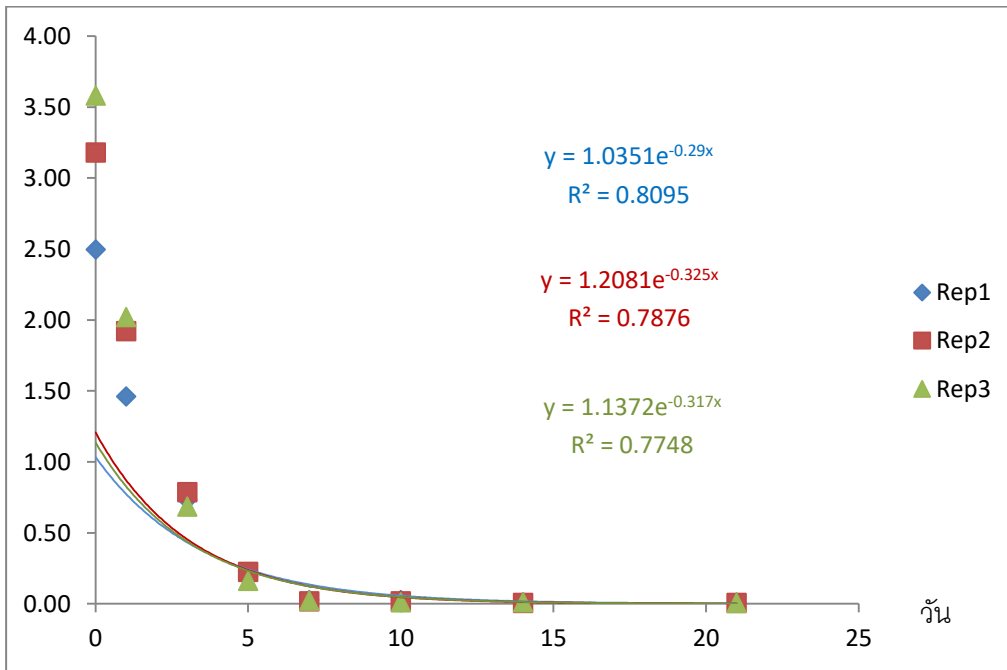
และ 0.7748 จากตัวอย่างมะเขือเปราะที่เก็บจากแปลงทดลองซ้ำที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 5) และเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้าง (ดังแสดงในภาพที่ 4)

ตารางที่ 5 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 4 จังหวัดสระบุรี

ระยะที่เก็บหลังการพ่น ครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 4	เฉลี่ย Tr4 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	2.50	3.09
	2	3.18	
	3	3.58	
1	1	1.46	1.80
	2	1.92	
	3	2.02	
3	1	0.74	0.74
	2	0.79	
	3	0.69	
5	1	0.19	0.19
	2	0.23	
	3	0.16	
7	1	0.03	0.02
	2	0.02	
	3	0.02	
10	1	0.03	0.02
	2	0.02	
	3	0.01	
14	1	0.01	0.01
	2	0.01	

	3	0.01	
21	1	0.01	0.01
	2	0.01	
	3	0.01	

ปริมาณสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



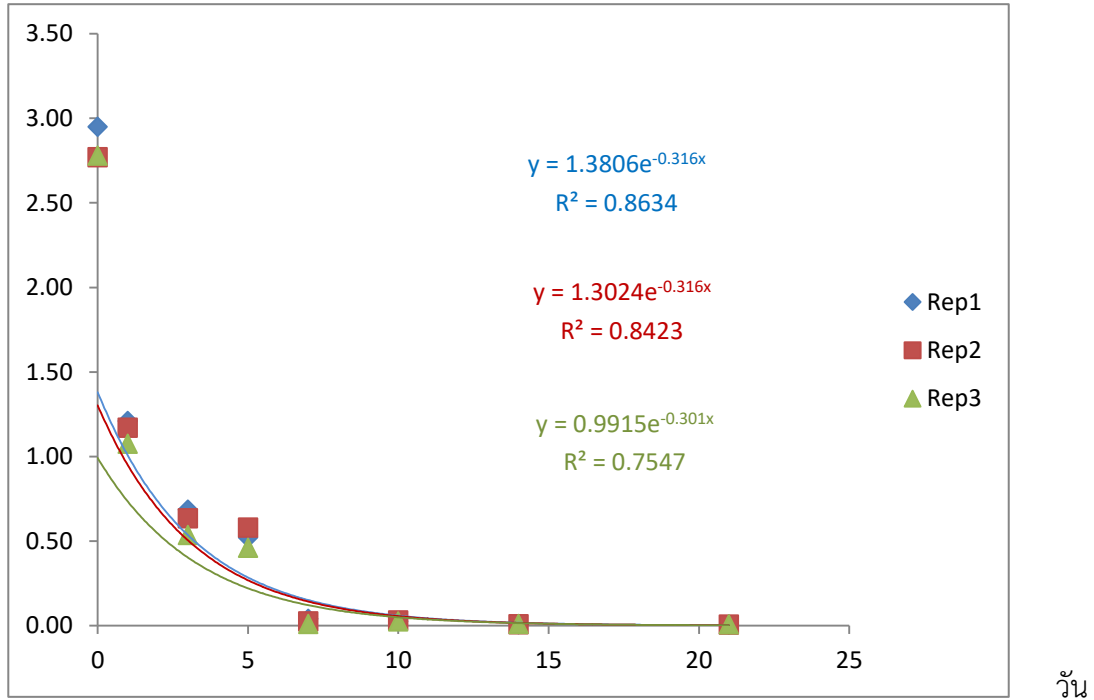
ภาพที่ 4 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซิน (mg/kg) ในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 4 อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี

แปลงทดลองที่ 5 ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นราบให้น้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง แสงแดดจัด หลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างมะเขือไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซิน ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ผลการวิจัย ในแปลงทดลองที่ จ.ราชบุรี พบปริมาณสารบูโพรพิซิน ตกค้างในมะเขือมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.83, 1.15, 0.62, 0.52, 0.03, 0.03, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ภายหลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 6) และเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้าง (ดังแสดงในภาพที่ 5)

ตารางที่ 6 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 5
จังหวัดราชบุรี

ระยะที่เก็บหลังการพ่น ครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 5	เฉลี่ย Tr5 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	2.95	2.83
	2	2.77	
	3	2.78	
1	1	1.21	1.15
	2	1.17	
	3	1.08	
3	1	0.69	0.62
	2	0.64	
	3	0.54	
5	1	0.52	0.52
	2	0.58	
	3	0.46	
7	1	0.04	0.03
	2	0.03	
	3	0.03	
10	1	0.02	0.02
	2	0.03	
	3	0.01	
14	1	0.01	0.01
	2	0.01	
	3	0.01	
21	1	0.01	0.01
	2	0.01	
	3	0.01	

ปริมาณสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



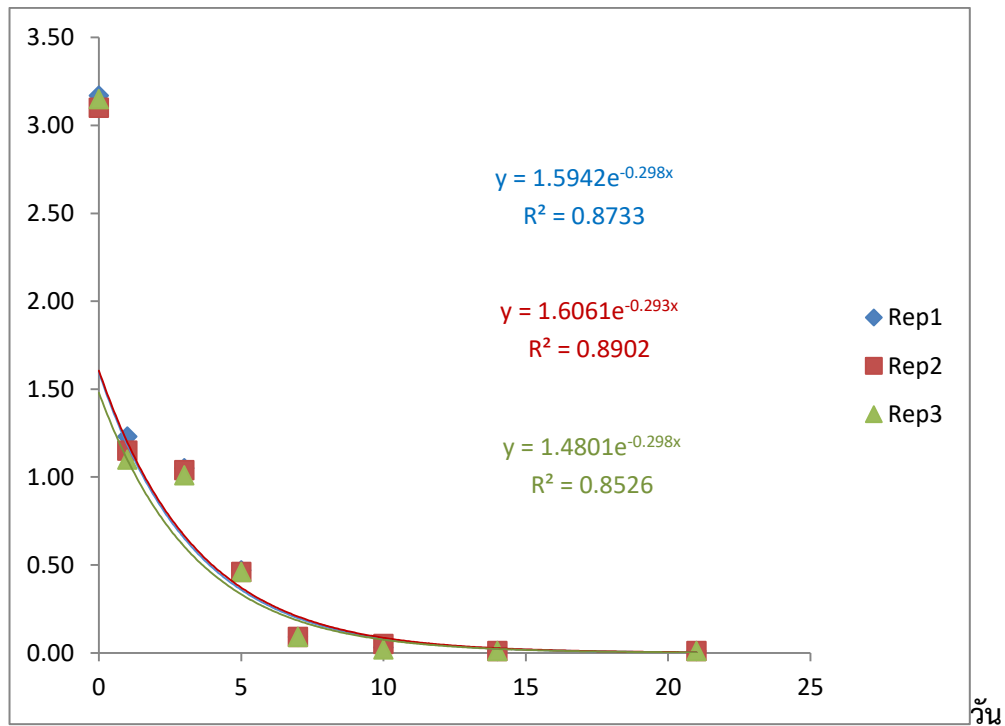
ภาพที่ 5 ปริมาณสารพิษตกค้างสารบูโพรพีซีน (mg/kg) ในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 5 อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

แปลงทดลองที่ 6 ตำบลธารสีบัวทอง อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง : ลักษณะพื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่ร่องน้ำ ดินร่วนแบบระบบน้ำหยด ให้น้ำทุกวัน วันละครั้ง มีแสงแดดจัด อากาศค่อนข้างเย็นในตอนกลางคืนและค่อนข้างร้อนในเวลากลางวันที่ระดับ 25 – 35 องศาเซลเซียส หลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างมะเขือไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างสารบูโพรพีซีน ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ผลการวิจัยพบสารพิษตกค้าง บูโพรพีซีน ในมะเขือเปราะ เฉลี่ยเท่ากับ 3.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 0 วัน แล้วค่อยๆ ลดลงเป็น 1.16, 1.03, 0.46, 0.09, 0.03, 0.01 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ พบเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษนี้ มีการสลายตัวและปริมาณมีแนวโน้มลดลงเมื่อที่ระยะเวลาเก็บมากขึ้น และเป็นไปดังสมการ $y = 1.594e^{-0.29x}$, $y = 1.606e^{-0.295x}$ และ $y = 1.480e^{-0.29x}$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.873, 0.890 และ 0.852 จากตัวอย่างมะเขือเปราะที่เก็บจากแปลงทดลองซ้ำที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 7) และเส้นแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้าง (ดังแสดงในภาพที่ 6)

ตารางที่ 7 ปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรพิซินในมะเขือเปราะ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากแปลงทดลองที่ 6
จังหวัดอ่างทอง

ระยะที่เก็บหลังการพ่น ครั้งสุดท้าย (วัน)	Rep	Trial 6	เฉลี่ย Tr6 (mg/kg)
0 (2 ชั่วโมง)	1	3.17	3.14
	2	3.10	
	3	3.15	
1	1	1.23	1.16
	2	1.15	
	3	1.10	
3	1	1.05	1.03
	2	1.04	
	3	1.01	
5	1	0.47	0.46
	2	0.46	
	3	0.46	
7	1	0.09	0.09
	2	0.09	
	3	0.09	
10	1	0.03	0.02
	2	0.05	
	3	0.02	
14	1	0.01	0.01
	2	0.01	
	3	0.01	
21	1	0.01	0.01
	2	0.01	
	3	0.01	

ปริมาณสารพิษตกค้าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



ภาพที่ 6 ปริมาณสารพิษตกค้างสารบูโพรฟิซีน (mg/kg) ในมะเขือเปราะที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวต่างๆ ในแปลงทดลองที่ 6 อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง

นอกจากนี้ยังได้สำรวจชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในมะเขือเปราะซึ่งสำรวจจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ คือสำรวจมะเขือเปราะในปี พ.ศ. 2556 จาก 37 จังหวัด รวม 58 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 24 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 41.4 พบสารพิษตกค้าง 6 ชนิด ได้แก่ cypermethrin, chlorpyrifos, ethion, l-cyhalothrin, profenofos และ endosulfan คิดเป็นร้อยละ 22.4, 17.2, 12.1, 1.7, 1.7 และ 1.7 ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 8) 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 9) 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 10) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MRL ที่กำหนดไว้ในมะเขือ (Japan MRL กำหนดไว้ในมะเขือ เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบว่าปริมาณสารพิษตกค้างส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

ตารางที่ 8 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 9 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 10 สรุปผลการสำรวจสารพิษตกค้างในมะเขือเปราะจำนวน 50 ตัวอย่าง ปี พ.ศ. 2558

สารพิษที่พบ	จำนวนตัวอย่างที่ ตรวจพบ	ร้อยละของ ตัวอย่างทั้งหมด	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

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างของบูโพรฟิซิน ในมะเขือเปราะ จำนวน 6 แปลง ในจังหวัดนครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สระบุรี ราชบุรี และอ่างทอง พ่นสารบูโพรฟิซิน รวม 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน หลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างพืชสมุนไพรไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างบูโพรฟิซิน ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 และ 21 วัน โดยใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโตกราฟีด้วยเครื่อง GC-MSD ผลการวิจัยพบปริมาณบูโพรฟิซินตกค้างในมะเขือเปราะ ต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในระยะเวลาภายหลังการพ่นสารเพียง 5-7 วัน ยกเว้น ในแปลงที่ 3 ต้องทิ้งระยะเวลาการพ่น 14 วัน แม้จะตรวจพบสารพิษตกค้างในปริมาณต่ำ แต่ต้องทิ้งระยะเก็บเกี่ยวไว้ 10 วัน เพื่อความปลอดภัยในการบริโภค นอกจากนี้ยังได้สำรวจตัวอย่างมะเขือเปราะ จากแหล่งจำหน่ายต่างๆ ทั่วประเทศ จำนวน 168 ตัวอย่าง ผลปรากฏว่า ตรวจพบสารพิษตกค้างจำนวน 70 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 41.6 ตรวจพบสารพิษตกค้าง 16 ชนิด ได้แก่ cypermethrin, chlorpyrifos, ethion, l-cyhalothrin, profenofos, endosulfan, methomyl, carbofuran, lambda-cyhalothrin, deltamethrin, methidathion, diazinon, carbaryl, triazophos, promecarb และ pyridaben แต่ตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง บูโพรฟิซิน ในทุกตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่า MRL ที่กำหนดไว้ในมะเขือ (Japan MRL กำหนดไว้ในมะเขือ เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พบว่าปริมาณสารพิษตกค้างส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) ได้ข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ โดยประเมินจากข้อมูลการทดลองศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้าง เพื่อประโยชน์ต่อการควบคุมคุณภาพสินค้าเกษตรและตรวจสอบคุณภาพการอำนวยความสะดวกทางการค้า และการคุ้มครองผู้บริโภค นอกจากนี้ยังนำไปใช้เป็นเกณฑ์การพิจารณาออกใบรับรองแปลง GAP (Good Agricultural Practice) ให้กับเกษตรกรที่ผลิตตามหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมที่กรมวิชาการเกษตรรับรองอีกด้วย

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

3) เสนอข้อมูลไปพิจารณากำหนดมาตรฐานสารพิษตกค้างร่วมกับประเทศสมาชิกอาเซียน เพื่อกำหนดค่า ASEAN MRL สำหรับการซื้อขายสินค้านำเข้าระหว่างประเทศอาเซียนและสำหรับประเทศสมาชิกอาเซียนที่ไม่มีค่า MRL ในประเทศของตน

4) เสนอข้อมูลไปพิจารณากำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศด้านสารพิษตกค้าง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับสินค้า เพื่อการคุ้มครองสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค และทำให้เกิดความเป็นธรรมด้านการค้าสินค้าเกษตร

5) จากการตรวจวิเคราะห์ติดตามสถานการณ์ ของสารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่ทดลอง ที่สุ่มเก็บตัวอย่างจากแหล่งจำหน่ายต่าง ๆ ของประเทศ ทำให้ทราบข้อมูลสารพิษตกค้างในพืช เพื่อการพิจารณากำหนดค่า MRL และสามารถเผยแพร่เพื่อเตือนภัยสำหรับเกษตรกรในการเลือกใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร และผู้บริโภคได้ทราบถึงความเสี่ยงในการบริโภค

6) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการสารพิษตกค้างและการสร้างความปลอดภัยต่อสุขภาพของประชาชนในด้านการผลิตพืช

11. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553. (พิมพ์ครั้งที่ 17)

เอกสารวิชาการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืชแบบรายปี 2556. ระบบสารสนเทศการผลิต

ทางด้านเกษตร Online : http://production.doae.go.th/report/report_main2.php

กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553. เอกสารวิชาการ

เกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

ประภัสสร พิมพ์พันธุ์ และคณะ. 2547. การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลการเกษตรเพื่อกำหนดค่า

ปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL). ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2547 เล่มที่ 1.

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 138–162.

สุรัชย์ มัจฉาชีพ. 2535. พืชเศรษฐกิจในประเทศไทย. สำนักพิมพ์แพรวพิทยา กรุงเทพฯ. 276 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2557. ร่างมาตรฐานสินค้าเกษตร การจัดกลุ่มสินค้าเกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการต่อร่างมาตรฐานสินค้าเกษตร, 2 กันยายน 2557 กรุงเทพฯ. 105 หน้า.

สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ กรุงลอนดอน. 2556. ปัญหาการนำเข้าสินค้าผักสดจากไทยมายังสหราชอาณาจักรและสหภาพยุโรป. กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 6 หน้า.

DG SANCO. 2014. EU Pesticide Database. http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index

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 46th, Nanjing, P.R.China. 263 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

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. buprofezin Data Sheet. <http://www.alanwood.net/pesticides/buprofezin.html>