การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารกำจัดแมลงแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน (lambda-cyhalothrin) ต่อผู้ใช้ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม
Risk Assessment of Lambda-cyhalothrin Insecticide Used to Farmer, Consumer and Environment

อำนาจ กะฐินเทศ *จันทิมา ผลกอง* *ผกาสินี คล้ายมาลา*
Amnaj Katintet *Jantima Phonkong* *Pakasinee Klaimala*

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

Risk assessment of the use of lambda-cyhalothrin for farmers, consumers and the environment. The Studied a kale crop in Nakhon Pathom and Suphanburi provinces between October 2019 to September 2021. Use the 2.5% EC of lambda-cyhalothrin formula at a rate of 60 grams per 20 liters of water by spraying 2 times when the outbreak of pests occurs. After spraying, keep the patch attached to 16 points on the body, hand wash, feet wash, water, soil, sediment, picker's hand wash, and kale to analyze pesticide residue. The results of experiments 1st and 2nd at Nakhon Pathom province showed that the lower leg-out patch has the highest residue are 12.29 and 9.94 µg/100cm^2. Hand wash not detected residue. Feet wash are 0.23 and 0.15 µg/L. The results of experiments 1st and 2nd at Suphanburi province showed that the lower leg-out patch has residues are 0.93 and 4.79 µg/100cm^2. Hand wash are 0.13 and 0.13 µg/L. Feet wash are 3.91 and 2.72 µg/L. Risk assessment first and second at Nakhon Pathom and Suphanburi province results of exposure to the body of the sprayer showed that the margin of exposure (MOE) are 96,154, 149,254, 6,276 and 8,390 respectively, which is an acceptable risk. The risk assessment hazard quotient (HQ) of kale consumption is 0.19 and 0.26, which are less than the defined safety criteria.

Keywords : lambda-cyhalothrin, soil, kale, gas chromatography

บทคัดย่อ

การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารกำจัดแมลงแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน (lambda-cyhalothrin) ต่อผู้ใช้ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ได้ศึกษาในแปลงคะน้า 2 พื้นที่ ได้แก่ จังหวัดนครปฐมและจังหวัดสุพรรณบุรี ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2564 โดยใช้แลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน สูตร 2.5% EC ปริมาณ 60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร พ่น 2 ครั้ง เมื่อพบการระบาดของศัตรูพืช หลังพ่นสารครั้งที่ 1 และ 2 ได้เก็บตัวอย่างแผ่นผ้าที่ติดบริเวณส่วนต่างๆของร่างกาย 16 จุด และน้ำล้างมือ-น้ำล้างเท้าเกษตรกร หลังพ่นครั้งที่ 2 เก็บตัวอย่าง น้ำ ดิน ตะกอน น้ำล้างมือคนเก็บคะน้าและผักคะน้า ผลการทดลองแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐม พ่นครั้งที่ 1 และ 2 ในตัวอย่างแผ่นผ้า พบการตกค้างบริเวณแข้งนอกมากที่สุด ปริมาณ 12.29 และ 9.94 ไมโครกรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร น้ำล้างมือ ไม่พบการตกค้าง น้ำล้างเท้าปริมาณ 0.23 และ 0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร แปลงคะน้าจังหวัดสุพรรณบุรี พ่นครั้งที่ 1 และ 2 ในตัวอย่างแผ่นผ้า พบการตกค้างบริเวณแข้งนอก ปริมาณ 0.93 และ 4.79 ไมโครกรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร น้ำล้างมือ ปริมาณ 0.13 และ 0.13 ไมโครกรัมต่อลิตร น้ำล้างเท้า ปริมาณ 3.91 และ 2.72 ไมโครกรัมต่อลิตร ผลการประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสารเข้าสู่ร่างกายของผู้พ่นสาร พ่นครั้งที่ 1 และ 2 แปลงนครปฐมและสุพรรณบุรี พบค่าขอบเกณฑ์ความปลอดภัย (MOE)

เท่ากับ 96,154, 149,254, 6,276 และ 8,390 ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และผลการประเมินความเสี่ยงต่อผู้บริโภคคะน้า (HQ) เท่ากับ 0.19 และ 0.26 ผู้บริโภคสามารถบริโภคคะน้าได้อย่างปลอดภัย

คำสำคัญ : แลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน ดิน คะน้า เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟฟี

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้วัตถุมีพิษการเกษตรเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่เพียงพอต่อการบริโภค จากการใช้วัตถุมีพิษทางการเกษตรดังกล่าวทำให้มีการตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมตามมา ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงจากการใช้วัตถุมีพิษทางการเกษตรจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญ เพื่อให้การใช้วัตถุมีพิษการเกษตรที่ปลอดภัยต่อผู้ใช้ และลดความเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

แลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน (lambda-cyhalothrin) เป็นสารกำจัดแมลง (insecticide) ชนิดสัมผัสแบบถูกตัวตายทันที จัดอยู่ในกลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethroid) สูตรโมเลกุล $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$ มวลโมเลกุลเท่ากับ 449.9 กรัมต่อโมล สูตรโครงสร้างแสดงดัง Figure 1

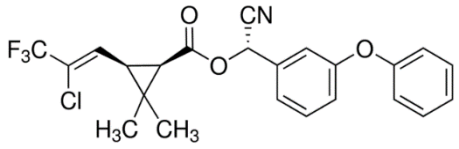

Figure 1 The chemical structure of lambda-cyhalothrin (source: Merck, 2021)

ลักษณะทางกายภาพมีลักษณะเป็นของแข็ง มีจุดหลอมเหลว 49.2 องศาเซลเซียส (°C) จากการทบทวนงานวิจัยพบว่า ค่าครึ่งชีวิต (half life, $t_{1/2}$) ในดิน 30 วัน (pH=5) และค่าครึ่งชีวิตในพืช 40 วัน โดยแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินจะไม่เคลื่อนย้ายไปสะสมในแหล่งน้ำ (WHO, 1990) พิษเฉียบพลันทางปาก (Acute oral) มีค่า LD_{50} ในหนูเพศผู้ 79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หนูเพศเมีย 56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Tomlin, 2006) กลไกการออกฤทธิ์แลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน โดยจะไปปรับ (modulator) ของ voltage-gated sodium channel ที่บริเวณผิว axon ของเซลล์ประสาท ทำให้การปิดของ voltage-gated sodium channel ช้ากว่าปกติ ทำให้ช่วงการถ่ายทอดกระแสประสาทเกิดยาวนาน (hyper excitation) เกิดกล้ามเนื้อชักกระตุก เป็นอัมพาต และตายได้ เมื่อได้รับสัมผัสแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน จะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน สารนี้สามารถกำจัดศัตรูพืชได้หลายชนิด ได้แก่ เพลี้ยอ่อนหนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนกระทู้ผัก และหนอนผีเสื้อหัวกะโหลก (มานิตาและคณะ, 2553) ซึ่งนิยมนำมาใช้กำจัดแมลงศัตรูพืชในพืชเศรษฐกิจที่เป็นไม้ผลและพืชอาหาร ได้แก่ ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง ยาสูบ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว งา ต้นทานตะวัน มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน มะม่วงหิมพานต์ โกโก้ ทุเรียน ลิ้นจี่ ลำไย เงาะ พืชตระกูลส้ม มะเขือ ข้าวสาลี ข้าวโพด ฝ้าย แอปเปิ้ล ส้ม พืชตระกูลกะหล่ำ แตงกวา กระเพรา มะเขือเทศ และอื่นๆ ด้วยคุณสมบัติของสารที่ใช้ได้หลากหลาย เกษตรกรจึงนำมาใช้ในทางเกษตร เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมและผลผลิตทางการเกษตร มีผลกระทบต่อการส่งสินค้าไปขายในต่างประเทศ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจทำการศึกษาปริมาณสารพิษแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมและผลผลิตทางการเกษตร ประเมินค่าครึ่งชีวิตและประเมินความเสี่ยงต่อผู้ใช้และผู้บริโภคในแปลงคะน้า

คะน้า (Kale) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica alboglabra* ในประเทศไทยมีเนื้อที่การปลูกทั้งหมด 40,019 ไร่ พื้นที่ปลูก 69 จังหวัด ผลผลิตรวม 39,968,863 กิโลกรัม กระจายปลูกทั่วประเทศ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) โดยคะน้าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย นิยมปลูกบริโภคภายในประเทศ และส่งออกไปขายในต่างประเทศ ในเอเชีย สหรัฐอเมริกาและยุโรป ศัตรูที่สำคัญคือ หนอนเจาะสมอฝ้าย และหนอนกระทู้ผัก เกิดปัญหาทำให้ผลผลิตเสียหาย เกษตรกรจึงมีการนำสารกำจัดแมลงศัตรูพืชชนิดแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินมาใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืช

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำและน้ำล้าง-มือล้างเท้าชนิด HDPE ขนาด 1 ลิตร

1.2 ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างคะน้า

1.3 ขวดแก้วสำหรับเก็บตัวอย่างตะกอนและตัวอย่างแผ่นผ้า ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.4 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอน

1.5 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างคะน้า

1.6 แผ่นผ้าฝ้ายขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร

1.7 ชุดเสื้อแขนยาวและกางเกงขายาวสำหรับผู้พ่นสาร

1.8 ป้ายสำหรับติดแสดงสถานะการทดลอง

1.9 เครื่องหาพิกัดทางภูมิศาสตร์ GPS (Global positioning system)

1.10 เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน (soil auger)

1.11 เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ pH meter และ DO meter

1.12 สารป้องกันกำจัดแมลงชนิดแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน (lambda-cyhalothrin) สูตร 2.5% EC ชื่อทางการค้า คาราเต้ ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์ได้ 2.15% W/V โดยห้องปฏิบัติการกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

1.13 เครื่องพ่นเครื่องยนต์แรงดันน้ำสูง (High pressure pump sprayer)

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

2.1 Separatory funnel ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

2.2 Cylinder ขนาด 10, 100 และ 1,000 มิลลิลิตร

2.3 Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.4 Beaker ขนาด 100 และ 500 มิลลิลิตร

2.5 Round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.6 Glass funnel ขนาด 100 มิลลิเมตร

2.7 Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.8 Graduated tube ขนาด 15 มิลลิลิตร

2.9 Volumetric flask ขนาด 10, 25 และ 50 มิลลิลิตร

2.10 Auto pipette ขนาด 50, 100, 250 และ 1,000 ไมโครลิตร

2.11 Centrifuge tube ขนาด 15 และ 50 มิลลิลิตร

3. เคมีภัณฑ์ชนิดต่างๆ

3.1 สารเคมีชนิด analytical grade (AR grade) ได้แก่ anhydrous sodium sulfate (anh. Na_2SO_4), hexane, ethyl acetate, acetonitrile, magnesium sulfate, sodium chloride, tri-sodium citrate dihydrate, di-sodium hydrogen citrate, primary secondary amine (PSA) และ graphitized carbon black (GCB)

3.2 สารเคมีชนิด ultra resi-analyzed (PR grade) ได้แก่ hexane, ethyl acetate

3.3 สารพิษมาตรฐานแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน สารเคมีที่มีความบริสุทธิ์ 99.10%

4. เครื่องมือวิทยาศาสตร์

4.1 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

4.2 ตู้อบสารเคมี (Oven)

4.3 เครื่องเขย่าสกัดวัตถุมีพิษ (Separatory funnel shaker)

4.4 เครื่องเขย่า (Shaker)

4.5 เครื่อง Ultrasonic bath

4.6 เครื่อง Centrifuge

4.7 เครื่องลดปริมาตร (Rotary evaporator)

4.8 เครื่องระเหยสารชนิดไนโตรเจน (Nitrogen evaporator)

4.9 เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer)

4.10 ตู้เย็น (Refrigerator) อุณหภูมิ 5±3 องศาเซลเซียส

4.11 ตู้แช่ (Freezer) อุณหภูมิ -20±5 องศาเซลเซียส

4.12 เครื่องชั่งความละเอียด ทศนิยม 2 และ 5 ตำแหน่ง

4.13 คอลัมน์ GC ชนิด DB-1701 (ความยาว 30 เมตร x เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร x ความหนาของสารเคลือบ 0.25 ไมโครเมตร)

4.14 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (Gas Chromatograph) หัววัดชนิด Electron capture Detector (GC-ECD) รุ่น 7890B บริษัท Agilent Technology

วิธีการ

1. การปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

1.1 การสำรวจข้อมูลแปลงคะน้า ในจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี

ปีที่ 1 พ.ศ. 2562 ได้เลือกแปลงทดลองคะน้า อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พื้นที่ในการปลูกทั้งหมด 6 ไร่ ลักษณะแปลง เป็นแปลงยกร่อง ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 70 เมตร ใช้น้ำจากคลองชลประทาน พืชผักที่ปลูก ได้แก่ คะน้า และกวางตุ้ง โดยมีแมลงศัตรูพืช ได้แก่ หนอนกระทู้หอม หนอนใยผัก และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล วัตถุอันตรายที่ใช้ ได้แก่ คลอร์ฟีนาเพอร์ โทลเฟนไพเรด และไดโนทีฟูแรน และปีที่ 2 พ.ศ. 2563 ได้เลือกแปลงอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี พื้นที่ในการปลูกทั้งหมด 44 ไร่ ลักษณะแปลงเป็นแปลงยกร่อง ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 200 เมตร โดยใช้น้ำจากคลองชลประทานและน้ำบาดาล พืชผักที่ปลูก ได้แก่ คะน้า และกวางตุ้ง โดยมีแมลงศัตรูพืช ได้แก่ หนอนใยผัก หนอนกระทู้หอม และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล วัตถุอันตรายที่ใช้ ได้แก่ คลอร์ฟีนาเพอร์ สไปนีโทแรม ฟิโพรนิล โทลเฟนไพเรด และบาซิลลัส เมื่อพบการระบาดจะพ่นแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน ประมาณ 2 ครั้ง ตามความจำเป็น วิธีการใช้ตามอัตราคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สูตร 2.5% EC ในปริมาณ 60 กรัมต่อน้ำสะอาด 20 ลิตร (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553) โดยใช้เทคนิคการพ่นด้วยเครื่องยนต์แบบแรงดันน้ำสูง (high pressure pump sprayer)

1.2 การติดแผ่นผ้าขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร (OECD, 1997) บนเสื้อผ้าและกางเกงบริเวณส่วนต่างๆ ของร่างกายผู้พ่นสาร จำนวน 16 จุด ได้แก่ บริเวณหมวก (1) แผ่นผ้าปิดจมูก (1) บ่า (2) ศอก (2) หน้าอก (ด้านนอกและด้านในเสื้อ 2) หลัง (ด้านนอกและด้านในเสื้อ 2) ต้นขา (2) และหน้าแข้ง (ด้านนอก 2 และด้านในกางเกง 2) หลังพ่นเก็บตัวอย่างแผ่นผ้า และน้ำล้างมือ-น้ำล้างเท้าครั้งที่ 1 และ 2

1.3 ทำการพ่นสารกำจัดศัตรูพืชชนิดแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในแปลงคะน้า บริเวณภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี โดยในแต่ละแปลงพ่นทั้งหมด 2 ครั้ง ระยะห่างกัน 7 วัน พ่นครั้งสุดท้ายสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ ดิน ตะกอน และคะน้า ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่ 0, 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21 และ 30 วัน

1.4 การสุ่มตัวอย่าง

1.4.1 เก็บตัวอย่างควบคุม (Control sample) ก่อนพ่นแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน ได้แก่ น้ำ ดิน ตะกอน และคะน้า ตัวอย่างละ 7 ตัวอย่าง ใช้เป็นค่าอ้างอิงผลการทดสอบ

1.4.2 เก็บตัวอย่างหลังพ่นแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในครั้งที่ 2 โดยสุ่มตัวอย่างน้ำ ดิน ตะกอน คะน้า และน้ำล้างมือคนเก็บคะน้า หลังการพ่น 2 ชั่วโมง (0 วัน) (US.EPA, 1987) จากนั้นเก็บที่ 1 3 5 7 10 14 21 และ 30 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินที่ตกค้าง

2. การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

2.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินมาแยกเศษหิน กรวด และอินทรียวัตถุออก ผึ่งให้มีความชื้นประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ (%) บดตัวอย่างดินเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปชั่งวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน

2.2 การหาความชื้นในตัวอย่างดิน (Back, 1965)

ชั่งตัวอย่างดิน 50.00 กรัม ลงใน Petri dish นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105±5°C นาน 24 ชั่วโมง นำออกมาวางไว้ใน Desiccator ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักและบันทึก จากนั้นนำตัวอย่างดินไปอบต่อนาน 3-4 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำหนักคงที่ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักและบันทึก โดยมีสูตรคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักดินหลังอบ}) \times 100}{(\text{น้ำหนักดินหลังอบ} - \text{น้ำหนัก Petri dish})}$$

2.3 เตรียมสารละลายมาตรฐานแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินที่ 5 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.0199 0.0794 0.1986 0.3972 และ 0.7944 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml) ทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linearity)

2.4 ทดสอบค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (Limit of Detection; LOD) ค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง (Limit of Quantitation; LOQ) และค่าร้อยละการได้คืนกลับ (%recovery) สารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในตัวอย่างน้ำ ดิน แผ่นผ้าและคะน้า เกณฑ์การยอมรับ recovery อยู่ระหว่าง 60-115%

2.5 สกัดตัวอย่างในน้ำ น้ำล้างมือ-ล้างเท้า ดิน ตะกอน แผ่นผ้าและคะน้า ตรวจวิเคราะห์แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินด้วยเครื่อง GC-ECD โดยมีวิธีสกัดตัวอย่าง ดังนี้

2.5.1 การสกัดตัวอย่างในน้ำ และน้ำล้างมือ-ล้างเท้า ตวงตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ใส่ใน separatory funnel ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติม hexane (AR grade) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่อง separatory funnel shaker นาน 3 นาที ทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไขเก็บชั้น hexane ผ่านตัวกรอง anh. Na_2SO_4 ลงใน round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นสกัดซ้ำอีก 2 ครั้งด้วย hexane ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ล้าง separatory funnel ด้วย hexane ปริมาตร 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง นำตัวอย่างไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C ให้เกือบแห้ง ปรับปริมาตร (adjust) ตัวอย่างใส่ใน graduated tube ขนาด 15 มิลลิลิตร เป่าตัวอย่างด้วยเครื่อง nitrogen evaporator สุดท้ายปรับปริมาตรให้เป็น 1 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR grade) นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2565ก)

2.5.2 การสกัดตัวอย่างในดินและตะกอน ชั่งตัวอย่างดินและตะกอน 20±0.02 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม ethyl acetate (AR grade) ปริมาตร 75 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่อง shaker ที่ 210 รอบต่อนาที (rpm) นาน 4 ชั่วโมง กรองสารละลายตัวอย่างผ่าน anh. Na_2SO_4 ลงใน round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ล้างด้วย ethyl acetate ปริมาตร 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง นำตัวอย่างไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C ให้เกือบแห้ง ปรับปริมาตรตัวอย่างใส่ใน graduated tube ขนาด 15 มิลลิลิตร ด้วย ethyl acetate เป่าเปลี่ยนตัวทำละลาย (solvent) ด้วยเครื่อง nitrogen evaporator สุดท้ายปรับปริมาตรให้เป็น 5 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR grade) นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2565ข)

2.5.3 การสกัดตัวอย่างในแผ่นผ้า นำแผ่นผ้าขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร ใส่ลงในขวด Duran ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม ethyl acetate (AR grade) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่อง shaker ที่ 200 rpm นาน 60 นาที กรองสารละลายตัวอย่างผ่าน anh. Na_2SO_4 ลงใน round bottom flask ขนาด 250 มิลลิลิตร สกัดอีกครั้งด้วย ethyl acetate ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C ให้เกือบแห้ง ปรับปริมาตรตัวอย่างใส่ใน graduated tube ขนาด 15 มิลลิลิตร ด้วย ethyl acetate เป่าเปลี่ยนตัวทำละลายด้วยเครื่อง nitrogen evaporator สุดท้ายปรับปริมาตรให้เป็น 2 มิลลิลิตร ด้วย hexane (PR grade) นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD

2.5.4 การสกัดตัวอย่างในคะน้า ชั่งตัวอย่างคะน้า 10±0.02 กรัม ลงในหลอด centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิลิตร เติม acetonitrile (AR grade) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ นาน 1 นาที จากนั้นเติม 4 กรัม Magnesium sulphate ($MgSO_4$) และ 1 กรัม Sodium chloride (NaCl) เขย่าด้วย vortex mixer นาน 1 นาที นำไป centrifuge ที่ความเร็วรอบ 4,000 rpm นาน 10 นาที ปิเปตสารละลายใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอด centrifuge tube ขนาด 15 มิลลิลิตร ที่มี 25 มิลลิกรัม PSA 150 มิลลิกรัม $MgSO_4$ และ 10 มิลลิกรัม GCB นำไป centrifuge ที่ความเร็วรอบ 6,000 rpm นาน 5 นาที ปิเปตสารละลายใสมา 0.5 มิลลิลิตร ใส่ใน graduated tube ขนาด 15 มิลลิลิตร เป่าเปลี่ยนตัวทำละลายด้วยเครื่อง nitrogen evaporator ปรับปริมาตรให้เป็น 0.5 มิลลิลิตรด้วย hexane (PR grade) นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-ECD (กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร, 2564)

2.6 ตรวจวัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (Gas Chromatograph) หัวตรวจวัดชนิด Electron capture Detector (GC-ECD) โดยใช้สภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้

GC Column	: DB-1701 (30 m length x 0.32 mm i.d. x 0.25 µm film thickness)
Temperature conditioning	: injector = 230 °C, detector = 300 °C
Mode	: Splitless
Oven program	: 80°C (1 นาที) $\xrightarrow{20°C/นาที}$ 220°C (2 นาที) $\xrightarrow{1°C/นาที}$ 235°C (1 นาที) $\xrightarrow{20°C/นาที}$ 240°C (1 นาที) $\xrightarrow{25°C/นาที}$ 265°C (7 นาที) $\xrightarrow{20°C/นาที}$ 280°C (0.5 นาที)
Injection volumn	: 1 ไมโครลิตร
Carrier gas	: helium ; flow rate 1.4 มิลลิลิตร/นาที

2.7 คำนวณหาเวลาที่สารพิษสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่ง (Half-life, $t_{1/2}$) ในตัวอย่างน้ำ ดิน และตะกอน จากสมการ $t_{1/2}$ =-0.693/b โดย b ได้มาจากสมการ $y=ae^{bx}$ ซึ่งหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษและระยะเวลาหลังการพ่นสารพิษในช่วงเวลาต่างๆ

2.8 ประเมินสารพิษที่ปนเปื้อนบนร่างกายผู้พ่นสารแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน และประเมินความเสี่ยงจากการใช้วัตถุมีพิษ คำนวณค่าขอบเกณฑ์ความปลอดภัยจากการได้รับสารพิษ (Margin of Exposure, MOE) ตามหลักเกณฑ์ของ US. EPA โดยนำค่า NOAEL (No observed adverse effect level) หรือใช้ค่า $BMDL_{10}$ (lower limit of the Benchmark Dose for 10% response) หารด้วยปริมาณที่ได้รับ (exposure) ซึ่งค่า MOE ที่คำนวณได้ให้นำมาเปรียบเทียบกับค่า Pesticide uncertainty factor หากค่า MOE มีค่าต่ำกว่าค่า Pesticide uncertainty factor จะถือว่ามีความเสี่ยง และค่า MOE มากกว่าหรือเท่ากับ 100 ถือว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้

2.9 ประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคผลผลิตการเกษตร (Hazard Quotient, HQ) (US. EPA, 2005) โดยคำนวณหาค่าปริมาณเฉลี่ยของสารพิษในผลผลิตการเกษตรที่คนได้รับจากการบริโภคต่อวันต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (Average Daily Dose, ADD) หารด้วยปริมาณสารเคมีที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวัน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย (Reference Dose, RfD) หากค่า HQ เท่ากับ 1 ถือว่าปริมาณสารพิษที่ตกค้างในผลผลิตการเกษตรมีความเสี่ยงต่อผู้บริโภค

2.10 บันทึกข้อมูลการทดลอง

2.10.1 ข้อมูลสารพิษตกค้างชนิดแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในตัวอย่างน้ำ ดิน ตะกอน แผ่นผ้า และคะน้า

2.10.2 ข้อมูลประเมินสารพิษที่ปนเปื้อนบนร่างกายผู้พ่นสารแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน ประเมินความเสี่ยงจากการใช้วัตถุมีพิษ คำนวณค่าขอบเกณฑ์ความปลอดภัยจากการได้รับสารพิษ (MOE) และประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคผลผลิตการเกษตร (HQ)

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2562 สิ้นสุด กันยายน 2564

สถานที่ทำการทดลอง 1. แปลงคะน้า จังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี

2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การหาประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์

1.1 การทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linearity)

เตรียมสารละลายมาตรฐานแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินที่ 5 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0.0199 0.0794 0.1986 0.3972 และ 0.7944 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml) โดยโครมาโทรแกรม แสดงดัง Figure 2 ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง มีค่า correlation determination (R^2) เท่ากับ 0.9983 แสดงดัง Figure 3

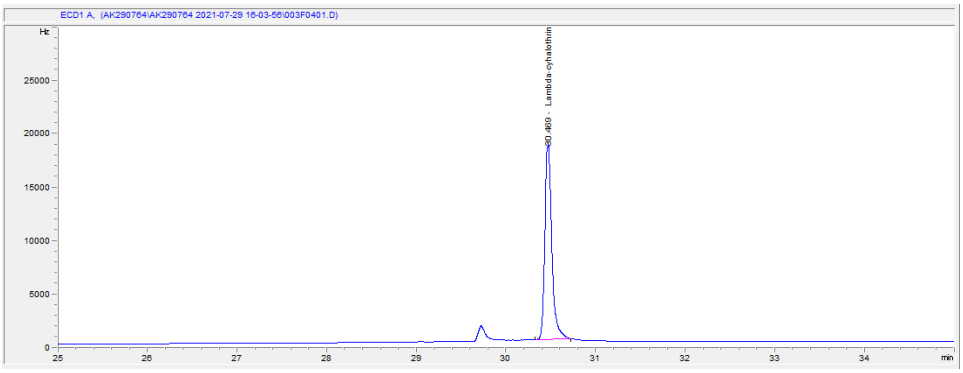

Figure 2 Chromatogram of lambda-cyhalothrin.

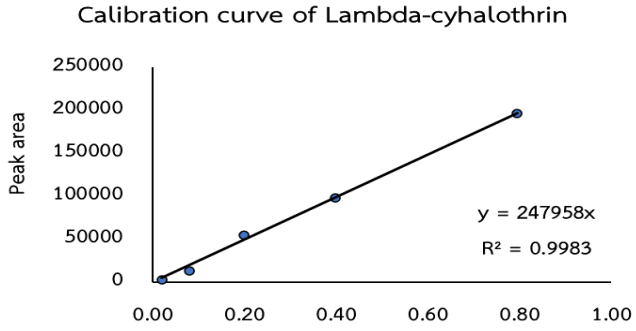

Figure 3 Calibration curve of lambda-cyhalothrin standard solution 5 levels.

1.2 ค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (LOD) ค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง (LOQ)

ทำการทดสอบค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (LOD) ค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง (LOQ) และค่าร้อยละการได้คืนกลับในตัวอย่างน้ำ ดิน แผ่นผ้า และคะน้า โดย fortified สารมาตรฐานแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินลงในตัวอย่าง ทดสอบแต่ละชนิด 5 ซ้ำ ผลการทดสอบค่า LOD ในน้ำ ดิน แผ่นผ้า และคะน้า เท่ากับ 0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 0.02 ไมโครกรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร และ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (LOD ประเมินจากค่า Signal to Noise Ratio≥3) ค่า LOQ เท่ากับ 0.13 ไมโครกรัมต่อลิตร 0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 0.07 ไมโครกรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร และ 0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (LOQ ประเมินจากค่า Signal to Noise Ratio≥10) และประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ (%recovery) เท่ากับ 100.07 109.99 104.94 และ 66.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยวิธีการตรวจวิเคราะห์แลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน มีความถูกต้องและแม่นยำ แสดงใน Table 1

Table 1 The results of Limit of Detection (LOD), Limit of Quantitation (LOQ) and percent recovery of lambda-cyhalothrin in samples.

Samples	Concentration fortified	Average of recovery (n=5)	(LOD)	(LOQ)
water	0.1986 µg/L	100.07	0.04 µg/L	0.13 µg/L
soil	0.0794 mg/kg	109.99	0.02 mg/kg	0.07 mg/kg
patch	0.3972 µg/100 cm^2	104.94	0.02 µg/100 cm^2	0.07 µg/100 cm^2
kale	0.1589 mg/kg	66.42	0.02 mg/kg	0.07 mg/kg

2. การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในตัวอย่างจากแปลงทดลอง

2.1 ตัวอย่างน้ำ

ตรวจวิเคราะห์แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน ไม่พบการตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในน้ำ แสดงใน Table 2 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.70 และ 7.31 ค่าการนำไฟฟ้า 475 และ 365 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร จากคุณสมบัติของแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน เมื่อพ่นลงไปในแปลงทดสอบ แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินจะถูกยึดเกาะกับดินอย่างเหนียวแน่น ไม่สามารถเคลื่อนย้าย (run-off) ไปสู่แหล่งน้ำบริเวณรอบๆ แปลงได้ (He *et al*., 2008) และแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินที่ปะปนในแหล่งน้ำจะสลายตัวอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 5-11 ชั่วโมง (Tomlin, 2006)

Table 2 The results of pesticide residue analysis of lambda-cyhalothrin in water at Nakhon Pathom and Suphanburi province.

Provinces	Average lambda-cyhalothrin residue (µg/L) (n=3)								
	day 0	day 1	day 3	day 5	day 7	day 10	day 14	day 21	day 30
Nakhon Pathom	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Suphanburi	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = Not detected (<LOD = 0.04 µg/L)
LOQ = 0.13 µg/L

2.2 ตัวอย่างน้ำล้างมือ-ล้างเท้าเกษตรผู้พ่นสาร

จากการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในน้ำล้างมือ-ล้างเท้าของเกษตรผู้พ่นสารแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี หลังการพ่นครั้งที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์ในน้ำล้างมือคนพ่นแปลงคะน้าในจังหวัดนครปฐมไม่พบการตกค้าง และจังหวัดสุพรรณบุรี พบตกค้างปริมาณ 0.13 และ 0.13 ไมโครกรัมต่อลิตร และในน้ำล้างเท้าคนพ่นจังหวัดนครปฐม พบตกค้างปริมาณ 0.23 และ 0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร และจังหวัดสุพรรณบุรี พบตกค้างปริมาณ 3.91 และ 2.72 ไมโครกรัมต่อลิตร แสดงใน Table 3 จากการตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในน้ำล้างมือคนพ่นแปลงคะน้าจังหวัดสุพรรณบุรี เนื่องจากเกษตรกรผสมแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในการพ่น ทำให้ได้รับสัมผัสสารโดยตรง และในน้ำล้างเท้าคนพ่น พบการตกค้างปริมาณค่อนข้างสูงในแปลงคะน้าสุพรรณบุรีมากกว่าแปลงนครปฐม เนื่องจากวันพ่นมีกระแสลมแรง ทำให้ละอองสารเกิดการฟุ้งกระจายมากกว่า ทำให้ได้รับสัมผัสสารที่บริเวณเท้ามาก

Table 3 The results of pesticide residue analysis of lambda-cyhalothrin in hand wash and feet wash at Nakhon Pathom and Suphanburi province.

Farmer	lambda-cylahothrin (µg/L)			
	Nakhon Pathom		Suphanburi	
	Spray no.1	Spray no.2	Spray no.1	Spray no.2
Hand wash	ND	ND	0.13	0.13
Feet wash	0.23	0.15	3.91	2.72

Remark: ND = Not detected (<LOD = 0.04 µg/L)
LOQ = 0.13 µg/L

2.3 ตัวอย่างน้ำล้างมือคนเก็บคะน้า

ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในน้ำล้างมือคนเก็บคะน้า พบการตกค้างแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมในช่วง 0 วัน และ 1 วัน ปริมาณ 0.45 และ 0.29 ไมโครกรัมต่อลิตร และแปลงคะน้าจังหวัดสุพรรณบุรี ปริมาณ 0.39 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่ 0 วัน แสดงใน Table 4 หลังพ่นที่ 3 วันไม่พบสารตกค้างทั้งสองแปลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยา photolysis ทำให้แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว (He *et al*., 2008)

Table 4 The results of pesticide residue analysis of lambda-cyhalothrin in picker's hand wash at Nakhon Pathom and Suphanburi province.

picker's hand wash	lambda-cyhalothrin (µg/L)	
	Nakhon Pathom	Suphanburi
day 0	0.45	0.39
day 1	0.29	ND
day 3	ND	ND
day 5	ND	ND
day 7	ND	ND
day 10	ND	ND
day 14	ND	ND
day 21	ND	ND
day 30	ND	ND

Remark: ND = Not detected (<LOD = 0.04 µg/L)
LOQ = 0.13 µg/L

2.4 ตัวอย่างดิน และตะกอน

การตรวจวิเคราะห์แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี ผลการตรวจวิเคราะห์ไม่พบการตกค้างในดินและตะกอน แสดงใน Table 5 และ 6 เนื่องจากการพ่นครั้งที่ 1 อายุคะน้าประมาณ 20 วัน มีความสูงของต้นประมาณ 15-20 เซนติเมตร และพ่นครั้งที่ 2 อายุคะน้าประมาณ 30 วัน ความสูงของต้นประมาณ 25-30 เซนติเมตร ต้นคะน้ามีความหนาและโตคลุมดิน ลักษณะการปลูกเกษตรกรได้คลุมดินด้วยฟางข้าวที่หนา ทำให้แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินที่พ่นไม่สามารถซึมผ่านลงไปบริเวณผิวดินได้ เมื่อระยะเวลาผ่านไปมีแสงแดดและสภาพอากาศที่ร้อนจัด ทำให้แลมบ์ดาไซฮาโลทรินเกิดปฏิกิริยา photolysis และสลายตัวไปอย่างรวดเร็ว จากรายงานการทดลองพ่นแลมบ์ดาไซฮา-โลทรินในแปลงพืช พบค่า half-life ประมาณ 30 วัน (WHO, 1990)

Table 5 The results of pesticide residue analysis of lambda-cyhalothrin in soil at Nakhon Pathom and Suphanburi province.

Provinces	Average lambda-cyhalothrin residue (mg/kg) (n=3)								
	day 0	day 1	day 3	day 5	day 7	day 10	day 14	day 21	day 30
Nakhon Pathom	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Suphanburi	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = Not detected (<LOD =0.02 mg/kg)
LOQ = 0.07 mg/kg

Table 6 The results of pesticide residue analysis of lambda-cyhalothrin in sediment at Nakhon Pathom and Suphanburi province.

Provinces	Average lambda-cyhalothrin residue (mg/kg) (n=3)								
	day 0	day 1	day 3	day 5	day 7	day 10	day 14	day 21	day 30
Nakhon Pathom	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Suphanburi	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Remark: ND = Not detected (<LOD =0.02 mg/kg)
LOQ = 0.07 mg/kg

2.5 ตัวอย่างแผ่นผ้า

การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน แปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรีในแผ่นผ้าที่ติดตามบริเวณส่วนต่างๆ ของร่างกาย (US.EPA, 1992) หลังการพ่นครั้งที่ 1 และ 2 ในทั้งสองแปลง พบสารพิษตกค้างมากที่สุด คือ บริเวณแข้งนอก โดยแข้งนอกแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐม ตกค้างปริมาณ 12.29 และ 9.94 ไมโครกรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร และสุพรรณบุรี ตกค้างปริมาณ 0.93 และ 4.79 ไมโครกรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร ส่วนบริเวณต้นขาทั้งสองข้าง แปลงคะน้าจังหวัดนครปฐม ตกค้างปริมาณ 0.55 และ 0.41 ไมโครกรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร และสุพรรณบุรี ปริมาณ 0.50 และ 0.92 ไมโครกรัมต่อ 100 ตารางเซนติเมตร แสดงใน Table 7 จากการพ่นครั้งที่ 1 และ 2 มีการปนเปื้อนในปริมาณที่สูงบริเวณส่วนของแข้งนอก เนื่องจากลักษณะการเดินพ่นในแนวราบ และมีกระแสลมค่อนข้างแรง เกิดการฟุ้งละอองสาร ทำให้การรับสัมผัสสารเกิดได้ค่อนข้างสูง

Table 7 The results of pesticide residue analysis of lambda-cyhalothrin in the patch at Nakhon Pathom and Suphanburi province.

Region of body	lambda-cyhalothrin (μg/100 cm^2)			
	Nakhon Pathom		Suphanburi	
	Spray no.1	Spray no.2	Spray no.1	Spray no.2
1. Head				
- Hat	ND	ND	ND	ND
- Nose	ND	ND	ND	ND
2. Shoulder	0.08	ND	ND	ND
3. Chest				
- Chest in	ND	ND	ND	ND
- Chest out	ND	ND	ND	ND
4. Elbow	0.10	ND	0.36	0.09
5. Back				
- Back in	ND	ND	ND	ND
- Back out	ND	ND	0.51	0.07
6. Upper leg	0.55	0.41	0.50	0.92
7. Lower leg				
- Lower leg in	0.10	0.09	ND	ND
- Lower leg out	12.29	9.94	0.93	4.79

Remark: ND = Not detected (<LOD =0.02 μg/100cm^2)
LOQ = 0.07 μg/100cm^2

2.6 ตัวอย่างคะน้า

การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในคะน้าแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี พบว่ามีการตกค้างในคะน้าได้นานประมาณ 10 วัน ในทั้งสองแปลงหลังการพ่นสาร โดยแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินจะถูกดูดซับได้ดีในส่วนของใบและลำต้นคะน้า หลังจากนั้นจะค่อยๆ สลายตัวไป และไม่พบการตกค้างในช่วง 14-30 วัน จากปฏิกิริยา photolysis และ hydrolysis ในแปลง (He *et al*., 2008) แสดงใน Table 8 และ 9

Table 8 The results of pesticide residue analysis of lambda-cyhalothrin in kale at Nakhon Pathom province.

Replicates (R)	Average lambda-cyhalothrin residue (mg/kg) (n=2)								
	day 0	day 1	day 3	day 5	day 7	day 10	day 14	day 21	day 30
R1	1.17	0.96	0.55	0.34	0.17	0.07	ND	ND	ND
R2	1.28	0.65	0.38	0.24	0.24	0.11	ND	ND	ND

Remark: ND = Not detected (<LOD =0.02 mg/kg)
LOQ = 0.07 mg/kg

Table 9 The results of pesticide residue analysis of lambda-cyhalothrin in kale at Suphanburi province.

Replicates	Average lambda-cyhalothrin residue (mg/kg) (n=2)								
(R)	day 0	day 1	day 3	day 5	day 7	day 10	day 14	day 21	day 30
R1	1.80	0.79	0.37	0.21	0.13	0.09	ND	ND	ND
R2	1.54	0.67	0.30	0.17	0.08	0.08	ND	ND	ND

Remark: ND = Not detected (<LOD =0.02 mg/kg)
LOQ = 0.07 mg/kg

3. การคำนวณระยะเวลาในการสลายตัวของแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน (Half-life, $t_{1/2}$) ในตัวอย่างน้ำ ดินและตะกอน

ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน ในตัวอย่างน้ำ ดินและตะกอน ไม่สามารถกำหนดค่าการสลายตัวลดลงจนมีปริมาณครึ่งหนึ่งได้ เนื่องจากไม่พบค่าการตกค้างในน้ำ ดินและตะกอนในแปลงคะน้า

4. ปริมาณสารพิษปนเปื้อนบนร่างกายเกษตรกรและประเมินความเสี่ยงจากการใช้แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในแปลงคะน้า

ผลการคำนวณสารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินที่ปนเปื้อนบนแผ่นผ้าในบริเวณส่วนต่างๆ ของร่างกาย ได้แก่ ส่วนศีรษะ (บริเวณหมวกและจมูก) บ่า อก (บริเวณอกในและอกนอก) ศอก หลัง (บริเวณหลังในและหลังนอก) ต้นขาและแข้ง (บริเวณแข้งในและแข้งนอก) พ่นครั้งที่ 1 และ 2 แปลงคะน้าจังหวัดนครปฐม พบมีการปนเปื้อนบริเวณต้นขา ปริมาณ 0.17 และ 0.14 µg/region ส่วนบริเวณแข้ง ปริมาณ 2.36 และ 2.12 µg/region ตามลำดับ ส่วนแปลงคะน้าสุพรรณบุรี ไม่พบการปนเปื้อน

ผลการคำนวณสารพิษตกค้างแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในน้ำล้างมือคนพ่นครั้งที่ 1 และ 2 แปลงคะน้าจังหวัดนครปฐม ไม่พบการปนเปื้อน และแปลงคะน้าสุพรรณบุรี พบการปนเปื้อน ปริมาณ 104.8 และ 108.9 µg/region ตามลำดับ ส่วนในน้ำล้างเท้า แปลงคะน้าจังหวัดนครปฐม พบการปนเปื้อน ปริมาณ 301.3 และ 196.5 µg/region และแปลงคะน้าสุพรรณบุรี พบการปนเปื้อน ปริมาณ 5,119.35 และ 3,558.48 µg/region ตามลำดับ

ผลการคำนวณผู้พ่นมีโอกาสปนเปื้อนสารพิษตกค้างชนิดแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินครั้งที่ 1 และ 2 แปลงคะน้านครปฐม ปริมาณ 0.0104 และ 0.0067 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน (mg/kg bw/day) และแปลงคะน้าสุพรรณบุรี ปริมาณ 0.1593 และ 0.1192 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน (mg/kg bw/day) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ประเมินระดับความเสี่ยงจากปริมาณการได้รับสัมผัสสารแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินเข้าสู่ร่างกายผู้พ่นสาร โดยใช้เกณฑ์การประเมินจาก Pesticide Risk Assessment (US.EPA, 1999) กำหนดค่า NOAEL มีค่าเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน และคำนวณหาค่า MOE โดยแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมค่า MOE เท่ากับ 96,154 และ 149,254 และแปลงคะน้าจังหวัดสุพรรณบุรี ค่า MOE เท่ากับ 6,276 และ 8,390 ตามลำดับ ซึ่งค่า MOE มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 100 ถือว่าอยู่ในระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ แสดงใน Table 10 และ 11

Table 10 Risk assessment of lambda-cyhalothrin in farmer at Naknon pathom province.

Farmer	Spray no.	lambda-cyhalothrin (mg/kg bw/day)	%Absorption	absorbed dose (mg/kg bw/day) (Exposure)	NOAEL (mg/kg bw/day)	MOE	Risk
Sprayer	1	0.0104	1.0	0.00010	10	96,154	accept
Sprayer	2	0.0067	1.0	0.00007	10	149,254	accept

Remark: Absorbed dose or Exposure (mg/kg bw/day) = (concentration of lambda-cyhalothrin (mg/kg bw/day) x %Absorption) / 100))
Margin of Exposure (MOE) = (NOAEL / Exposure)

Table 11 Risk assessment of lambda-cyhalothrin in farmer at Suphanburi province.

Farmer	Spray no.	lambda-cyhalothrin (mg/kg bw/day)	%Absorption	absorbed dose (mg/kg bw/day) (Exposure)	NOAEL (mg/kg bw/day)	MOE	Risk
Sprayer	1	0.1593	1.0	0.00159	10	6,276	accept
Sprayer	2	0.1192	1.0	0.00119	10	8,390	accept

การประเมินระดับความเสี่ยงจากปริมาณการได้รับสัมผัสสารแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินเข้าสู่ร่างกายคนเก็บคะน้าจากน้ำล้างมือหลังพ่นครั้งที่ 2 แปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี พบการปนเปื้อน ปริมาณ $3x10^{-5}$ และ $2x10^{-5}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน ตามลำดับ เมื่อคำนวณปริมาณปนเปื้อนที่สัมผัสร่างกาย กำหนดค่า %absorption เช่นเดียวกับแผ่นผ้า ผลประเมินความเสี่ยงคนเก็บคะน้าได้ค่า MOE เท่ากับ $3.3x10^{7}$ และ $5.0x10^{7}$ ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ แสดงดัง Table 12

Table 12 Risk assessment of lambda-cyhalothrin in picker's hand wash.

Locations	lambda-cyhalothrin (mg/kg bw/day)	%Absorption	absorbed dose (mg/kg bw/day) (Exposure)	NOAEL (mg/kg bw/day)	MOE	Risk
Nakhon Pathom	0.00003	1.0	0.0000003	10	$3.3x10^{7}$	accept
Suphanburi	0.00002	1.0	0.0000002	10	$5.0x10^{7}$	accept

5. ประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคคะน้า (Hazard Quotient, HQ)

ผลการประเมิน HQ จากแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี มีค่าเท่ากับ 0.19 และ 0.26 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ HQ เท่ากับ 1 จึงสรุปได้ว่า การใช้แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในแปลงคะน้าพันธุ์ศรแดงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค จากรายงานของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติได้กำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits; MRLs) ในผักตระกูลกะหล่ำเท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มกอช, 2559)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ/คำแนะนำ

จากการทดลองพ่นสารกำจัดศัตรูพืชชนิดแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในแปลงคะน้าจังหวัดนครปฐมและสุพรรณบุรี ผลการประเมินแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินที่ปนเปื้อนบนร่างกายเกษตรกรผู้พ่น พบบริเวณที่มีการปนเปื้อนมากและมีความเสี่ยงที่สุดคือบริเวณแข้งนอก รองลงมาคือส่วนของต้นขาทั้งสองข้าง จากการพ่นในครั้งที่ 1 และ 2 ผู้พ่นสารพิษแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินมีโอกาสปนเปื้อนปริมาณ 0.0104 และ 0.0067 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน แปลงคะน้านครปฐมและปริมาณ 0.1593 และ 0.1192 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน แปลงคะน้าสุพรรณบุรี ประเมินความเสี่ยงต่อผู้พ่นสาร (MOE) แปลงคะน้านครปฐม มีค่า MOE เท่ากับ 96,154 และ 149,254 และแปลงคะน้าสุพรรณบุรี ค่า MOE เท่ากับ 6,276 และ 8,390 โดยเกณฑ์ค่า MOE≥100 เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ซึ่งเกษตรกรสามารถปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย และผลการประเมินความเสี่ยงต่อผู้บริโภคคะน้า (HQ) มีค่าเท่ากับ 0.19 และ 0.26 ตามลำดับ โดยน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ HQ เท่ากับ 1 ผู้บริโภคสามารถบริโภคคะน้าได้อย่างปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ จากเกณฑ์กำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRLs) ในผักตระกูลกะหล่ำ 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินในคะน้า ใช้สูตร 2.5% EC ในปริมาณ 60 กรัมต่อน้ำสะอาด 20 ลิตร พ่นสาร 2 ครั้ง เมื่อพบการระบาดของศัตรูพืช โดยใช้เทคนิคการพ่นด้วยเครื่องยนต์แรงดันสูง (High pressure pump sprayer) ผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ไม่พบการตกค้าง จึงไม่สามารถกำหนดค่า half life ได้ การใช้กำจัดศัตรูพืช เกษตรกรผู้พ่นสารควรระมัดระวังในการพ่นและควรใช้อุปกรณ์ป้องกัน เช่น หน้ากาก ถุงมือ รองเท้าบูท เป็นต้น และต้องปฏิบัติตามคำแนะนำในการใช้แลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินของกรมวิชาการเกษตรอย่างเคร่งครัด

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรเพื่อให้การใช้สารแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินเป็นไปอย่างระมัดระวังและถูกต้อง เพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตลอดจนสิ่งแวดล้อม
2. เป็นข้อมูลสำหรับกรมวิชาการเกษตร ใช้พิจารณาประเมินความเสี่ยงภัยจากการใช้สารพิษแลมบ์ดา-ไซฮาโลทรินเพื่อใช้ประกอบการขอขึ้นทะเบียน หรือการห้ามใช้
3. เผยแพร่ข้อมูลที่ได้สู่สาธารณชน และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนผู้ที่สนใจทั่วไป
4. เพื่อการบริหารจัดการควบคุมวัตถุมีพิษทางการเกษตรที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงภัยสูง ตามภารกิจของกรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2564. รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช พืชอายุสั้น กลุ่มพืชผักชนิดคะน้า ปี 2564.

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. การป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร:กรุงเทพฯ.

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร. 2564. การหาปริมาณสารพิษตกค้างในกลุ่มผักใบ ผลไม้ตระกูลส้ม มะเขือเทศและมะม่วง โดยวิธี Ethyl Acetate Method ด้วยเทคนิค LC-MS/MS (TM-T04-R07). 16 หน้า.

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร. 2565ก. วิธีทดสอบสารพิษกลุ่ม Organochlorines ในน้ำ โดยวิธี Gas Chromatography (TM-T04-I01). 10 หน้า.

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร. 2565ข. วิธีทดสอบสารพิษกลุ่ม Organochlorines กลุ่ม Pyrethroids และกลุ่ม Organophosphorus ในดิน โดยวิธี Gas Chromatography (TM-T04-I02). 12 หน้า.

มกอช. 2559. มาตรฐานสินค้าการเกษตร มกษ.9002-2559 สารพิษตกค้าง:ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นจาก www.acfs.go.th/standard/download/maximum-residue_limit.pdf [ม.ค.2562].

มานิตา คงชื่นสิน, ชนิดา อุณหวุฒิ, ศรุต สุทธิอารมณ์, ยุวลักษณ์ ขอประเสริฐ, จีรนุช เอกอำนวย, สมศักดิ์ ศิริพลตั้งมั่น และคณะ. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูพืช ปี 2553. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กลุ่มกีฏและสัตววิทยา.

Back, C.A. 1965. “Method of soil analysis: part I physical and mineralogical properties”. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

He, L-M., J. Troiano, A. Wang and K. Goh. 2008. Environmental Chemistry, Ecotoxicity, and Fate of Lambda-Cyhalothrin. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. pp. 71-88.

Merck. 2021. Empirical Formula lambda-cyhalothrin. [online]. Available from https://www.sigmaaldrich.com/TH/en/product/sial/31058 (December 2021)

OECD. 1997. Method for measuring dermal exposure. In Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application.

Tomlin, C. 2006. **The Pesticide Manual**. 14th ed. BCPC: UK. p. 1349.

US.EPA. 1987. Pesticide Assessment Guidelines, Subdivision K. Exposure: Re-entry Protection, US.EPA. Washington D.C.

US.EPA. 1992. Dermal exposure assessment: principles and application, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

US.EPA. 1999. The role of use-related Information in pesticide risk assessment and risk management. Office of Pesticide Program, Item:6039 (June 29, 1999).

US.EPA. 2005. Characterizing Risk and Hazard. Human Health Risk Assessment Protocol, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

WHO. 1990. International Programme on Chemical Safety Environmental Health Criteria99: Cyhalothrin. World Health Organization Geneva. Switzerland.