

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2562

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจสอบเพื่อการรับรองมาตรฐานปัจจัยการผลิตและสินค้าพืช
2. **โครงการวิจัย** : การศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลไม้และผัก
กิจกรรม : การศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างในผักใบตระกูลกะหล่ำ เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างของอะซอกซิสโตรบิน (azoxystrobin) ในคะน้า เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Pesticide Residue Trial of Azoxystrobin in Chinese Kale to Establish Maximum Residue Limit (MRL)

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นางสาววิชุดา ควรหัตร์	สังกัดกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน	นางสาววาเลนไทน์ เจือสกุล นางสาวชนิตา ทองแซม	สังกัดกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างของอะซอกซิสโตรบิน (azoxystrobin) ในคะน้า ใช้อัตราอันตรายตามหลักวิธีปฏิบัติทางเกษตรที่ดีและเหมาะสม (Good Agricultural Practice; GAP) โดยทำการทดลองในพื้นที่ของเกษตรจังหวัดสระบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี ระหว่างปี พ.ศ. 2560-2562 จำนวน 6 แปลงทดลอง ในการทดลองแต่ละครั้ง วางแผนการทดลองแบบ supervised residue trials ตามหลักเกณฑ์ Codex Guidelines ซึ่งประกอบด้วย 2 แปลงย่อย คือ แปลงควบคุม (untreated plot) ซึ่งไม่มีการพ่นสาร และแปลงที่พ่นสาร (treated plot) ตามอัตราแนะนำ โดยการพ่น azoxystrobin 25% W/V SC ในอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่นสาร 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน และอัตราการใช้น้ำ 120 ลิตรต่อไร่ แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างคะน้า ภายหลังจากพ่นสารครั้งสุดท้าย ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างของ azoxystrobin โดยใช้เครื่อง LC-MS/MS พบว่า แปลงควบคุม (untreated plot) ซึ่งไม่มีการพ่นสาร ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างในทุกตัวอย่างของแปลงทดลอง ส่วนแปลงที่พ่นสาร (treated plot) ตามอัตราแนะนำ สำหรับแปลงทดลองที่ 1 มีปริมาณสารพิษตกค้างเท่ากับ 1.18, 0.89, 0.18, 0.08, 0.02, 0.01 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ แปลงทดลองที่ 2 เท่ากับ 2.54, 1.36, 0.25, 0.08, 0.04, 0.02 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แปลงทดลองที่ 3 เท่ากับ 2.21, 0.93, 0.18, 0.06, 0.02, <0.01 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แปลงทดลองที่ 4 เท่ากับ 4.22, 1.02, 0.70, 0.19, 0.06, 0.01 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลาเดียวกับแปลงทดลองที่ 1 แปลงทดลองที่ 5 เท่ากับ 1.83, 0.55, 0.06, 0.04, 0.03 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7 และ 10 หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย

สุดท้าย ตามลำดับ แต่ไม่พบ azoxystrobin ตกค้างที่ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย และแปลงทดลองที่ 6 เท่ากับ 3.19, 0.50, 0.17, 0.05 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5 และ 7 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ และไม่พบ azoxystrobin ตกค้างที่ 10 และ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย

Abstract

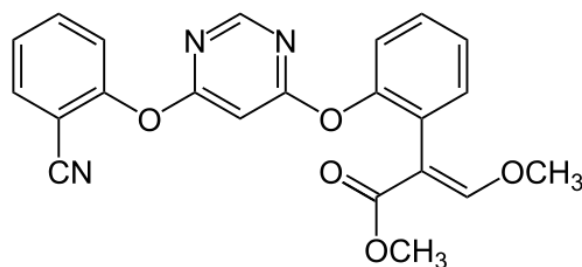
The study on the fate of azoxystrobin residues in Chinese kale using of the pesticide according to Good Agricultural Practices (GAP) was conducted through supervised field trials completed in accordance with the Codex Guidelines. The six field trials of azoxystrobin in Chinese kale were performed in Saraburi, Nakhon Pathom, Supan Buri and Kanchanaburi Provinces during 2017-2019. Chinese kale of a treated plot was sprayed with azoxystrobin 25% W/V SC at recommended dose (10 mL/20 L of water) and 120 L of water/rai to compare with an untreated plot (not sprayed). Each of field trial was done 3 applications of spraying in every 7 days. After the last application, Chinese kale samples were collected and analyzed for azoxystrobin residues at 0, 1, 3, 5, 7, 10 and 14 days by using LC-MS/MS. The results showed that the untreated plots were not found azoxystrobin residue at all but the treated plots were found it all field trials. The residues for the field trial no. 1 and 2 were 1.18, 0.89, 0.18, 0.08, 0.02, 0.01, <0.01 mg/kg and 2.54, 1.36, 0.25, 0.08, 0.04, 0.02, <0.01 mg/kg at 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 days after last application, respectively. In the same way, the field trial no. 3 and 4 were found 2.21, 0.93, 0.18, 0.06, 0.02, <0.01, <0.01 mg/kg and 4.22, 1.02, 0.70, 0.19, 0.06, 0.01, <0.01. mg/kg at 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14 days after last application, respectively. Moreover, the field trial no. 5 were found azoxystrobin residues in Chinese kale amount 1.83, 0.55, 0.06, 0.04, 0.03, <0.01 mg/kg at 0, 1, 3, 5, 7, 10 days after last application, respectively and not found it at 14 days after last application. Finally, the field trial no. 6 were found azoxystrobin residues in Chinese kale amount 3.19, 0.50, 0.17, 0.05, 0.01 mg/kg at 0, 1, 3, 5, 7 days after last application, respectively and not found it at 10 and 14 days after last application.

6. คำนำ

คะน้า (Chinese kale) เป็นพืชในตระกูลกะหล่ำ จัดอยู่ในวงศ์ Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica alboglabra* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย และปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศจีน ฮองกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทย เป็นต้น คะน้าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย นิยมปลูกทั่วทุกภาคในประเทศไทย จากข้อมูลของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร รายงานสถานการณ์การปลูกคะน้ารายจังหวัด ปี 2559 ว่า คะน้าปลูกทั้งหมด 72 จังหวัด มีเนื้อที่ปลูกทั้งสิ้น 55,723 ไร่ ผลผลิตรวม 70,152 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,182 ล้านบาท (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2560) ปลูกเพื่อบริโภคส่วนใบและลำต้น เป็นผักอายุ 2 ปี แต่ปลูกเป็นผักอายุปีเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ด จนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม

ถึงเมษายน ในการปลูกคะน้ามักประสบปัญหาแมลงเข้าทำลาย แมลงศัตรูคะน้าที่สำคัญ ได้แก่ หนอนใยผัก (diamond-back moth) หนอนกระทู้หอม (beet armyworm) หนอนกระทู้ผัก (common cutworm) หนอนคืบกะหล่ำ (cabbage looper) หนอนเจาะยอดกะหล่ำ (cabbage webworm) หนอนแมลงวันชอนใบกะหล่ำ (serpentine leaf miner) และด้วงหมัดแถบลาย (striped flea-beetle) เป็นต้น แต่ก็มียาหลายชนิดที่ขึ้นทะเบียนแล้ว ใช้สำหรับป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคะน้า เช่น อะบาเมกติน 1.8% W/V EC (อบาเบส) สไปนีโทแรม 12% W/V SC (เอ็กซอล) และคลอร์ฟิनाเพอร์ 10% W/V SC (แรมเพจ) เป็นต้น (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553 และกลุ่มบริหารศัตรูพืช, 2557) นอกจากนี้แมลงที่เป็นศัตรูคะน้าแล้ว ยังพบว่า สิ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อคะน้าทั้งปริมาณและคุณภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ปัญหาเรื่องโรคพืช ซึ่งโรคพืชที่มักพบบ่อยในคะน้านั้นคือ โรคใบจุด (leaf spot disease) เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. ใบแก่และก้านที่อยู่ตอนล่างของลำต้นมักจะเป็นโรคนี้นี้มาก เกิดเป็นแผลจุดเล็กๆ สีเหลือง ต่อมาขยายใหญ่ขึ้น สีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ แผลมีลักษณะเป็นวงค่อนข้างกลมเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ โรคนี้นี้ที่มักพบบ่อยในคะน้า เนื่องจากสปอร์สามารถแพร่กระจายไปตามลม น้ำ แมลง สัตว์มนุษย์ และติดไปกับเครื่องมือได้ โรคนี้นี้ระบาดมากในช่วงฤดูฝนหรือในระยะเวลาที่มีความชื้นสูง สภาพอากาศร้อนชื้น และรานี้สามารถติดไปกับเมล็ดพันธุ์ในลักษณะ seed – borne (กลุ่มวิจัยโรคพืช, 2552) สำหรับแนวทางการป้องกันและกำจัดโรคใบจุดในคะน้า คือ ให้พ่นอะซอกซิสโตรบิน 25% W/V SC ในอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ตามคู่มือการใช้เลือกใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร (อรพรรณ, 2552) อะซอกซิสโตรบิน 25% W/V SC ใช้ในการป้องกันและกำจัดโรคใบจุดดำที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* ในลำใย และโรคใบจุดหรือโรคใบเหี่ยวม่วงที่เกิดจากเชื้อ *Cercospora asparagi* Sacc. ในหน่อไม้ฝรั่ง

อะซอกซิสโตรบิน (azoxystrobin) มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1 เป็นสารป้องกันกำจัดโรคพืชประเภทดูตซิมที่ออกฤทธิ์กำจัดโรคพืชได้กว้างขวาง โดยจะไปยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (electron transport) หรือยับยั้งลูกโซ่การหายใจที่เกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย (mitochondrial respiration) ของเชื้อราสามารถป้องกันกำจัดโรคที่เกิดจากเชื้อราได้หลายกลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม *Ascomycota Deuteromycota Basidiomycota* และ *Oomycota* เป็นต้น azoxystrobin มีความเป็นพิษต่อหนูอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อทดสอบทั้งทางปาก ผิวหนัง และการหายใจ และทำให้เกิดระคายเคืองต่อตาและผิวหนังของกระต่ายเล็กน้อย สำหรับการกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit; MRL) และระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย (Pre Harvest Interval; PHI) จะพิจารณาตามคำจำกัดความสารพิษตกค้างของโคเด็กซ์ (Codex residue definition) คือ For compliance with MRL and estimation of dietary intake for plant and animal commodities: azoxystrobin ซึ่งจะรายงานผลในรูปของ azoxystrobin นั้นเอง (JMPR, 2008a and 2008b)



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของอะซอกซีสโตรบิน (azoxystrobin)

ที่มา: JMPR, 2008a

ถึงแม้ว่าความเป็นพิษ azoxystrobin จะอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แต่ความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญ ประกอบกับประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดค่า MRL ของ azoxystrobin ในค่าน้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาการสลายตัวของ azoxystrobin ในค่าน้ำ เพื่อให้มีข้อมูลสารพิษตกค้างของ azoxystrobin ในค่าน้ำ สำหรับพิจารณา กำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในค่าน้ำของประเทศไทย (Thai MRL) และกำหนดระยะเวลาที่ปลอดภัยในการเก็บเกี่ยว (Pre Harvest Interval; PHI)

7. วิธีดำเนินการ

7.1 อุปกรณ์

7.1.1 เครื่องพ่นวัตถุที่มีพิษทางการเกษตรด้วยมอเตอร์แบบเครื่องยนต์สะพายหลัง (motorized knapsack sprayer) และอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE)

7.1.2 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในแปลงทดลอง ได้แก่ ป้ายปักแปลง เชือกฟาง หมุดหัวน็อต นาฬิกาจับเวลา เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิตอล เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (data logger) กระดาษวัดค่า pH (universal test paper) กระจกตวงพลาสติกขนาด 1-2 ลิตร ถังน้ำขนาด 100 ลิตร จอบ ถังเก็บตัวอย่าง และกล่องโฟม

7.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 5 ตำแหน่ง เครื่องบดตัวอย่าง (food processor) เครื่องผสมตัวอย่าง (vortex mixer) เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ตู้แช่แข็ง (deep freezer) และเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างชนิด Liquid Chromatography equipped with Tandem Mass Spectrometer (LC-MS/MS) ยี่ห้อ Agilent Technologies, LC รุ่น 1290 infinity, MS/MS รุ่น 6410 Triple Quad และคอลัมน์ Kinetex 2.6 μm XB-C18 100 Å, size 100 x 2.1 mm

7.1.4 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ บีกเกอร์ (beaker) ขวดปริมาตร (volumetric flask) หลอดปั่น (centrifuge tube) ขนาด 15 และ 50 มิลลิลิตร ตัวกรองสำหรับกระบอกฉีดยา (syringe filter) ชนิด PTFE ขนาด 0.20 ไมโครเมตร กระบอกฉีดยา (syringe) อุปกรณ์ดูด-จ่ายสารละลายระดับไมโครลิตร (micropipette) ชุดกรองสารละลาย (filtration assembly) และ auto sampler vial

7.1.5 วัตถุที่มีพิษทางการเกษตรที่ใช้พ่น คือ azoxystrobin 25% W/V SC (ชื่อการค้า อมิस्ता)

7.1.6 สารมาตรฐาน azoxystrobin ความบริสุทธิ์ 99.23% (Dr. Ehrenstorfer)

7.1.7 สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ acetonitrile (ACN), anhydrous magnesium sulfate (MgSO_4), sodium chloride (NaCl), tri-sodium citrate dihydrate ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), di-sodium hydrogencitrate sesquihydrate ($\text{C}_6\text{H}_6\text{Na}_2\text{O}_7 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$), primary secondary amine (PSA), carbon SPE bulk sorbent (GCB), ammonium formate (NH_4HCO_2) formic acid (HCO_2H) และไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen)

7.2 วิธีการ

7.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง

7.2.1.1 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (method validation) ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่างค่น้ำจากแปลงทดลอง ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของ azoxystrobin ในค่น้ำ ตัวที่บ่งชี้ความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์ (accuracy) นั่นคือ การหาเปอร์เซ็นต์การกลับคืน (%recovery) โดยการเติมสารมาตรฐานลงในตัวอย่างค่น้ำ (fortified sample) ที่ไม่มีสารพิษตกค้างของ azoxystrobin ซึ่งศึกษา %recovery ที่ระดับความเข้มข้น 0.005 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 10 ซ้ำ และความเข้มข้น 0.02, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ แล้วสกัดสารพิษตกค้างในค่น้ำที่เติมสารมาตรฐานลงไปโดยวิธีวิเคราะห์ QuEChERS Method (EN 15662, 2008)

7.2.1.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง

1) ชั่งตัวอย่างค่น้ำป่นละเอียด ตัวอย่างละ 10 ± 0.10 กรัม ใส่ centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม acetonitrile จำนวน 10 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่าด้วย vortex mixer 1 นาที

2) เติม anhydrous magnesium sulfate 4.00 กรัม sodium chloride 1.00 กรัม tri-sodium citrate dihydrate 1.00 กรัม และ di-sodium hydrogencitrate sesquihydrate 0.50 กรัม ลงในตัวอย่าง ปิดฝาแล้วเขย่าทันทีด้วย vortex mixer 1 นาที

3) นำไป centrifuge ที่ความเร็วรอบ 3,500 rpm นาน 5 นาที

4) กำจัดสิ่งปนเปื้อน (dispersive-SPE clean up) โดยใช้ micropipette ดูดสารละลายส่วนใส (ส่วนบน) ของตัวอย่างจำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน centrifuge tube ขนาด 15 มิลลิลิตร เติม primary secondary amine 0.125 กรัม anhydrous magnesium sulfate 0.75 กรัม และ carbon SPE bulk sorbent 0.45 กรัม ปิดฝาแล้วเขย่าทันทีด้วย vortex mixer 1 นาที

5) นำไป centrifuge ที่ความเร็วรอบ 3,500 rpm นาน 5 นาที

6) กรองสารละลายส่วนใส (ส่วนบน) ผ่าน syringe ที่ต่อกับ PTFE syringe filter ขนาด 0.20 ไมโครเมตร ใส่ลงในขวด auto sampler vial แล้วจึงนำไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง azoxystrobin ในตัวอย่างค่น้ำด้วยเครื่อง LC-MS/MS

7.2.1.3 เตรียมสารละลายมาตรฐานของความเข้มข้นที่ระดับ 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปรับปริมาตรด้วยสารละลายจากการสกัดตัวอย่างค่น้ำ (matrix) ซึ่งใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

เมื่อ C_1 = ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้น C_2 = ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการเตรียม

V_1 = ปริมาตรของสารละลายตั้งต้น V_2 = ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการเตรียม

7.2.1.4 สภาพะการทำงานของเครื่อง LC-MS/MS มีรายละเอียดดังนี้

การตั้งสภาวะสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS/MS

LC Parameter	Condition
Injection volume (μL)	1.00
Column type	Kinetex 2.6 μm XB-C18 100 \AA , size 100 x 2.1 mm
Column temperature ($^{\circ}\text{C}$)	40
Mobile phase A	5mM ammonium formate in water + 0.01% formic acid
Mobile phase B	acetonitrile (ACN)
Mobile phase flow rate (mL/min)	0.30
Total run time (min)	8.00
Post time (min)	1.00
MS QQQ Parameter	Value
Ion source	ESI, positive mode
Gas temperature ($^{\circ}\text{C}$)	350
Gas flow rate (L/min)	10
Nebulizer (psi)	45
Capillary (V)	3,500
Delta EMV	200

อัตราส่วนของ mobile phase ที่ใช้

Time (min)	Mobile phase A (%)	Mobile phase B (%)
0	40	60
2	40	60
4	2	98
6	2	98
7	40	60
8	40	60

รายละเอียดการตั้งค่า MS/MS

Compound name	Precursor ion	Product ion	Dwell time	Fragmentor (V)	Collision energy (V)	Cell accelerator voltage (V)
azoxystrobin	404	372	50	100	15	7
	404	344	50	100	25	7
	404	329	50	100	35	7

7.2.2 การทำแปลงทดลอง

7.2.2.1 สํารวจแปลงเกษตร และเลือกพื้นที่ทำแปลงทดลอง จำนวน 6 แปลง โดยแต่ละแปลงทดลองดำเนินการในพื้นที่และเวลาที่ต่างกันดังนี้

แปลงทดลองที่ 1 ต.เขาดินพัฒนา อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี เดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 2560

แปลงทดลองที่ 2 ต.มาบแค อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม เดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม 2560

แปลงทดลองที่ 3 ต.มาบแค อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม เดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 2561

แปลงทดลองที่ 4 ต.จรเข้สามพัน อ.อุทอง จ.สุพรรณบุรี เดือนมีนาคมถึงเมษายน 2561

แปลงทดลองที่ 5 ต.ธรรมศาลา อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม เดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม 2562

แปลงทดลองที่ 6 ต.ท่าม่วง อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี เดือนเมษายนถึงพฤษภาคม 2562

แต่ละแปลงทดลองมีระยะทางห่างกันไม่น้อยกว่า 30 กิโลเมตร พื้นที่ของแปลงย่อยที่ทำการทดลองต่างกัน ให้ผลผลิตเพียงพอต่อการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย

7.2.2.2 วางแผนการศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในแปลงทดลองแบบ Supervised Residue Trial ตามหลักเกณฑ์ Codex guidelines (พืศาล, 2551 และ Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016) ซึ่งประกอบด้วย 2 แปลงย่อย คือ แปลงที่ไม่มีการพ่นสาร (untreated plot) ใช้เป็นแปลงควบคุม และแปลงที่พ่นสาร (treated plot) ตามอัตราแนะนำ (อรพรรณ, 2552) โดยการพ่น azoxystrobin 25% W/V SC ในอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร พ่น 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน และอัตราการใช้น้ำ 120 ลิตรต่อไร่ (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553) ซึ่งเท่ากับ 15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และระยะห่างระหว่าง treated plot กับ untreated plot ต้องอย่างน้อย 30 เมตร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนระหว่างการพ่น

7.2.2.4 ปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

1) สอบเทียบอัตราการไหลของเครื่องพ่น (calibrated discharge rate) ก่อนทำการทดลองเพื่อนำไปคำนวณเวลาที่ใช้ในการพ่น (target time) และทดสอบจังหวะการเดินของผู้พ่น (speed calibration) ได้แก่ เดินขณะไม่มีอุปกรณ์พ่นสาร เดินพร้อมอุปกรณ์พ่นสาร และเดินพ่นน้ำ จนได้เวลาตามที่กำหนด เพื่อควบคุมการพ่นให้มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง

2) ตรวจสอบสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิและค่า pH ของน้ำ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ อุณหภูมิดิน เก็บดินเพื่อส่งตรวจวิเคราะห์ และวัดความเร็วลม

3) เริ่มพ่น azoxystrobin ครั้งแรก เมื่อค่น้ำอายุ 14-20 วัน แล้วพ่นซ้ำอีก 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน โดยใช้เครื่องพ่นวัตถุมีพิษทางการเกษตรด้วยมอเตอร์แบบเครื่องยนต์สะพายหลัง (motorized knapsack) ซึ่งแต่ละแปลงทดลองใช้วิธีการพ่นทางใบ (foliar application) โดยมีระยะเวลาในการพ่นสาร ดังนี้

แปลงทดลองที่ 1 พ่นสารในวันที่ 21, 28 กุมภาพันธ์ และ 7 มีนาคม 2560

แปลงทดลองที่ 2 พ่นสารในวันที่ 29 มิถุนายน, 7 และ 13 กรกฎาคม 2560

แปลงทดลองที่ 3 พ่นสารในวันที่ 28 กุมภาพันธ์, 6 และ 13 มีนาคม 2561

แปลงทดลองที่ 4 พ่นสารในวันที่ 28 มีนาคม, 4 และ 11 เมษายน 2561

แปลงทดลองที่ 5 พ่นสารในวันที่ 3, 11 และ 18 ธันวาคม 2561

แปลงทดลองที่ 6 พ่นสารในวันที่ 23, 30 เมษายน และ 7 พฤษภาคม 2562

4) สุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ตัวอย่าง จากแปลงทดลองทั้ง untreated plot และ treated plot ภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย 7 วิธีการ (วันเก็บเกี่ยว) ที่ระยะเวลา 0 (หลังการพ่นสารอย่างน้อย 2 ชั่วโมง) 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน ตามลำดับ แต่ละตัวอย่างสุ่มเก็บอย่างน้อย 2 กิโลกรัม บรรจุตัวอย่างในถุงพลาสติกและใช้ยางรัดให้แน่น แช่ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งอุณหภูมิต่ำ เพื่อรักษาสภาพของตัวอย่าง และใส่ data logger ลงไปในถ้ำน้ำแข็ง สำหรับบันทึกอุณหภูมิของตัวอย่าง แล้วรีบนำส่งห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง เพื่อทำการสกัดสารพิษตกค้างในตัวอย่าง และวิเคราะห์หาปริมาณ azoxystrobin ที่ตกค้างในค่น้ำ โดยนำตัวอย่างค่น้ำปั่นกับไนโตรเจนเหลวให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง (food processor) ตักตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว ใส่ถุงพลาสติกและมัดปากถุงให้แน่น หลังจากนั้นจึงนำถุงตัวอย่างที่ได้ไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง (deep freezer) ซึ่งมีอุณหภูมิ -20 ± 5 °C

7.2.3 ทดสอบความคงตัวของสาร (storage stability) ได้ทดสอบความคงตัว (storage stability) ของสารพิษตกค้าง โดยการเติมสารมาตรฐาน azoxystrobin ลงในตัวอย่างค่น้ำที่ไม่มีสารพิษตกค้างนี้ (fortified sample) ที่ระดับ 10 เท่าของระดับ LOQ (LOQ เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) นั่นคือ ที่ระดับความเข้มข้น 0.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างครอบคลุมช่วงของการวิเคราะห์ทั้งหมด 360 วัน

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลา

เริ่มต้นเดือนตุลาคม 2559 และสิ้นสุดเดือนกันยายน 2562 รวมระยะเวลาประมาณ 3 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. แปลงทดลองของเกษตรกรจังหวัดสระบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี
2. ห้องปฏิบัติการของกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนา

ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น สามารถนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานในช่วงการใช้งานในแกน x กับสัญญาณจากเครื่องมือ (responses) ในแกน y ซึ่งคำนวณจากพื้นที่ใต้พีค (peak area) ของสาร โดยค่า coefficient of determination (R^2) ไม่น้อยกว่า 0.990 จากผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (ตารางที่ 1) พบว่า %recovery ทั้งหมดอยู่ในช่วง 80-112% ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ 70-120% และตัวบ่งชี้ความเที่ยง (precision) คือ การหาค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%Relative Standard Deviation; %RSD) ที่ได้จากการทำซ้ำ พบว่า %RSD อยู่ในช่วง 0.76-6.49% ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การการยอมรับที่ $\leq 20\%$ (SANCO/12571/2013, 2013) โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection; LOD) เท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และความเข้มข้นต่ำสุดของสารวิเคราะห์ที่สามารถตรวจหาปริมาณได้ โดยมีความถูกต้องและความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ (Limit of Quantitation; LOQ) เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในแต่ละแปลงทดลองที่ทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างค่น้ำด้วยเครื่อง LC-MS/MS มีการประกันคุณภาพผลการวิเคราะห์ (Quality Assurance; QA) ด้วยการทำ fortified sample ของแต่ละสารที่จะตรวจวิเคราะห์ ที่ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.20 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นละ 2 ซ้ำ เพื่อคำนวณหา %concurrent recovery ตลอดจนการสกัดตัวอย่างซ้ำ (duplicate) เพื่อยืนยันผลการทดสอบว่าวิธีวิเคราะห์มีความถูกต้อง ความเที่ยงตรง และมีความน่าเชื่อถือในแต่ละครั้งที่ทำการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างค่น้ำ

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์สารพิษตกค้างของ azoxystrobin ในค่น้ำ

Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)	%Average recovery	%RSD	LOQ (mg/kg)
0.005	90, 99, 100, 98, 102, 94, 108, 100, 110, 98	91	6.49	
0.01	100, 104, 101, 102, 104, 102, 105, 102, 102, 99	102	1.81	0.01
0.02	101, 100, 94, 97, 99, 96, 95	97	2.71	
0.05	99, 99, 99, 100, 100, 100, 98	99	0.76	
0.10	103, 105, 101, 112, 108, 109, 108	107	3.55	
0.20	99, 98, 97, 97, 97, 96, 96	97	1.10	

0.50	103, 98, 98, 103, 103, 102, 104	102	2.47
5.00	86, 80, 79, 81, 80, 81, 80	81	2.85

8.2 ปริมาณสารพิษตกค้างจากแปลงทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างของ azoxystrobin ในค่น้ำ พบว่า ตัวอย่างจาก untreated plot ของแปลงทดลองทั้งหมด ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างของ azoxystrobin สำหรับ treated plot ที่พ่น azoxystrobin ตามอัตราแนะนำ ตรวจพบปริมาณสารพิษตกค้างของ azoxystrobin ในแปลงทดลองที่ 1 เท่ากับ เท่ากับ 1.18, 0.89, 0.18, 0.08, 0.02, 0.01 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ แปลงทดลองที่ 2 เท่ากับ 2.54, 1.36, 0.25, 0.08, 0.04, 0.02 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แปลงทดลองที่ 3 เท่ากับ 2.21, 0.93, 0.18, 0.06, 0.02, <0.01 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ แปลงทดลองที่ 4 เท่ากับ 4.22, 1.02, 0.70, 0.19, 0.06, 0.01 และ <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แปลงทดลองที่ 5 เท่ากับ 1.83, 0.55, 0.06, 0.04, 0.03, <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ และไม่พบ azoxystrobin ตกค้างที่ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย และแปลงทดลองที่ 6 เท่ากับ 3.19, 0.50, 0.17, 0.05, 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย ตามลำดับ และไม่พบ azoxystrobin ตกค้างที่ 10 และ 14 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย (ตารางที่ 4) โดยมี %concurrent recovery ของ azoxystrobin ที่ความเข้มข้นระดับ 0.01, 0.05, 0.20 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในช่วง 72-115% (ตารางที่ 5) ซึ่ง %concurrent recovery ทั้งหมดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ 70-120%

ตารางที่ 2 ปริมาณสารพิษตกค้าง azoxystrobin ในค่น้ำจาก treated plot ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการพ่นสารครั้งสุดท้ายของแปลงทดลองที่ 1 และ 2 ในปี พ.ศ. 2560

Days after last application	Residue of azoxystrobin (mg/kg)					
	Field trial no.1			Field trial no.2		
	1	2	Mean	1	2	Mean
0	1.03	1.32	1.18	2.39	2.69	2.54
1	0.79	0.98	0.89	1.33	1.40	1.36
3	0.18	0.19	0.18	0.27	0.22	0.25
5	0.08	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08
7	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

หมายเหตุ LOD = 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และLOQ=0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 3 ปริมาณสารพิษตกค้าง azoxystrobin ในคณน้ำจาก treated plot ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการพ่นสารครั้งสุดท้ายของแปลงทดลองที่ 3 และ4 ในปี พ.ศ. 2561

Days after last application	Residue of azoxystrobin (mg/kg)					
	Field trial no.3			Field trial no.4		
	1	2	Mean	1	2	Mean
0	2.00	2.42	2.21	4.85	3.59	4.22
1	0.92	0.94	0.93	0.94	1.10	1.02
3	0.19	0.17	0.18	0.75	0.66	0.70
5	0.06	0.06	0.06	0.20	0.19	0.19
7	0.02	0.02	0.02	0.07	0.06	0.06
10	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.01
14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

หมายเหตุ LOD = 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และLOQ=0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4 ปริมาณสารพิษตกค้าง azoxystrobin ในคณน้ำจาก treated plot ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการพ่นสารครั้งสุดท้ายของแปลงทดลองที่ 5 และ6 ในปี พ.ศ. 2562

Days after last application	Residue of azoxystrobin (mg/kg)					
	Field trial no.5			Field trial no.6		
	1	2	Mean	1	2	Mean
0	2.10	1.56	1.83	3.28	3.10	3.19
1	0.42	0.68	0.55	0.48	0.51	0.50
3	0.06	0.06	0.06	0.19	0.14	0.17
5	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
7	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01
10	<0.01	<0.01	<0.01	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND	ND	ND

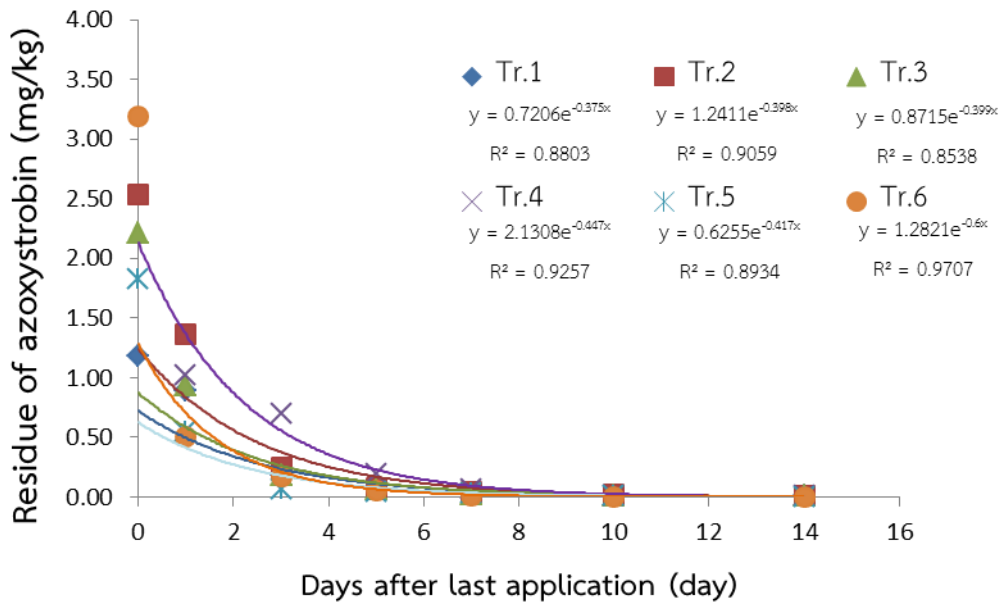
หมายเหตุ ND = Not detected

LOD = 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ LOQ=0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 5 %concurrent recovery ในการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างของ azoxystrobin ในคณน้ำของแปลงทดลองที่ 1-6

Fortification level (mg/kg)	Concurrent recovery (%)					
	Field trial no.1	Field trial no.2	Field trial no.3	Field trial no.4	Field trial no.5	Field trial no.6
0.01	94, 95	94, 97	99, 97	99, 103	95, 92	92, 88
0.05	97, 102	98, 99	95, 99	106, 106	98, 104	115, 101
0.20	95, 100	99, 101	101, 103	111, 109	114, 102	110, 107
5.00	72, 73	79, 76	75, 75	89, 88	112, 106	105, 103

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้นี้มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษตกค้างของ azoxystrobin กับระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่างๆ หลังการพ่นสารครั้งสุดท้ายดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า ทั้ง 6 แปลงทดลอง ปริมาณสารพิษตกค้างของ azoxystrobin มีแนวโน้มลดลงหรือเกิดการสลายตัวของสารพิษตกค้างเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการสลายตัวของปริมาณสารพิษตกค้าง azoxystrobin ในคะน้าที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่างๆ หลังการพ่นการสารครั้งสุดท้ายของแปลงทดลองที่ 1-6

เมื่อพิจารณา Codex MRL มีการกำหนดค่า MRL ของ azoxystrobin ในผักกาดหอม (lettuce leaf) เท่ากับ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (FAO/WHO, 2016) และประเทศญี่ปุ่น กำหนดค่า MRL ของ azoxystrobin ในคะน้า (kale) เท่ากับ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (The Japan Food Chemical Research Foundation, 2017) ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างของ azoxystrobin ในคะน้าที่ได้จากงานวิจัยนี้ พบว่า ที่ระยะเวลา 1 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย มีค่าปริมาณสารพิษตกค้างต่ำกว่าค่า Codex MRL และ Japan MRL แล้ว แสดงให้เห็นว่า azoxystrobin สลายตัวได้ง่าย ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย (Pre Harvest Interval; PHI) น่าจะค่อนข้างสั้น แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังไม่มีกำหนดค่า MRL ของ azoxystrobin ในคะน้า และ PHI (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559) ดังนั้นกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จะได้นำข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้างที่ได้จากการทดลองนี้ เสนอต่อคณะกรรมการวิชาการพิจารณามาตรฐานสินค้าเกษตร สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ (มกอช.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อพิจารณากำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit; MRL) ของประเทศไทย และระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย (PHI) รวมทั้งประเมินความเสี่ยงต่อการบริโภคทั้งแบบการได้รับสัมผัสแบบเฉียบพลัน (acute intake) และการได้รับสัมผัสแบบเรื้อรัง (chronic intake)

8.3 ผลการทดสอบความคงตัวของสาร

ผลการทดสอบความคงตัวของ azoxystrobin ในคะน้า ซึ่งมีระยะเวลาการเก็บรักษาตัวอย่างครอบคลุมช่วงของการวิเคราะห์ทั้งหมด 360 วัน ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า azoxystrobin ยังมีความคงตัวของสารตลอดระยะเวลา 360 วัน หรือ 1 ปี โดยมีเปอร์เซ็นต์ของสารพิษตกค้างที่ยังคงเหลืออยู่ในคะน้า (%residue remained)

เท่ากับ 110%, 95%, 94%, 105%, 101%, 93% และ 85% ที่ระยะเวลา 0, 30, 60, 90, 120, 180 และ 360 วัน นับจากวันที่เติมสารลงในคาน้ำ ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วง 70-120% ถือว่ายอมรับได้

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบความคงตัว (storage stability) ของ azoxystrobin ในคะน้า

Fortification level (mg/kg)	Storage interval (day)	Concurrent recovery (%)	Residue in stored fortified sample (mg/kg)	Average uncorrected residue remained (%)
0.10	0	119, 107	0.113, 0.106	110
	30	114, 111	0.112, 0.079	95
	60	102, 108	0.085, 0.104	94
	90	109, 74	0.105, 0.105	105
	120	104, 98	0.101, 0.101	101
	180	101, 103	0.093, 0.094	93
	360	111, 107	0.098, 0.071	85

10. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างของอะซอกซีสโตรบิน (azoxystrobin) ในคะน้า เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง ทำให้ได้ข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้างในคะน้า ทั้งหมด 6 แปลง ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 วัน ภายหลังจากพ่น azoxystrobin 25% W/V SC ในอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ครั้งสุดท้าย ซึ่งตัวอย่างจาก untreated plot ของแปลงทดลองทั้งหมด ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างของ azoxystrobin ส่วนตัวอย่างจาก treated plot มีปริมาณสารพิษตกค้างของ azoxystrobin ในคะน้า ค่อยๆ ลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บเกี่ยวมากขึ้น และที่ระยะเวลา 1 วัน หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย มีค่าปริมาณสารพิษตกค้างต่ำกว่าค่า Codex MRL และ Japan MRL แล้ว เป็นไปในทำนองเดียวกันทั้ง 6 แปลง ดังนั้นข้อมูลปริมาณสารพิษตกค้างที่ได้จากการทดลองนี้ จะนำเสนอ เพื่อพิจารณากำหนดเป็นค่า MRL และระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย (PHI) ต่อไป เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการส่งออกสินค้า และความปลอดภัยของผู้บริโภค

11. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ได้ข้อมูลไปกำหนดระยะเวลาเก็บเกี่ยวคะน้าที่ปลอดภัย (Pre Harvest Interval; PHI) ตามอัตราการใช้ที่แนะนำ ซึ่งสามารถใช้เป็นคำแนะนำในการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชของกรมวิชาการเกษตรและเป็นคำแนะนำในฉลากวัตถุอันตรายทางการเกษตร

2. เสนอข้อมูลไปพิจารณากำหนดค่า Thai MRL, ASEAN MRL และ Codex MRL

12. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. *คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืช ปี 2553*. พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ :

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตรกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- กลุ่มบริหารศัตรูพืช. 2557. **คู่มือป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช สำหรับการผลิตผักเพื่อการส่งออกสหภาพยุโรป (ฉบับปรับปรุง)**. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กลุ่มวิจัยโรคพืช. 2552. **คู่มือโรคผัก**. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : บริษัทเอ-วันฟิวเจอร์ จำกัด.
- พิศาล พงศาพิชณ์. 2551. **คู่มือการจัดทำข้อมูลและข้อเสนอการกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศด้านสารพิษตกค้างสำหรับสินค้าเกษตรไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. “สถานการณ์การปลูกคენำรายจังหวัด ปี 2559.” [Online]. Source : <http://production.doae.go.th> (August 30, 2017)
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. **มาตรฐานสินค้าเกษตร สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (มกษ. 9002 – 2559)**. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อรพรรณ วิเศษสังข์. 2552. **คู่มือการเลือกใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- EN 15662. 2008. **Foods of plant origin-determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE-QuEChERS-method**. UK : British Standards Institution.
- FAO/WHO. 2016. “Codex Alimentarius Commission.” (Online). Available : <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticides/en/> [August 30, 2017]
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. **Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed**. FAO Plant Production and Protection Paper 225. 3rd ed. Rome: FAO.
- JMPR. 2008a. Azoxystrobin. Pesticide Residues in Food 2008. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Report, 2008. **FAO Plant Production and Protection Paper**. 193:55-95.
- JMPR. 2008b. Azoxystrobin. Pesticide Residues in Food 2008. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Evaluations, 2008. Part I, Residues. **FAO Plant Production and Protection Paper**. 194:1-202.
- SANCO/12571/2013. 2013. **Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed**. Health& Consumer Protection Directorate-General, European Commission.
- The Japan Food Chemical Research Foundation. 2017. “Positive List System for Agricultural Chemical Residues in Foods.” (Online). Available : <http://www.ffcr.or.jp/en/> [August 30, 2017]