

การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินต่อสุขภาพของเกษตรกร  
ผู้ปลูกคะน้าในจังหวัดขอนแก่น  
**Risk Assessment of Pesticide Residues in Soil to Health of Chinese kale  
Growers in Khon Kaen Province, Northeast Thailand**

จารุพงศ์ ประสพสุข<sup>1</sup>, สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์<sup>1</sup>, อรุณี พรหมคำบุตร<sup>1</sup> ชูลีมาศ บุญไทย อิวาย<sup>2</sup>  
Jarupong Prasopsuk<sup>1</sup>, Suwit Laohasirivong<sup>1</sup> Arunee Promkhambut<sup>1</sup> Chuleemas Boonthai Iwai<sup>2</sup>

*Received 23 Jun 2019/Revised 10 Sep.2019/Accepted 03 Oct 2019*

### ABSTRACT

This research, aims to study the role of GAP (Good Agricultural Practices) on reducing the health impact from pesticide risk on farmers. The commercial vegetables growing village in Mueang district, Khon Kaen province was chosen to conduct this study. Farmers in the same village were divided into two groups, i.e. farmers who participated in GAP program and those who did not (non-GAP). Ten farmers in each group were purposively selected. Data were collected by surveying, interviewing and laboratory analysis. Pesticide risk in soil was assessed by Hazard Index (HI). A total of 20 soil samples of Chinese kale plots, 10 each from GAP and Non-GAP plots were analyzed for the presence of 152 pesticides using QuEChERS multi-residue extraction, followed by LC-MS/MS. They were taken at harvesting stage from March to May of 2018. The results showed that pesticide residues were found in all 20 soil samples taken from both GAP and non-GAP plots. From GAP plots residues of 7 pesticides were found. They were alachlor, carbosulfan, chlorantraniliprole, cypermethrin, imidacloprid, metalaxyl and profenofos. From non-GAP plots residues of 14 pesticides were found. They were acetamiprid, acetochlor, alachlor, carbaryl, carbosulfan, chlofenapyr, chlorfraniliprole, chlorpyrifos, cypermethrin, dinotefuran, imidacloprid, indoxacarb, profenofos and tofenpyred. Assessment of health risk in terms of HI showed that, the average HI of GAP farmer was  $0.36 \times 10^{-4}$ , and of non-GAP farmer was  $2.02 \times 10^{-4}$ . HI values in both groups were less than 1 which were considered acceptable for health risk. However, frequencies of detected pesticides in soil of non-GAP plots were found higher than those of GAP plots. This indicated that non-GAP farmers were more likely to be exposed to pesticide residues from the soil than GAP farmers.

**Key words:** pesticide risk; Good Agricultural Practices; hazard index

<sup>1</sup> สาขาเกษตรเชิงระบบเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

<sup>1</sup> Program on System Approaches in Agriculture for Sustainable Development, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

<sup>2</sup> ภาควิชาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

<sup>2</sup> Department of Soil Science and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

\* Corresponding author: ja.prasopsuk@gmail.com

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) ต่อความเสี่ยงจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินที่มีต่อสุขภาพของเกษตรกร ได้ศึกษาระดับครัวเรือนโดยเลือกหมู่บ้านที่เกษตรกรมีอาชีพปลูกผักเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น จำแนกเกษตรกรในหมู่บ้านเดียวกันเป็น 2 กลุ่ม คือ เกษตรกรที่ร่วมโครงการ GAP และ เกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการ GAP (non-GAP) โดยเลือกตัวอย่างเกษตรกรแบบเฉพาะเจาะจงกลุ่มละ 10 ราย ใช้วิธีการสำรวจแปลงและสัมภาษณ์ ร่วมกับการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ประเมินความเสี่ยงสารพิษตกค้างในดินด้วยค่าดัชนีบ่งชี้อันตราย (Hazard Index, HI) ทำการศึกษาระหว่างเดือน มีนาคม-พฤษภาคม 2561 โดยเก็บตัวอย่างดินแปลงปลูกคะน้าแปลง GAP และ non-GAP ในระยะเก็บเกี่ยว จำนวน 20 แปลง นำมาตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 152 ชนิดสาร ด้วยเครื่อง LC-MS/MS ผลการศึกษาพบว่า ดินแปลงปลูกคะน้าทั้ง GAP และ non-GAP พบสารพิษตกค้างทุกแปลง ชนิดสารพิษที่ตรวจพบในแปลง GAP มีจำนวน 7 ชนิดสาร ได้แก่ alachlor carbosulfan chlorantraniliprole cypermethrin imidacloprid metalaxyl และ profenofos ขณะที่ตัวอย่างดินจากแปลง non-GAP พบสารพิษ 14 ชนิดสาร ได้แก่ acetamiprid acetochlor alachlor carbaryl carbosulfan chlofenapyr chlorantraniliprole chlorpyrifos cypermethrin dinotefuran imidacloprid indoxacarb profenofos และ tofenpyred การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้วยค่า HI พบว่า เกษตรกรจากแปลง non-GAP มีค่าเฉลี่ย HI เท่ากับ  $2.02 \times 10^{-4}$  ขณะที่เกษตรกรแปลง GAP มีค่าเฉลี่ย HI เท่ากับ  $0.36 \times 10^{-4}$  เป็นค่าที่น้อยกว่า 1 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความถี่การตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินแปลง non-GAP มากกว่าแปลง GAP ดังนั้นเกษตรกร non-GAP จึงมีโอกาสได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายมากกว่าเกษตรกร GAP

**คำสำคัญ:** ความเสี่ยงจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี, ค่าดัชนีบ่งชี้อันตราย

## บทนำ

ปัจจุบันสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีบทบาทสำคัญในภาคการเกษตร ทั้งนี้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อจัดการศัตรูพืชที่สร้างความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดความเสี่ยงทางสุขภาพของเกษตรกร และสิ่งแวดล้อม เพราะสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยตรงจากการสัมผัสดิน น้ำ และอากาศ (Exttoxnet, 1998) ดังนั้น เกษตรกรจึงเป็นกลุ่มแรกที่มีความเสี่ยงอันตรายจากการได้รับสารพิษ สำหรับการแก้ไขปัญหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างประเทศไทยได้กำหนดมาตรการเพื่อลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยใช้แนวทางการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) ซึ่งถือเป็นแนวทางปฏิบัติพื้นฐานเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อเกษตรกร สิ่งแวดล้อม และเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [มกอช], 2556) โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดแผนยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีทางการเกษตรปี 2560-64 มีเป้าหมายเพิ่มพื้นที่ GAP ไม่น้อยกว่า 5% ต่อปี (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560) นอกจากนี้ในแผนยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2555-2564) กำหนดให้เกษตรกรนำแนวทาง GAP มาปฏิบัติในภาคการเกษตรเพื่อลดการใช้สารเคมี (คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนายุทธศาสตร์การจัดการสารเคมี, 2554) สำหรับหลักการสำคัญของ GAP พืชอาหาร มี 4 ด้าน คือ ความปลอดภัยอาหาร (Food Safety) การจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental management) สุขภาพความปลอดภัยและสวัสดิภาพของผู้ปฏิบัติงาน (Worker health, Safety and welfare) และคุณภาพของผลิตผล (Produce Quality) โดยมีข้อ

กำหนด 8 รายการ ได้แก่ 1) น้ำ 2) พื้นที่ปลูก 3) การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร 4) การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว 5) การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว 6) การพักผลผลิต การขนย้ายในแปลงปลูก และเก็บรักษา 7) สุขลักษณะส่วนบุคคล และ 8) การบันทึกข้อมูล และการทวนสอบย้อนกลับ (มกอช, 2556) ตามหลักการแล้วหากเกษตรกรปฏิบัติตามแนวทาง GAP จะสามารถลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ และจะช่วยลดความเสี่ยงจากการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายได้

การประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของเกษตรกร สามารถศึกษาจากการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่มีสารพิษปนเปื้อน ดังเช่น การประเมินความเสี่ยงสารพิษตกค้างในดินต่อสุขภาพ เป็นการรวมค่า HQ (hazard quotient) ของแต่ละชนิดสารที่พบตกค้างในดิน ซึ่งมาจากการคำนวณค่า LADD (lifetime average daily dose) หมายถึง ปริมาณสารพิษน้อยที่สุดที่ร่างกายรับได้จากการกลืนกินสารพิษต่อน้ำหนักต่อวัน ซึ่งได้จากข้อมูลชนิดและปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง อัตราการกลืนกิน ความถี่ในการสัมผัส ระยะเวลาที่รับสารพิษ เทียบกับค่า RfD (reference dose) ซึ่งเป็นค่าอ้างอิง (คือ ค่าปริมาณสารพิษที่น้อยที่สุดที่ร่างกายรับได้โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายหรือเป็นพิษต่อร่างกาย) ผลรวมค่า HQ จะได้ค่า hazard index (HI) (U.S.EPA, 2003; U.S.EPA, 2008) Kumar *et al.*, (2014) ได้ประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (OCPs) สองชนิด คือ DDT และ HCH ต่อผู้ใหญ่และเด็กที่สัมผัสกับดินทุกวัน เมื่อคำนวณค่า LADD เทียบกับค่า RfD แล้ว พบว่า ค่า HQ ผู้ใหญ่ อยู่ระหว่าง  $1.8 \times 10^{-6}$  ถึง  $1.4 \times 10^{-4}$  และ HQ เด็ก อยู่ระหว่าง  $9.5 \times 10^{-6}$  ถึง  $7.2 \times 10^{-4}$  ผลการประเมินความเสี่ยงอยู่ในระดับยอมรับได้ (HQ < 1) และ Farina *et al.*, (2016) ได้ประเมิน

ความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินในเขตพื้นที่เกษตรกรรมของ Cameron Highlands ประเทศมาเลเซีย ซึ่งเป็นแหล่งผลิตผักรายใหญ่ที่สุดในประเทศ โดยหาปริมาณความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างดินที่เก็บมาจากแปลงปลูกผัก แล้วนำผลการวิเคราะห์ในดินแปลงปลูกผักชนิดต่าง ๆ มาประเมินความเสี่ยงต่อเด็กและผู้ใหญ่ โดยแยกประเมินความเสี่ยงตามกลุ่มสารเมื่อคำนวณ ค่า HQ ผลการประเมินก็อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

คะน่า เป็นพืชผักที่คนไทยนิยมบริโภค สามารถปลูกได้ทั่วประเทศ และปลูกได้ตลอดทั้งปี (สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2551) ในปี 2559 มีเกษตรกรปลูกคะน่าทั่วประเทศ ประมาณ 13,616 ครัวเรือน และเกษตรกรผู้ปลูกคะน่าใน จ.ขอนแก่น ได้รับการรับรองแปลงคะน่า GAP แล้ว 12 ราย จากทั้งประเทศ มี 65 ราย (กรมวิชาการเกษตร, 2562) เกษตรกรผู้ปลูกคะน่าเชิงพาณิชย์ จะปลูกต่อเนื่องตลอดปี และมักพบปัญหา วัชพืช โรคและแมลงศัตรูพืชบ่อยครั้ง เกษตรกรส่วนใหญ่ได้เลือกใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช แต่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่องนอกจากจะส่งผลทำให้พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลผลิตแล้ว ยังอาจพบการตกค้างในสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน และแหล่งน้ำได้ โดยเฉพาะดินบริเวณแปลงปลูกที่เกษตรกรสัมผัสโดยตรงขณะทำงานในแปลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ปลูกผักคะน่าเชิงพาณิชย์ใน จ.ขอนแก่น โดยเปรียบเทียบระหว่างเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ GAP และไม่เข้าร่วมโครงการ GAP (non-GAP) ใช้วิธีประเมินความเสี่ยงโดยใช้ค่า HI ร่วมกับข้อมูลและพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกร ซึ่งจะนำไปสู่คำตอบเบื้องต้นว่า GAP ช่วยลดการใช้สารเคมีและลดความเสี่ยงจากการได้รับสารพิษตกค้างในแปลงปลูกผักได้หรือไม่

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงในหมู่บ้านที่มีอาชีพปลูกผักคะน้าเชิงพาณิชย์ คือ หมู่ที่ 3 ต.ตำบลดอนหัน อ.เมือง จ.ขอนแก่น เป็นหมู่บ้านที่ปลูกผักเป็นอาชีพมากกว่า 30 ปี มีจำนวนเกษตรกร 110 ครัวเรือน เกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง ได้แบ่งเกษตรกรเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเกษตรกรที่ทำการเกษตรแบบ GAP จำนวน 10 ราย และแบบ non-GAP จำนวน 10 ราย โดยทำการสำรวจแปลงปลูกผักคะน้า และสัมภาษณ์เกษตรกรพร้อมกับการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน และวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน

### 2. การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากแปลง ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2548) จำนวน 10 แปลงต่อกลุ่ม ศึกษาในแปลงที่มีการปลูกคะน้าในช่วงเดือน มีนาคม ถึง พฤษภาคม 2561 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกคะน้าในระยะเก็บเกี่ยว แปลงละหนึ่งตัวอย่าง ทำการสุ่มเก็บให้ทั่วแปลง (random sampling) แปลงละ 10 จุด ใช้เสียมขุดดินลงไปเป็นหลุมรูปตัววี (V) ลึกประมาณ 6-7 นิ้วจากผิวดิน ทุ้งดินส่วนแรกแล้วใช้เสียมขุดดินข้างหลุม ข้างใดข้างหนึ่งหนาประมาณ 1-2 นิ้ว รวมดินทั้งหมดจากทุกจุดเข้าเป็นตัวอย่างเดียวกัน แล้วเก็บในภาชนะบรรจุให้ได้น้ำหนัก 1 กก. นำส่งห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชม. ภายใต้สภาวะเย็น

### 3. การวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

ใช้วิธีการสกัด แบบ QuEChERS (Anastassiades *et al.*, 2003) โดยประยุกต์จากวิธีของ Vera *et al.*, (2013), และ Zhang *et al.*, (2012) ตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง จำนวน 152 ชนิดสาร ครอบคลุมสารกำจัดวัชพืช (Herbicide) 26 ชนิดสาร สารกำจัดแมลง

(Insecticide) 90 ชนิดสาร และสารป้องกันกำจัดโรคพืช (Fungicide) 36 ชนิดสาร ด้วยเครื่อง liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) วิธีนี้ใช้ acetonitrile ในการสกัดแบบขั้นตอนเดียว และทำการแยกน้ำในตัวอย่างด้วย  $MgSO_4$  ทำให้สะอาดขึ้นด้วย Dispersive-Solid-phase extraction (dispersive-SPE) เพื่อกำจัดกรดอินทรีย์ น้ำส่วนเกินและส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วย primary secondary amine (PSA) C18 และ  $MgSO_4$  (Anastassiades *et al.*, 2003). เก็บตัวอย่างรอวิเคราะห์ในสภาวะเย็นที่อุณหภูมิ 4°C. และทำการวิเคราะห์ภายใน 24 ชม.

### 4. การปรับสภาวะของเครื่อง LC-MS/MS

ใช้เครื่อง LC-MS/MS รุ่น Compact ESI-Q-TOF ยี่ห้อ Bruker และ เครื่อง liquid chromatography (HPLC Ultimate 3000 series, Thermo Scientific) ต่อเชื่อมแบบ electrospray ionization (ESI). แยกสารด้วย column C18 Thermo scientific Acclaim™ RSLC C18 120, 120A 2.1x100 mm, and 2.2  $\mu m$  particle sizes. Column Temperature 30 °C, Injection volume 5  $\mu l$ , ow rate, 0.2 ml/min Mobile Phase: A เตรียมจาก 10% MeOH, 5 mM ammonium formate และ 0.01% formic acid 99% Mobile Phase: B เตรียมจาก MeOH, 5 mM ammonium formate และ 0.01% formic acid 1% Total cycle time: 20 min MS Conditions, Source: ES End Plate Offset: 500 V, Capillary: 4500 V, Spray condition: Positive mode, Dry Gas: 8.0 L/min, Dry Temp: 180 C and Nebulizer: 2.0 Bar.

### 5. สารเคมีและสารมาตรฐาน

Magnesium sulphate anhydrous (Sigma-Aldrich), sodium chloride (Sigma-Aldrich), primary secondary amine particle

size 40 m (Agela Technology), HPLC-grade acetonitrile (Merck), สารมาตรฐาน 152 ชนิด สาร (Dr.Ehrenstorfer) มี Purity >98% เตรียม stock standard solutions ที่ความเข้มข้น 1,000 mg/L ด้วย acetonitrile

## 6. การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินต่อสุขภาพของเกษตรกร

ค่าความเสี่ยงประเมินจากดัชนีชี้วัดความเสี่ยง (HI) มีเกณฑ์กำหนด คือ HI มากกว่า 1 หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ในระดับเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกร หาก HI น้อยกว่า 1 แสดงว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ในระดับยอมรับได้ ค่า HI เป็นการรวมค่า HQ (hazard quotient) ของแต่ละชนิดสารที่พบตกค้างในดิน โดยค่า HQ คำนวณจากค่า LADD (ปริมาณสารพิษน้อยที่สุดที่ร่างกายรับได้จากการกลืนกินต่อน้ำหนักต่อวัน) เทียบกับค่า RfD (ค่าอ้างอิง คือค่าปริมาณสารพิษที่น้อยที่สุดที่ร่างกายรับได้โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายหรือเป็นพิษต่อร่างกาย) มีสมการคำนวณ ดังนี้

$$LADD = (C_{soil} * CF * IR_{soil} * EF * ED) / (BW * AT) \quad (\text{สมการ 1})$$

เมื่อ: LADD; ปริมาณสารพิษเฉลี่ยต่อวันจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง (มก./กก.-วัน),

C<sub>soil</sub>; ความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินที่แปลงปลูกพืช (มก./กก.),

CF; unit conversion factor = 10<sup>-6</sup> กก./มก.

IR<sub>soil</sub>; อัตราการได้รับสารพิษที่ตกค้างในดิน (มก./วัน), 100 มก./วัน สำหรับผู้ใหญ่ (U.S. EPA. 2008)

EF; ความถี่ของการสัมผัส (365 days/year), ED; ระยะเวลาที่สัมผัส (years) 70 ปี สำหรับผู้ใหญ่ (U.S. EPA. 2003)

BW; ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (kg); สำหรับผู้ใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ น้ำหนักเฉลี่ย 62.64 กก. (ผู้หญิง= 68.8 กก., ผู้ชาย =56.48 กก.) (Wells et al., 2012)

AT; ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย (days) (EF x ED)

การคำนวณค่าความเสี่ยงจากสารพิษตกค้างได้จากค่า hazard quotient (HQ) ซึ่งคำนวณจากค่า LADD และค่า RfD ดังสมการต่อไปนี้:

$$HQ = LADD / RfD$$

(สมการ 2)

เมื่อ: RfD คือ reference dose เฉพาะของแต่ละสารเคมีกำจัดศัตรูพืช มก./กก.-วัน ใช้ค่า RfD ตามข้อมูล Pesticide Properties Database (PPDB) (IUPAC, 2019) และ IRIS Assessment (U.S. EPA, 2018)

ค่าการประเมินความเสี่ยงได้จากการรวมค่า HQ ได้ค่า hazard index (HI) คำนวณจากสมการดังนี้

$$HI = \sum HQ_i$$

(สมการ 3)

เมื่อ: HQ<sub>i</sub>; hazard quotient ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช i

เมื่อ HI >1 หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ในระดับเสี่ยงต่อเกษตรกร,

HI <1 หมายถึง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ในระดับยอมรับได้

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. การจัดการศัตรูพืชในแปลงคะน้าของเกษตรกร

จากการสัมภาษณ์ตัวแทนเกษตรกรในหมู่บ้านปลูกผักเชิงพาณิชย์ จำนวน 20 ราย พบว่าเกษตรกรเริ่มจัดการศัตรูพืชในแปลง เมื่อคะน้าอายุ 1-5 วัน โดยใช้สารกำจัดวัชพืช เพื่อคลุมหญ้าและเมล็ดวัชพืช ช่วงอายุคะน้า 5-10 วัน ใช้สารกำจัดแมลง เพื่อกำจัดด้วงหมัดผัก (flea beetle) ชนิดแมลงที่พบมีทั้ง ชนิดปีกเหลืองแถบน้ำตาล (*Phyllotreta exuosa*) และชนิดปีกดำหรือปีกสีน้ำเงินเข้ม (*Phyllotreta chontanica*) ซึ่งจะฉีดพ่นพร้อมกับการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชใบแคบ ช่วงอายุคะน้า 10-15 วัน ฉีดพ่นสารกำจัดแมลงเพื่อกำจัดด้วงหมัดผัก ช่วงอายุคะน้า 15-20 วัน ฉีดพ่นสารกำจัดแมลงเพื่อกำจัดหนอนใย (diamondback moth) หนอนกระทู้ผัก (common cutworm) หนอนหน้างเหนียว (beet armyworm) ที่มากัดกินบริเวณใบ และช่วงอายุคะน้า 20-40 วัน เกษตรกรฉีดพ่นสารตามการระบาดของโรคและแมลง โดยแมลงศัตรูที่สำคัญของคะน้าในระยะนี้ คือ กลุ่มหนอนและด้วงหมัดผัก ส่วนโรคที่พบ คือ ราเน่าค้ำงและโรคใบจุด

## 2. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรกลุ่ม GAP ใช้

ชนิดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกร GAP ใช้ คือ สารเคมีกำจัดวัชพืช มี 3 ชนิด ได้แก่ alachlor, haloxyfop-p- methyl และ oxadiazon สารเคมีกำจัดแมลงเพียง 11 ชนิด ได้แก่ abamectin, acetamiprid, carbaryl, chlorfenapyr, chlorantraniliprole, cypermethrin, dichlorvos, imidacloprid, profenofos, spinetoram และ tolfenpyrad เนื่องจากสารเคมีประเภทตกค้างนาน เช่น chlorpyrifos เป็นชนิดสารที่ผู้รับซื้อผักรายใหญ่ห้ามใช้ ส่วนสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชมี 1 ชนิด คือ mancozeb การฉีดพ่นสารเคมีกำจัด

แมลงมีความถี่มากที่สุด ส่วนใหญ่ฉีดพ่นทุก 7 วัน อัตราการฉีดพ่นเกษตรกรจะฉีดพ่นตามคำแนะนำในฉลาก (Table 1) นอกจากนี้ กลุ่มเกษตรกร GAP ยังมีการใช้สารชีวภัณฑ์และสารทดแทน คือ ไล่เดือนฝอยกำจัดแมลง (*Steinernema sp.*), บีที (*Bacillus thuringiensis*), ไตรโคเดอร์ม่า (*Trichoderma harzianum*), natural oil และ สะเดา สำหรับชนิดเครื่องพ่นสารเคมีที่เกษตรกรใช้ คือ เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง บั้มแรงดันต่ำ โดยใช้พลังงานแบตเตอรี่ ชนิดหัวพ่นเป็นแบบกรวย เกษตรกรใช้ฉีดพ่นทั้งสารเคมีกำจัดแมลงและสารเคมีกำจัดวัชพืช

**Table 1** Pesticide application of GAP farmers in Chinese kale plots

| Pesticides          | Type | % active ingredient | Application rate per 20 L water | Label guidance for use limits per 20 L water | Frequency of application per crop |
|---------------------|------|---------------------|---------------------------------|--|-----------------------------------|
| abamectin           | I    | 1.8%W/V EC          | 20-30 ml                        | 30 ml  | 3-6                               |
| acetamiprid         | I    | 20% SP              | 5 g                             | 5 g  | 2                                 |
| alachlor            | H    | 48%W/V EC           | 150 ml                          | 150 ml                                       | 1                                 |
| carbaryl            | I    | 85% W/V EC          | 20 g                            | 30-50 g                                      | 1                                 |
| chlorfenapyr        | I    | 10%W/V EC           | 40 ml                           | 40 ml  | 1                                 |
| chlorantraniliprole | I    | 5.17%W/V SC         | 40 ml                           | 40 ml  | 2                                 |
| cypermethrin        | I    | 35%W/V EC           | 10-20 ml                        | 10-20 ml                                     | 1-6                               |
| dichlorvos          | I    | 50%W/V EC           | 40 ml                           | 40 ml  | 3                                 |
| haloxyfop-p-methyl  | H    | 10.8%W/V EC         | 50 ml                           | 40-50 ml                                     | 1                                 |
| imidacloprid        | I    | 70% WG              | 5 g                             | 3-5 g  | 2                                 |
| mancozeb            | F    | 80%WP               | 50 g                            | 30-50 g                                      | 1                                 |
| oxadiazon           | H    | 25%W/V EC           | 100 ml                          | 75-100 ml                                    | 1                                 |
| profenofos          | I    | 50%W/V EC           | 20 ml                           | 20 ml  | 3                                 |
| spinetoram          | I    | 12%W/V SC           | 15 ml                           | 30 ml  | 3                                 |
| tolfenpyrad         | I    | 16% EC              | 20 ml                           | 20 ml  | 1                                 |

**Remark:** Collected samples (N=10) from GAP farmers interviews in March to May 2018 of Donhun Sub-district Muang District Khon Kaen Province Thailand. I = Insecticide, H = Herbicide, F = Fungicide, Application rate per 400 m<sup>2</sup> plot size.

## 3. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรกลุ่ม non-GAP ใช้

ชนิดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกร non-GAP ใช้ คือ สารเคมีกำจัดวัชพืช มี 3 ชนิด

ได้แก่ alachlor, haloxyfop-P- methyl และ oxadiazon สารเคมีกำจัดแมลง มี 14 ชนิด ได้แก่ abamctin, carbaryl, cypermethrin, chlorpyrifos+ cypermethrin, chlorfenapyr, dichlorvos,

diazinon, dinotefuran, Emamectin, benzoate, imidacloprid, indoxacarb, profenofos, spinetoram และ tolfenpyrad ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช 1 ชนิด คือ mancozeb ความถี่ในการฉีดพ่นในแต่ละรอบการผลิตมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการระบาดของศัตรูพืช แต่ส่วนใหญ่ฉีดพ่นทุก 7 วัน อัตราการฉีดพ่นมีชนิดสารที่เกษตรกรบางรายฉีดพ่นเกินกว่าปริมาณคำแนะนำเนื่องจากอัตราที่ระบุในฉลากไม่สามารถกำจัดศัตรูพืชตามที่ต้องการได้ (Table 2) โดยแหล่งซื้อสารเคมีของเกษตรกร non-GAP ส่วนใหญ่จะซื้อสารที่มีจำหน่ายภายในชุมชน สาเหตุที่เกษตรกรใช้สารเคมีในอัตราสูงกว่าคำแนะนำ อาจเป็นเพราะเกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มเดียวกัน

อย่างต่อเนื่อง ทำให้แมลงเกิดการต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มนั้น ๆ ดังนั้น เกษตรกรจะต้องเรียนรู้การบริหารความต้านทาน (IRM) ต่อสารเคมีกำจัดแมลงอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้สารเคมีแบบหมุนเวียนตามกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์ โดยติดต่อขอข้อมูลได้ที่ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2553) ส่วนการที่เกษตรกรยังใช้สาร chlorpyrifos ภาครัฐควรแจ้งไปยังเกษตรกรให้ทราบเกี่ยวกับมาตรการควบคุมไม่อนุญาตให้ใช้สารชนิดนี้ในการปลูกพืชผักโดยกฎหมายมีผลบังคับใช้ 20 ตุลาคม 2562 เป็นต้นไป (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2562)

**Table 2** Pesticide application of non-GAP farmers in Chinese kale plots

| Pesticides                | Type | % Active ingredient | Application         | Label guidance                | Frequency of         |
|---------------------------|------|---------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|
|                           |      |                     | rate per 20 L water | for use limits per 20 L water | application per crop |
| abamectin                 | I    | 1.8%W/V EC          | 20-30 ml            | 30 ml                         | 3-6                  |
| alachlor                  | H    | 48%W/V EC           | 100-175 ml          | 150 ml                        | 1                    |
| acetamiprid               | I    | 20% SP              | 5 g                 | 5 g                           | 2                    |
| carbaryl                  | I    | 85%WP               | 30 g                | 30-50 g                       | 3                    |
| chlorfenapyr              | I    | 10%W/V EC           | 40 ml               | 40 ml                         | 1                    |
| chlorpyrifos+cypermethrin | I    | 50%+5%W/V EC        | 20 ml               | 50 ml                         | 6                    |
| cypermethrin              | I    | 35%W/V EC           | 10-30 ml            | 40-60ml                       | 3                    |
| diazinon                  | I    | 60% W/V EC          | 40 ml               | 20 ml                         | 1                    |
| dichlorvos                | I    | 50%W/V EC           | 10-60 ml            | 40 ml                         | 2-6                  |
| dinotefuran               | I    | 10% WP              | 10-15 g             | 10-20 g                       | 1-4                  |
| emamectin benzoate        | I    | 5% WG               | 10 g                | 5 g                           | 2                    |
| haloxyfop-p- methyl       | H    | 10.8%W/V EC         | 50 ml               | 40-50 ml                      | 1                    |
| imidacloprid              | I    | 70% WG              | 10 g                | 3-5 g                         | 2                    |
| indoxacarb                | I    | 15%W/V EC           | 10 ml               | 10-15ml                       | 1                    |
| mancozeb                  | F    | 85%WP               | 40 g                | 30-50 g                       | 6                    |
| oxadiazon                 | H    | 25%W/V EC           | 100 ml              | 75-100 ml                     | 1                    |
| profenofos                | I    | 50%W/V EC           | 10 ml               | 20 ml                         | 4                    |
| spinetoram                | I    | 12% W/V SC          | 10 ml               | 30 ml                         | 4                    |
| tolfenpyrad               | I    | 16% EC              | 40 ml               | 20 ml                         | 1-5                  |

Remark: Collected samples (N=10) from non- GAP farmers interviews in March to May 2018 of Donhun Sub-district, Muang District, Khon Kaen Province, Thailand. I = Insecticide, H =Herbicide, F = Fungicide, Application rate per 400 m2 plot size.

การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดในแปลงค่น้ำทั้งแปลง GAP และ non-GAP เนื่องจากช่วงเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม 2561 ในพื้นที่ศึกษามีการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชทำให้เกษตรกรบางรายไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อส่งจำหน่ายได้ อย่างไรก็ตามชนิดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรใช้ในการปลูกผักค่น้ำเป็นข้อมูลจากการสัมภาษณ์ และการสังเกตในแปลงซึ่งอาจมีบางส่วนที่เกษตรกรไม่ได้ให้ข้อมูลแต่ตรวจพบเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

#### 4. การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรปฏิบัติ

การผสมสารเคมี เกษตรกรส่วนใหญ่ มักจะผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดรวมกันในถัง แล้วฉีดพ่นไปพร้อมกัน แต่คำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ไม่แนะนำให้ผสมสารรวมกันหลายอย่าง เนื่องจาก อาจมีผลต่อการออกฤทธิ์ และประสิทธิภาพของสาร การผสมสารเคมีของเกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีวิธีการไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับพฤติกรรมการผสมสารเคมีของเกษตรกรภาคเหนือ (Schreinemachers *et al.*, 2012)

การใช้เครื่องพ่นและชนิดหัวพ่นสารเกษตรกรทั้งสองกลุ่มส่วนใหญ่ ใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง ระบบปั๊มแรงดันต่ำ ใช้พลังงานแบตเตอรี่ ชนิดหัวพ่นเป็นแบบกรวยปรับระดับการไหลได้ เกษตรกรใช้ฉีดพ่นทั้งสารเคมีกำจัดแมลงและสารเคมีกำจัดวัชพืช ซึ่งกรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ใช้หัวพ่นแบบกรวยสำหรับการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดแมลง ส่วนการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชเกษตรกรควรใช้หัวพ่นแบบพัด หรือแบบปะทะจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า (กลุ่มกัญและสัตววิทยา, 2553)

การสวมอุปกรณ์ป้องกัน เกษตรกรทั้งสองกลุ่ม ยังสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะฉีดพ่นไม่ครบถ้วน โดยเฉพาะแว่นตา และรองเท้านบูท ส่วนหนึ่งที่เกษตรกรไม่สวมอุปกรณ์ป้องกันเพราะความไม่สะดวกในการทำงาน เช่น การไม่สวมรองเท้านบูทเนื่องจากทำให้เดินในแปลงซึ่งมี

ลักษณะเป็นดินเหนียวล้าบาก และการไม่สวมแว่นตา เนื่องจากแว่นตาที่เคยใช้ มีไอน้ำเกาะทำให้มองไม่ชัดเจน ขณะที่อุปกรณ์ปิดจุกยังเป็นผ้าปิดจุกที่ไม่มีไส้กรองทำให้ไม่สามารถป้องกันสารพิษเข้าสู่ร่างกายได้ ดังนั้นเจ้าหน้าที่ภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเน้นย้ำหลักปฏิบัติเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในหลักสูตรการฝึกอบรมเกษตรกร GAP

#### 5. ผลการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินแปลง GAP และ non-GAP

##### แปลง GAP

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวอย่างดินจากทุกแปลงพบการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยชนิดสารที่พบในแปลง GAP น้อยกว่า แปลง non-GAP สำหรับชนิดและปริมาณสารพิษที่พบในแปลง GAP จำนวน 10 แปลง มี 7 ชนิดสาร ได้แก่ alachlor ปริมาณที่พบระหว่าง 0.01-0.06 มก./กก., carbosulfan ปริมาณที่พบ 0.01 มก./กก., chlorantraniliprole ปริมาณที่พบ 0.04 มก./กก., cypermethrin ปริมาณที่พบระหว่าง 0.03-0.12 มก./กก., imidacloprid พบระหว่าง 0.01-0.18 มก./กก., metalaxyl ปริมาณที่พบ 0.02 มก./กก. และ profenofos ปริมาณที่พบ 0.01 มก./กก. (Table 3) ชนิดสารที่ตรวจพบบ่อยครั้งที่สุด คือ alachlor (ตรวจพบ 60% ของแปลง GAP) เป็นสารกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรในพื้นที่ส่วนใหญ่เลือกใช้ช่วง 1-3 วันก่อนเมล็ดค่น้ำงอก รองลงมา คือ imidacloprid (ตรวจพบ 50% ของแปลง GAP ) เป็นสารกำจัดแมลงบรรจุซองเล็กเป็นที่นิยมและมีจำหน่ายที่ร้านขายสารเคมีในหมู่บ้าน และ cypermethrin (ตรวจพบ 20% ของแปลง GAP) เป็นสารกำจัดแมลงที่เกษตรกรส่วนใหญ่เลือกใช้เมื่อพบหนอนระบาด

จากการสัมภาษณ์เกษตรกร GAP เกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่า เกษตรกรปฏิบัติตามข้อกำหนดของ GAP ว่าด้วยการใช้วัตถุ

อันตรายทางการเกษตร โดยปฏิบัติตามคำแนะนำ ตั้งแต่การเลือกซื้อ วิธีการใช้ อัตราการฉีดพ่น จนกระทั่งการเว้นระยะก่อนการเก็บเกี่ยว และพบว่าเงื่อนไขของผู้รับซื้อเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกษตรกรหันมาลดปริมาณการใช้หรืองดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิด นอกจากนี้ ยังมีการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานโดยใช้มุ้งกันแมลง และใช้สารชีวภัณฑ์ที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีได้

### แปลง non - GAP

ชนิดและปริมาณสารพิษที่พบในแปลง non-GAP จำนวน 10 แปลง มี 14 ชนิดสาร 6 ชนิดสารเป็นชนิดเดียวกับที่พบในแปลง GAP และ 8 ชนิดสารตรวจพบเฉพาะในแปลง non-GAP ชนิดสารกำจัดแมลง ได้แก่ chlorantraniliprole ปริมาณที่พบระหว่าง 0.01-0.35 มก./กก.

profenofos ปริมาณที่พบระหว่าง 0.01-0.04 มก./กก. imidacloprid ปริมาณที่พบระหว่าง 0.12-0.22 มก./กก. และ dinotefuran ปริมาณที่พบระหว่าง 0.02-0.06 มก./กก. ส่วนสารกำจัดวัชพืชที่พบ ได้แก่ alachlor ปริมาณที่พบระหว่าง 0.01-0.06 มก./กก. และ acetochlor ปริมาณที่พบ 0.01 มก./กก. (Table 3) ชนิดสารที่ตรวจพบบ่อยครั้งที่สุด คือ chlorantraniliprole และ dinotefuran (ตรวจพบ 40% ของแปลง non-GAP) รองลงมา คือ imidacloprid และ profenofos (ตรวจพบ 30% ของแปลง non-GAP ) สำหรับ profenofos เป็นชนิดสารพิษที่นิยมใช้ในพื้นที่มานาน โดยมีรายงานการตกค้างในพืชผักของหมู่บ้านปลูกผักเชิงพาณิชย์อีกหมู่บ้านหนึ่งในอำเภอเมืองขอนแก่น ตั้งแต่ ปี 2553 (Harnpicharnchai *et al.*, 2013)

**Table 3** Frequencies of detected pesticides in soil of GAP and non-GAP plots

| Pesticides detected | *WHO Classification | **                                |                         | GAP plots                               |                         | non- GAP plots                          |  |
|---------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|---|--|
|                     |                     | half-life DT <sub>50</sub> (days) | Number of samples found | ***Amount of pesticide detected (mg/kg) | Number of samples found | ***Amount of pesticide detected (mg/kg) |  |
| acetamidrid         | II                  | 3                                 | 0                       | ND                                      | 1                       | 0.003                                   |  |
| acetochlor          | III                 | 21.1                              | 0                       | ND                                      | 2                       | 0.01                                    |  |
| alachlor            | II                  | 14                                | 6                       | 0.01-0.06                               | 2                       | 0.004-0.01                              |  |
| carbaryl            | II                  | 16                                | 0                       | ND                                      | 1                       | 0.01                                    |  |
| carbosulfan         | II                  | 21                                | 1                       | 0.01                                    | 1                       | 0.014                                   |  |
| chlorfenapyr        | II                  | 1.4                               | 0                       | ND                                      | 1                       | 0.13                                    |  |
| chlorantraniliprole | U                   | 204                               | 1                       | 0.04                                    | 4                       | 0.01-0.35                               |  |
| chlorpyrifos        | II                  | 27.6                              | 0                       | ND                                      | 1                       | 0.07                                    |  |
| cypermethrin        | II                  | 21.9                              | 2                       | 0.03-0.12                               | 1                       | 0.05                                    |  |
| dinotefuran         | O                   | 75                                | 0                       | ND                                      | 4                       | 0.02-0.06                               |  |
| imidacloprid        | II                  | 174                               | 6                       | 0.01-0.018                              | 3                       | 0.12-0.22                               |  |
| indoxacarb          | II                  | 5.97                              | 0                       | ND                                      | 1                       | 0.02                                    |  |
| metalaxyl           | II                  | 38.7                              | 1                       | 0.02                                    | 0                       | ND                                      |  |
| profenofos          | II                  | 7                                 | 1                       | 0.01                                    | 3                       | 0.01-0.04                               |  |
| tolfenpyred         | O                   | 4                                 | 0                       | ND                                      | 1                       | 0.05                                    |  |

Remark: Collected samples (N=20) of soil from GAP and non-GAP plots during harvest in April to May 2018 of Donhun Sub-district, Muang District, Khon Kaen Province, Thailand.

ND = not detected, II = moderately hazardous, III = slightly hazardous, U = unlikely to present acute hazard, O = obsolete as pesticide, not classified.

\*WHO (2010) \*\* IUPAC (2019) \*\*\* Pesticide residues in soil LOQ = 0.005-0.01 mg/kg, LOD = 0.0005-0.001 mg/kg

## 6. ปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในดิน มีดังนี้

1) ความถี่ในการฉีดพ่น จากการสัมภาษณ์เกษตรกร 20 ราย พบว่า เกษตรกร 11 ราย มีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และมี 2 คนให้ข้อมูลว่า ความถี่ในการฉีดพ่นมากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการสะสมของสารพิษในดิน

2) การใช้สารทดแทนหรือสารชีวภัณฑ์ จากการสังเกตและสัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่ม non-GAP ทั้ง 10 ราย ไม่พบการใช้สารชีวภัณฑ์หรือสารทดแทน เกษตรกรบางรายให้ข้อมูลว่า การใช้ชีวภัณฑ์มีความยุ่งยากและให้ผลช้า หาซื้อยากและไม่มีจำหน่ายตามร้านขายสารเคมีในหมู่บ้าน เกษตรกรจึงตัดสินใจใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นหลักซึ่งส่งผลให้ตรวจพบสารพิษตกค้างในดินมีมากกว่าแปลง GAP

3) อัตราการฉีดพ่น มีความแตกต่างกันระหว่างเกษตรกรสองกลุ่ม เนื่องจากเกษตรกร GAP มีเงื่อนไขจากผู้รับซื้อว่า ผลผลิตนอกจากผ่านการรับรอง GAP แล้วจะต้องตรวจผ่านเกณฑ์กำหนดสารพิษตกค้าง หรืออยู่ในระดับปลอดภัย ทุกรอบการผลิต จึงจะรับซื้อผลผลิตทำให้เกษตรกร GAP มีการควบคุมอัตราการฉีดพ่นตามคำแนะนำมากขึ้น ขณะที่ non-GAP จะไม่ถูกควบคุมด้วยข้อกำหนดและปัจจัยทางการตลาด จึงพบว่า เกษตรกรบางรายมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกินอัตราที่แนะนำ ส่งผลให้ตรวจพบการตกค้างในดินแปลงปลูกผักมากกว่าแปลง GAP

4) ชนิดหัวพ่นและรูปแบบการฉีดพ่น เกษตรกรทั้งสองกลุ่มนิยมใช้หัวพ่นแบบกรวยในการฉีดพ่นทั้งแมลงและวัชพืช (เกษตรกร GAP 70%, เกษตรกร non-GAP 90%) รูปแบบการฉีดพ่น จะพ่นจนต้นผักเปียกโชก ไม่สอดคล้องกับคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร คือควรใช้หัวพ่นแบบกรวยสำหรับการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดแมลง ส่วนการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชเกษตรกรควรใช้หัวพ่นแบบพัด หรือแบบปะทะจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า การพ่นสารเคมีจนต้นพืชเปียกโชกไม่สามารถ

ทำเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดแมลงสูงขึ้นได้ แต่จะทำให้เกิดการสูญเสียหรือสิ้นเปลืองสารเคมีมากขึ้น จนเกิดการสะสมสารเคมีที่ใบและไหลลงสู่สะสมในดิน (กลุ่มกัญและสัตววิทยา, 2553) การใช้หัวพ่นสารและรูปแบบการพ่นที่ไม่ถูกหลักการเป็นสาเหตุที่ตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในดินตัวอย่างจากแปลงปลูกคะน้าที่ทำการศึกษาทุกแปลง

5) ลักษณะเนื้อดิน ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน พบว่า ตัวอย่างดิน 20 ตัวอย่าง จากแปลง GAP และ non-GAP มีลักษณะเป็นดินเหนียวปนตะกอน (silty clay) ทั้งหมด สำหรับดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากและดินเหนียวจะสามารถยึดเกาะกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ดี (Hanson et al., 2017) จึงทำให้ยังพบการตกค้างกระทั่งถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต

6) ค่าอัตราการสลายตัวครึ่งหนึ่งในดิน ( $DT_{50}$ ) เมื่อพิจารณา  $DT_{50}$  พบว่า สารเคมีกำจัดแมลงส่วนใหญ่มีค่า  $DT_{50}$  นานกว่าอายุการเก็บเกี่ยวของคะน้า (45 วัน) โดย imidacloprid มีค่า  $DT_{50}$  174 วัน, chlorantraniliprole มีค่า  $DT_{50}$  204 วัน และ dinotefuran มีค่า  $DT_{50}$  75 วัน สำหรับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช metalaxyl มีค่า  $DT_{50}$  ระหว่าง 38.7 วัน ส่วนสารเคมีกำจัดวัชพืช alachlor มีค่า  $DT_{50}$  14 วัน (Table 3) โดยทั่วไปสารเคมีกำจัดศัตรูพืชสามารถสลายตัวไป ด้วยปฏิกิริยา photolysis เมื่อสัมผัสแสง ปฏิกิริยา hydrolysis จากการสัมผัสน้ำ และกิจกรรมของกลุ่มจุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังสลายตัวได้จากกระบวนการ metabolism ของพืชและสัตว์ อย่างไรก็ตามยังมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดที่ยังคงตกค้างในดิน และในแหล่งน้ำได้เป็นเวลานานขึ้นอยู่กับค่าครึ่งชีวิต (half-life) ที่แตกต่างกันในแต่ละชนิดสาร (NPIC, 2016)

## 7. การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินต่อสุขภาพของเกษตรกร

เมื่อนำผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินมาคำนวณค่า HI เพื่อประเมินความเสี่ยง พบว่า ค่าเฉลี่ย HI ของเกษตรกร GAP เท่ากับ  $0.36 \times 10^{-4}$  ค่า HI มากที่สุดมาจากแปลง

ที่ตรวจพบ profenofos เนื่องจากมีค่า RfD ต่ำ (Table 4) ส่วนค่าเฉลี่ย HI ของเกษตรกร non-GAP เท่ากับ  $2.02 \times 10^{-4}$  มีค่ามากกว่าเกษตรกร GAP 5.5 เท่า โดยมีค่า HI มากที่สุด เท่ากับ  $1.28 \times 10^{-3}$  เป็นแปลงที่พบ alachlor และ profenofos (Table 5) ซึ่งค่า HI จาก 2 กลุ่ม ความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (HI < 1) อย่างไรก็ตามเนื่องจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่พบตกค้างในแปลง non-GAP มากกว่าแปลง GAP ดังนั้น เกษตรกร non-GAP จะมีโอกาสสัมผัสสารพิษตกค้างในดินมากกว่า

เกษตรกร GAP ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ในระยะยาว

สำหรับข้อแตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่ใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงจากค่า HQ เพียงบางกลุ่มสารและมีการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในเด็กและผู้ใหญ่ (Kumar *et al.*, 2014; Farina *et al.*, 2016) สำหรับงานวิจัยนี้ประเมินโดยใช้ค่า HI ซึ่งเป็นผลรวมของค่า HQ ของแต่ละสารและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในภาพรวมเกษตรกรชาย-หญิง ซึ่งเป็นวัยผู้ใหญ่

**Table 4** Health risk estimation for chronic effects associated with pesticide residue in soil of GAP plots

| GAP Plots No. | Pesticide residues  | mg/kg | LADD mg/kg-day        | RfD mg/kg-day | HQ=LADD/RfD           | HI=ΣHQ                | Health risk |
|---------------|---------------------|-------|-----------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 1             | imidacloprid        | 0.05  | $7.98 \times 10^{-8}$ | 0.06          | $1.33 \times 10^{-6}$ | $1.33 \times 10^{-6}$ | accept      |
| 2             | cypermethrin        | 0.12  | $1.92 \times 10^{-7}$ | 0.05          | $3.83 \times 10^{-6}$ | $3.83 \times 10^{-6}$ | accept      |
| 3             | alachlor            | 0.01  | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.01          | $1.60 \times 10^{-6}$ | $4.79 \times 10^{-6}$ | accept      |
|               | carbosulfan         | 0.01  | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.005         | $3.19 \times 10^{-6}$ |                       |             |
| 4             | alachlor            | 0.01  | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.01          | $1.60 \times 10^{-6}$ | $7.38 \times 10^{-6}$ | accept      |
|               | chlorantraniliprole | 0.04  | $6.39 \times 10^{-8}$ | 1.56          | $4.09 \times 10^{-8}$ |                       |             |
|               | cypermethrin        | 0.03  | $4.79 \times 10^{-8}$ | 0.05          | $9.58 \times 10^{-7}$ |                       |             |
|               | imidacloprid        | 0.18  | $2.87 \times 10^{-7}$ | 0.06          | $4.79 \times 10^{-6}$ |                       |             |
| 5             | alachlor            | 0.01  | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.01          | $1.60 \times 10^{-6}$ | $2.93 \times 10^{-6}$ | accept      |
|               | imidacloprid        | 0.05  | $7.98 \times 10^{-8}$ | 0.06          | $1.33 \times 10^{-6}$ |                       |             |
| 6             | alachlor            | 0.06  | $9.58 \times 10^{-8}$ | 0.01          | $9.58 \times 10^{-6}$ | $9.58 \times 10^{-6}$ | accept      |
| 7             | alachlor            | 0.04  | $6.39 \times 10^{-8}$ | 0.01          | $6.39 \times 10^{-6}$ | $3.26 \times 10^{-4}$ | accept      |
|               | imidacloprid        | 0.02  | $3.19 \times 10^{-8}$ | 0.06          | $5.32 \times 10^{-7}$ |                       |             |
|               | profenofos          | 0.01  | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.00005       | $3.19 \times 10^{-4}$ |                       |             |
| 8             | alachlor            | 0.02  | $3.19 \times 10^{-8}$ | 0.01          | $3.19 \times 10^{-6}$ | $3.83 \times 10^{-6}$ | accept      |
|               | metalaxyl           | 0.02  | $3.19 \times 10^{-8}$ | 0.05          | $6.39 \times 10^{-7}$ |                       |             |
| 9             | imidacloprid        | 0.08  | $1.28 \times 10^{-7}$ | 0.06          | $2.13 \times 10^{-6}$ | $2.13 \times 10^{-6}$ | accept      |
| 10            | imidacloprid        | 0.01  | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.06          | $2.66 \times 10^{-7}$ | $2.66 \times 10^{-7}$ | accept      |
|               |                     |       |                       |               | Average               | $0.36 \times 10^{-4}$ | accept      |

Remark: RfD according to Pesticide Properties Database (PPDB) (IUPAC, 2019) and IRIS Assessment (U.S. EPA, 2018)

**Table 5** Health risk estimation for chronic effects associated with pesticide residue in soil of non-GAP plots

| non-GAP Plots No. | Pesticide residues mg/kg | LADD mg/kg-day | RfD mg/kg-day         | HQ=LADD/RfD | HI=ΣHQ                | Health risk                  |
|-------------------|--------------------------|----------------|-----------------------|-------------|-----------------------|------------------------------|
| 1                 | acetamiprid              | 0.003          | $4.79 \times 10^{-9}$ | 0.025       | $1.92 \times 10^{-7}$ | $4.20 \times 10^{-5}$ accept |
|                   | carbaryl                 | 0.007          | $1.12 \times 10^{-8}$ | 0.0075      | $1.49 \times 10^{-6}$ |                              |
|                   | carbosulfan              | 0.014          | $2.23 \times 10^{-8}$ | 0.005       | $4.47 \times 10^{-6}$ |                              |
|                   | chlorpyrifos             | 0.07           | $1.12 \times 10^{-8}$ | 0.00033     | $3.39 \times 10^{-5}$ |                              |
|                   | cypermethrin             | 0.05           | $7.98 \times 10^{-8}$ | 0.05        | $1.60 \times 10^{-6}$ |                              |
|                   | dinotefuran              | 0.06           | $9.58 \times 10^{-8}$ | 0.22        | $4.35 \times 10^{-7}$ |                              |
| 2                 | chlorantraniliprole      | 0.02           | $1.60 \times 10^{-8}$ | 1.56        | $4.43 \times 10^{-6}$ | $4.45 \times 10^{-6}$ accept |
|                   | acetochlor               | 0.01           | $3.19 \times 10^{-8}$ | 0.0036      | $2.05 \times 10^{-8}$ |                              |
| 3                 | chlorantraniliprole      | 0.35           | $5.59 \times 10^{-8}$ | 1.56        | $3.58 \times 10^{-7}$ | $3.55 \times 10^{-6}$ accept |
|                   | imidacloprid             | 0.12           | $1.92 \times 10^{-7}$ | 0.06        | $3.19 \times 10^{-6}$ |                              |
| 4                 | profenofos               | 0.01           | $3.19 \times 10^{-4}$ | 0.00005     | $3.19 \times 10^{-4}$ | $3.19 \times 10^{-4}$ accept |
|                   | chlorantraniliprole      | 0.01           | $1.02 \times 10^{-8}$ | 1.56        | $1.60 \times 10^{-8}$ |                              |
| 5                 | profenofos               | 0.04           | $1.28 \times 10^{-3}$ | 0.00005     | $1.28 \times 10^{-3}$ | $1.28 \times 10^{-3}$ accept |
|                   | alachlor                 | 0.004          | $6.39 \times 10^{-9}$ | 0.01        | $6.39 \times 10^{-7}$ |                              |
| 6                 | dinotefuran              | 0.019          | $3.03 \times 10^{-8}$ | 0.22        | $1.38 \times 10^{-7}$ | $1.24 \times 10^{-5}$ accept |
|                   | tolfenpyrad              | 0.046          | $7.34 \times 10^{-8}$ | 0.006       | $1.22 \times 10^{-5}$ |                              |
| 7                 | chlorantraniliprole      | 0.15           | $2.39 \times 10^{-7}$ | 1.56        | $1.54 \times 10^{-7}$ | $6.01 \times 10^{-6}$ accept |
|                   | imidacloprid             | 0.22           | $3.51 \times 10^{-7}$ | 0.06        | $5.85 \times 10^{-6}$ |                              |
| 8                 | acetochlor               | 0.01           | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.0036      | $4.43 \times 10^{-6}$ | $8.64 \times 10^{-6}$ accept |
|                   | dinotefuran              | 0.03           | $4.79 \times 10^{-8}$ | 0.22        | $2.18 \times 10^{-7}$ |                              |
|                   | imidacloprid             | 0.15           | $2.39 \times 10^{-7}$ | 0.06        | $3.99 \times 10^{-6}$ |                              |
| 9                 | alachlor                 | 0.01           | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.01        | $1.60 \times 10^{-6}$ | $1.54 \times 10^{-5}$ accept |
|                   | chlorfenapyr             | 0.13           | $2.08 \times 10^{-7}$ | 0.015       | $1.38 \times 10^{-5}$ |                              |
| 10                | dinotefuran              | 0.02           | $3.19 \times 10^{-8}$ | 0.22        | $1.45 \times 10^{-7}$ | $3.26 \times 10^{-4}$ accept |
|                   | indoxacarb               | 0.02           | $3.19 \times 10^{-8}$ | 0.005       | $6.39 \times 10^{-6}$ |                              |
|                   | profenofos               | 0.01           | $1.60 \times 10^{-8}$ | 0.00005     | $3.19 \times 10^{-4}$ |                              |
| Average           |                          |                |                       |             | $2.02 \times 10^{-4}$ | accept                       |

Remark: RfD according to Pesticide Properties Database (PPDB) (IUPAC, 2019) and IRIS Assessment (U.S. EPA, 2018)

ดังนั้น เกษตรกรควรตระหนักถึงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในแปลงปลูกพืชผัก เพื่อให้เกิดความระมัดระวังในการทำงานในแปลง โดยเฉพาะเกษตรกรแรงงานผู้สูงอายุซึ่งจากสังเกตในพื้นที่ศึกษาพบว่ามักไม่สวมถุงมือและอุปกรณ์ป้องกันขณะทำงานในแปลง เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากการรับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย ควรแนะนำเกษตรกรให้พักแปลงและไถตากหน้าดินก่อนปลูกอย่างน้อย 1-2 สัปดาห์ เพื่อลดปริมาณสารพิษตกค้างในดิน และการทำงานในแปลงควรสวมอุปกรณ์ป้องกันเพื่อลดการสัมผัสกับสารพิษที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมโดยตรง

### สรุปผลการทดลอง

การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินแปลงปลูกผักคะน้าต่อสุขภาพของเกษตรกร สรุปได้ว่าเกษตรกร GAP และเกษตรกร non-GAP มีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ แต่เกษตรกร GAP มีโอกาสได้รับสัมผัสสารพิษตกค้างในดินน้อยกว่าเกษตรกร non-GAP เนื่องจากตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินแปลงคะน้า GAP น้อยกว่าแปลงคะน้า non-GAP นอกจากนี้ ยังพบว่า ชนิดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกร GAP ใช้ น้อยกว่าเกษตรกร non-GAP จึงอาจกล่าวได้ว่าโครงการ GAP

ในหมู่บ้านพื้นที่ศึกษา มีส่วนช่วยลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช อย่างไรก็ตามหน่วยงานภาครัฐยังจำเป็นต้องรณรงค์ให้เกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้องเพิ่มขึ้นและกว้างขวางเพื่อลดความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างของเกษตรกร

### คำขอบคุณ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ผู้เขียนขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. *คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช* เอกสารวิชาการปี 2553. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 297 หน้า.

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2548. *คู่มือการเก็บตัวอย่างดินและน้ำเพื่อวิเคราะห์*. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 30 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2562. ระบบ GAP online. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แหล่งข้อมูล: <http://doa.go.th/> สืบค้น: 10 เมษายน 2562

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. แผนยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีทางการเกษตรปี 2560-2561 ชาว ทำเนียบรัฐบาล, กระทรวงด้านเศรษฐกิจ วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2560. แหล่งข้อมูล: <http://thaigov.go.th/news/contents/details/1797>. สืบค้น: 10 พฤษภาคม 2560

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ดัดยอดข้อมูลตามระบบ ณ วันที่ 5 กรกฎาคม 2560. แหล่งข้อมูล: <http://>

production.doae.go.th. สืบค้น: 1 พฤษภาคม 2562

คณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการพัฒนาวิทยาศาสตร์ การจัดการสารเคมี. 2554. *แผนยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2555-2564)*. ศูนย์พัฒนานโยบายแห่งชาติ ด้านสารเคมี สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ. 66 หน้า.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2562. มาตรการจำกัดการใช้สารเคมี 3 ชนิด พาราควอต ไกลโฟเซต และคลอร์ไพริฟอส. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แหล่งข้อมูล: <http://doa.go.th/ard/> สืบค้น: 10 เมษายน 2562

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ [มกอช.]. 2556. *การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9001-2556*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 17 หน้า.

สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. 2551. *คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร. พืชตระกูลกะหล่ำ คะน้า ผักกาดกวางตุ้ง*. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 36 หน้า.

Anastassiades, M., Lehotay, S.J., Stajnbaher, D. and F.J. Schenck. 2003. Fast and easy multiresidue Method employing acetonitrile extraction/partitioning and “Dispersive Solid-Phase Extraction” for the determination of pesticide residues in produce, *J. AOAC Int.* 86: 412 – 431.

Extoxnet. 1998. Toxicology Information Briefs (TIBs). Available at: <http://extoxnet.orst.edu/tibs/ghindex.html>. Accessed: February 1, 2018.

Farina, Y., Abdullah, M. P., Bibi N. and W. M. A. W. M. Khalik. 2016. Pesticide Residues in Agricultural Soil and Its

- Health Assessment for Humans in Cameron Highland Malaysia. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 20(6): 1346 – 1358.
- Hanson, B., Hallman, A., Bond, C. and J. Jenkins. 2017. Pesticide Binding Affinity Fact Sheet; National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services. Available at: <http://www.npic.orst.edu/factsheets/bindingaffinity.html>. Accessed: March 8, 2019.
- Harnpicharnchai, K., Chaiear, N. and L. Charerntanyarak. 2013. Residues of Organophosphate Pesticide Used in Vegetable Cultivation in Ambient Air, Surface Water, and Soil in Bueng Niam Sub district, Khon Kaen, Thailand. *Southeast Asian J trop Med public health*. Nov; 44 (6): 1088–1097.
- Kumar, B., Verma, V.K., Mishra, M., Gaur, R., Kumar, S. and C.S. Sharma. 2014. DDT and HCH (Organochlorine Pesticides) in residential soils and health assessment for human populations in Korba, India. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 20: 1538–1549.
- NPIC. 2016. Pesticides and the Environment. National Pesticide Information Center. Available from: <http://npic.orst.edu/envir/efate.html>. Accessed: July 7, 2018.
- Schreinemachers, P., I. Schad, P. Tipraqsa, P. M. Williams, A. Neef, S. Riwthong, W. Sangchan, and C. Grovermann. 2012. Can public GAP standards reduce agricultural pesticide use? The case of fruit and vegetable farming in northern Thailand. *Journal of the Agriculture, Food, and Human Values Society*. 29:519-529.
- IUPAC. 2019. Global availability of information on agrochemicals. Pesticide Properties DataBase. Available at: <https://www.sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm>. Accessed: March 1, 2019.
- U.S. EPA. 2003. *Example Exposure Scenarios. EPA/600/R-03/036*. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC. 124 pp.
- U.S. EPA. 2008. *Child-Specific Exposure Factors Handbook. EPA/600/R-06/096F*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. 687 pp.
- U.S. EPA. 2019. Integrated Risk Information System. IRIS Assessments. Available at: <https://www.epa.gov/iris> Accessed: 5 Jul. 2019.
- Vera J., L. Correia-Sa, P. Paiga, I. Braganca, V.C. Fernandes, V.F. Domingues, and C. Delerue-Matos. 2013. QuEChERS and Soil Analysis: An Overview. DOI: 10.2478/Sampre-2013-0006:54–77.
- Wells, J.C., P. Treleaven and S. Charoensiriwath. 2012. Body shape by 3-D photonic scanning in Thai and UK adults: Comparison of national sizing surveys. *IJO*. 36(1):148 –154.
- WHO. 2010. *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, Germany. 78 pp.
- Zhang F. Z., L. Wang, L. Zhou, D. Wu, H. J. Pan and C. P. Pan. 2012. Residue dynamics of pyraclostrobin in peanut and field soil by QuEChERS and LC-MS/MS. *ECOTOX ENVIRON SAFE*. 78:116–122.