

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามมาตรฐานสากล
Research and Development on Analytical System of Agricultural
Inputs Following the International Standards

2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร
Research and Development on Analytical System of Agricultural
Hazardous Substance Products

กิจกรรมที่ 1: การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร

3. การทดลองที่ 1.5 : การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัด
ศัตรูพืชของห้องปฏิบัติการพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง (2559-2560) กลุ่มสารกำจัดแมลง :
คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos) และ ไซเพอร์เมทริน cypermethrin) กลุ่มสารกำจัดวัชพืช:
อะซิโทคลอร์ (acetochlor) และอะมีทริน (ametryn)

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นางสาวสุธินี สาสีลัง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2

ผู้ร่วมงาน : นางพรศิริ สายะพันธ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2

นางสาวเบญมาศ ใจแก้ว สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2

นายวิษณุ แจ่มใบ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2

นางสาวบังอร แสนคาน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2

5. บทคัดย่อ :

ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 ได้ทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลง ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos) และ ไซเพอร์เมทริน (cypermethrin) กลุ่มสารกำจัดวัชพืช ได้แก่ อะซิโทคลอร์ (acetochlor) และ อะมีทริน (ametryn) เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจากวิธีการของ CIPAC 1C CIPAC H และ Kahn & Tomkins (2001) โดยทำการศึกษาคูณลักษณะ 7 ปัจจัย ได้แก่ ความจำเพาะเจาะจง (specificity) ช่วงใช้งาน (range) ความเป็นเส้นตรง (linearity) ความเที่ยง (precision) แบบ repeatability และแบบ intermediate precision ความแม่นยำ (accuracy) ความทนของวิธี (ruggedness) ความคงทนของวิธี (robustness) จากผลการทดสอบ specificity พบว่าวิธีที่ใช้วิเคราะห์สารทั้ง 4 ชนิด มีความจำเพาะเจาะจง โดย peak ของสารที่ศึกษา แยกออกจาก solvent peak อย่างชัดเจน สำหรับการทดสอบ

range ของ chlorpyrifos อยู่ในช่วง 0.1-2.0 mg/ml cypermethrin อยู่ในช่วง 0.15-1.50 mg/ml ส่วน acetochlor และ ametryn อยู่ในช่วง 0.10-1.50 mg/ml ในขณะที่การตรวจสอบ linearity ของ chlorpyrifos และ cypermethrin อยู่ในช่วง 0.15-1.50 mg/ml ส่วน acetochlor และ ametryn อยู่ในช่วง 0.15-1.25 mg/ml ซึ่งช่วงที่ได้ดังกล่าว ให้ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) อยู่ระหว่าง 0.99997-0.99999 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ $r \geq 0.995$ ในส่วนของการตรวจสอบ precision แบบ repeatability ของ chlorpyrifos ได้ค่า HORRAT ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (0.2 mg/ml) กลาง (0.6 mg/ml) และสูง (1.0 mg/ml) เท่ากับ 1.06, 0.49 และ 0.34 ตามลำดับ cypermethrin ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.92, 0.31 และ 0.75 ตามลำดับ acetochlor ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.64, 0.28 และ 0.31 ตามลำดับ และ ametryn ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.55, 0.34 และ 0.48 ตามลำดับ ในขณะที่ intermediate precision ของ chlorpyrifos ได้ค่า HORRAT ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (0.2 mg/ml) กลาง (0.6 mg/ml) และสูง (1.0 mg/ml) เท่ากับ 0.99, 0.51 และ 0.54 ตามลำดับ cypermethrin ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.36, 1.11 และ 0.76 ตามลำดับ acetochlor ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 1.20, 0.90 และ 1.15 ตามลำดับ และ ametryn ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.44, 0.37 และ 0.48 ตามลำดับ ซึ่ง ค่า HORRAT ที่ได้จากการทดสอบ precision ทั้งสองสภาวะ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ มีค่า Horwitz's ratio ≤ 2 ในการตรวจสอบ accuracy ของ chlorpyrifos ได้ค่า mean % recovery ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (0.2 mg/ml) กลาง (0.6 mg/ml) และสูง (1.0 mg/ml) เท่ากับ 100, 100 และ 99% cypermethrin ได้ค่า mean % recovery เท่ากับ 100, 100 และ 99 %ตามลำดับ acetochlor ได้ค่า mean % recovery เท่ากับ 100, 100 และ 100 % ตามลำดับ และ ametryn ได้ค่า mean % recovery เท่ากับ 100, 101 และ 100 % ตามลำดับ ซึ่งค่า mean % recovery เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับที่กำหนด คือ อยู่ในช่วง 98-102 % (AOAC) ในการตรวจสอบ ruggedness ของ chlorpyrifos ที่ระดับความเข้มข้น 0.6 mg/ml ระหว่าง เจ้าหน้าที่วิเคราะห์คนที่ 1 และคนที่ 2 ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.48 และ 0.50 cypermethrin ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.71 และ 0.31 acetochlor ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.28 และ 0.37 และ ametryn ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.34 และ 0.67 ในขณะที่การตรวจสอบ robustness ของ chlorpyrifos ที่ระดับความเข้มข้น 0.6 mg/ml ระหว่าง capillary column HP-5 และ HP-1 ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.50 และ 0.73 cypermethrin ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.31 และ 0.19 acetochlor ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.28 และ 0.21 และ ametryn ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.34 และ 0.15 จากผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือ เป็นไปตามมาตรฐานสากล สามารถใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 และใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ในการขอขยายขอบข่ายการรับรองห้องปฏิบัติการต่อไป

6. คำนำ

กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานหลักในด้านการกำกับดูแลการนำเข้าวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตร ทั้งผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ที่ต้องมีการควบคุมทั้งการผลิต นำเข้า ส่งออกหรือมีไว้ในครอบครองเพื่อการจำหน่าย สารป้องกัน

กำจัดศัตรูพืช ได้แก่ สารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรคพืช เป็นต้น เป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ต้องควบคุมตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 พบว่ามีสถิติปริมาณการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพิ่มขึ้นทุกปี โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรภายหลังการขึ้นทะเบียน

ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 เป็นหน่วยงานส่วนภูมิภาค รับผิดชอบในการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ขึ้นทะเบียนและจำหน่ายในเขตพื้นที่รับผิดชอบภาคเหนือตอนล่าง ทั้งนี้เพื่อให้เกษตรกรจะได้ใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ถูกต้อง มีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นไปตามที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้ และนำไปสู่ความปลอดภัยด้านอาหารเป็นการคุ้มครองผู้บริโภค การรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการมีความสำคัญมาก จะต้องให้ผลทดสอบที่ถูกต้อง แม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ เทคนิค และวิธีการในการวิเคราะห์สารนั้นๆ โดยตามหลักของมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ISO/IEC17025: 2005 ในข้อกำหนดด้านวิชาการข้อ 5.4.5 วิธีการตรวจวิเคราะห์ต้องทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Method Validation) หรือทวนสอบวิธี (Verified of Method) เพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับและมีความถูกต้องน่าเชื่อถือได้

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Method Validation) เป็นกระบวนการศึกษาเพื่อยืนยันคุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์ (Method Performance Characteristics) ดำเนินการประเมินด้วยวิธีสถิติ และเหมาะสมตามวัตถุประสงค์การใช้งาน คุณลักษณะเฉพาะเหล่านี้ ได้แก่ ความจำเพาะเจาะจง (specification/selectivity) ความแม่นยำ (accuracy) ความเที่ยง (precision) พิสัยหรือช่วงใช้งาน (range) ความเป็นเส้นตรง (linearity) ขีดจำกัดของวิธีวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ (limit of detection และ limit of quantitation) ความทนของวิธี (ruggedness) และความคงทนของวิธี (robustness) การศึกษาคุณลักษณะเหล่านี้ อาจไม่จำเป็นต้องทำทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีวิเคราะห์และวัตถุประสงค์ของการใช้งาน (ทิพวรรณ, 2549)

ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 ทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ของของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลง ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos) และ ไซเพอร์เมทริน (cypermethrin) กลุ่มสารกำจัดวัชพืช ได้แก่ อะซิโทคลอร์ (acetochlor) และ อะมีทริน (ametryn) เพื่อมั่นใจในความถูกต้อง แม่นยำ ของผลทดสอบ เป็นไปตามมาตรฐานสากล สามารถนำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการ และเพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงทางวิชาการ ในการขอขยายขอบข่ายการรับรองห้องปฏิบัติการต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

7.1 อุปกรณ์

7.1.1 เครื่องมือ

- เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatograph) หัวตรวจวัดชนิด Flame Ionization Detector (FID)

- เครื่องชั่ง ความละเอียด 4 ตำแหน่ง

- ตู้แช่แข็ง (Freezer) rang 0 ถึง -30°C

- Ultrasonic Bath

7.1.2 วัสดุอุปกรณ์

- Volumetric Flask , Class A ขนาด 5 , 10, 25 ml

- Pasture Pipette

- Beaker

- Vial 2 ml

- Capillary Column – HP-5 (5%-Phenyl-methylpolysiloxane)

length 30 m, ID 0.32 mm , film thickness 0.25 µm

- Capillary Column – HP-1 (10% Dimethylpolysiloxane)

length 30 m, ID 0.32 mm , film thickness 0.25 µm

- ลูกยาง

- ซ้อนตักสาร

- ปากคืบ

7.1.3 สารเคมี

- Acetone (AR Grade)

7.1.4 สารมาตรฐาน

- Chlorpyrifos purity 99 %

- Cypermethrin purity 98.6 %

- Acetochlor purity 95 %

- Ametryn purity 98 %

7.1.5 ตัวอย่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

- Chlorpyrifos สูตร 40% W/V EC

- Cypermethrin สูตร 35% W/V EC

- Acetochlor สูตร 50% W/V EC

- Ametryn สูตร 80% W/W WP

7.2 วิธีการ

ทำการตรวจสอบความใช้ได้ ในปี 2559 ศึกษา chlorpyrifos และ cypermethrin และ ในปี 2560 ทำการศึกษา acetochlor และ ametryn

7.2.1 วิธีวิเคราะห์

- สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช chlorpyrifos และ cypermethrin ดัดแปลงจากวิธี

วิเคราะห์ ใน CIPAC Handbook Volumn 1C

- สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช acetochlor ดัดแปลง จาก Kahn & Tomkins, 2001

(Determination of Acetochlor in Technical and Formulated Products by Capillary Gas Chromatography, J. of AOAC International. 2001, Vol. 84. No 2. P. 317-322.)

- สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ametryn ดัดแปลงจากวิธีวิเคราะห์ ใน CIPAC Handbook

Volume H

7.2.2 ขั้นตอนวิเคราะห์

7.2.2.1 นำสารมาตรฐาน หรือสารตัวอย่างที่ทราบเปอร์เซ็นต์แน่นอน มาชั่ง ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 5, 10 หรือ 25 ml เพื่อให้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ตามต้องการ โดยสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ ดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักที่ชั่ง (mg)} \times \text{ความบริสุทธิ์ของสาร (\%)}}{\text{ปริมาตรที่เตรียม (ml)} \times 100}$$

7.2.2.2 เติม acetone ประมาณ ½ ของ volumetric flask

7.2.2.3 เขย่าให้ละลายด้วย ultrasonic bath ประมาณ 5 นาที ที่อุณหภูมิไม่เกิน 40°C

7.2.2.4 ตั้งทิ้งไว้ในที่เย็นที่อุณหภูมิห้อง และปรับปริมาตรด้วย Acetone

7.2.2.5 จากนั้นนำมา เขย่าให้เข้ากัน แบ่งใส่ Vial ขนาด 2 ml

7.2.2.6 นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมกับแต่ละชนิดสาร

ดังตาราง 1

ตาราง 1 สภาวะเครื่อง Gas Chromatograph – FID ที่ใช้ในการวิเคราะห์

condition	chlorpyrifos acetochlor ametryn	cypermethrin
1. Capillary column	HP-5	HP-5
2. Oven temperature	230°C for 4 min	230°C for 3 min, 20°C/min to 240°C for 16 min
3. Injection temperature	250°C	250°C
4. Detector temperature	250°C	250°C
	Hydrogen 30 ml/min	Hydrogen 30 ml/min
	Air Zero 300 ml/min	Air Zero 300 ml/min
	Nitrogen 25 ml/min	Nitrogen 25 ml/min
5. Split injection	25:1	50:1

6. Carrier gas	Helium 1.8 ml/min (Constant pressure)	Helium 1.8 ml/min (Constant pressure)
7. Injection volume	1µl	1µl

7.2.2.7 นำผลวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่อง GC มาคำนวณหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในตัวอย่าง ดังนี้

สูตรการคำนวณปริมาณสารออกฤทธิ์ในตัวอย่าง

$$\%w/v \text{ สารออกฤทธิ์} = \frac{Hw \times f \times Dw}{W \times Ds}$$

$$\text{เมื่อ } f = \frac{S \times P}{Hs}$$

S = น้ำหนัก 1st Standard (mg)

P = เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของ 1st Standard

Hs = พื้นที่ใต้ Peak ของ Standard

W = น้ำหนักตัวอย่าง (mg)

Hw = พื้นที่ใต้ Peak ของตัวอย่าง

Dw = ความเจือจางของตัวอย่าง

Ds = ความเจือจางของ Standard

7.2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี

ทำการทดสอบคุณลักษณะต่างๆของวิธี ตามแผนการดำเนินงาน ได้แก่ specificity range linearity accuracy precision (repeatability & intermediate precision) ruggedness robustness ดังนี้

7.2.3.1 ความจำเพาะเจาะจง (specificity)

- ทำการทดสอบ specificity โดยการฉีด solvent blank (acetone: PR) เปรียบเทียบ กับ สารมาตรฐาน ในสถานะที่ใช้ทดสอบ ที่ ความเข้มข้นประมาณ 1 mg/ml ผลที่ได้ต้องได้ peak ของ solvent blank และ สารมาตรฐาน แยกออกจากกันชัดเจน

7.2.3.2 ช่วงของการวัด (range)

- ทำการทดสอบ range โดยการชั่งสารมาตรฐาน ที่คำนวณตามสูตร ให้ได้ที่ ระดับความเข้มข้นอย่างน้อย 6 ความเข้มข้น โดยในแต่ละความเข้มข้นทำจำนวนอย่างน้อย 1 ซ้ำ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ตามวิธีทดสอบ และฉีดเข้าเครื่อง GC-FID นำข้อมูลสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นที่ได้ กับค่า response หรือพื้นที่ใต้พีค (area) จากนั้นพิจารณาช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง คำนวณค่า correlation coefficient (r) ถ้าค่า $r \geq 0.995$ ถือว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

7.2.3.3 ความเป็นเส้นตรง (linearity)

- ทำการทดสอบ linearity โดยเลือกความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงจาก range ให้อยู่ในช่วงใกล้เคียงความเข้มข้นที่ใช้งานจริง โดยการชั่งสารมาตรฐาน ที่คำนวณตามสูตร ให้ได้ทีระดับความเข้มข้นอย่างน้อย 7 ระดับความเข้มข้น โดยในแต่ละความเข้มข้นทำจำนวนอย่างน้อย 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ตามวิธีและฉีดเข้าเครื่อง GC-FID นำข้อมูลสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นที่ได้ กับค่า response หรือพื้นที่ใต้พีค (area) พิจารณาช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง คำนวณค่า correlation coefficient (r) ถ้าค่า $r \geq 0.995$ ถือว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

7.2.3.4 ความเที่ยง (precision)

7.2.3.4.1 ทำการทดสอบ precision แบบ repeatability ซึ่งเป็นการทดสอบในสภาวะวันเวลาเดียวกัน และผู้วิเคราะห์คนเดียวกัน โดยทดสอบตัวอย่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ทีระดับความเข้มข้นอย่างน้อย 3 ความเข้มข้น (ต่ำ กลาง สูง) แต่ละความเข้มข้นทำการทดสอบอย่างน้อย 7 ซ้ำ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ตามวิธีทดสอบ และฉีดเข้าเครื่อง GC-FID นำข้อมูลที่ได้มาประเมินค่า precision โดยใช้ค่า HORRAT สามารถคำนวณได้ ดังนี้

- คำนวณค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของผลการทดสอบ และค่า % RSD ที่ได้จากการทดลอง จากสมการ

$$\% \text{RSD} = (\text{SD} \div \text{Avg}) \times 100$$

- ประเมิน precision โดยใช้ Horwitz Equation และ HORRAT (Horwitz's ratio) โดยสามารถคำนวณหา %RSD และ HORRAT จากสูตร

$$\% \text{RSD}_{\text{lab}} = (\text{SD} \div \text{Avg}) \times 100$$

$$\% \text{RSD}_{\text{expected}} \text{ จาก Horwitz equation} = 0.66 \times 2^{(1-0.5 \log C)}$$

$$\text{HORRAT} = \% \text{RSD}_{\text{lab}} \div \% \text{RSD}_{\text{expected}}$$

โดยที่เกณฑ์การยอมรับ คือ HORRAT (Horwitz ratio) ≤ 2 (AOAC)

7.2.3.4.2 ทำการทดสอบ precision แบบ intermediate precision ซึ่งเป็นการทดสอบในสภาวะต่างวันเวลา หรือ ต่างผู้วิเคราะห์ โดยขั้นตอนการทดสอบและเกณฑ์การยอมรับเหมือน การทดสอบ precision แบบ repeatability ข้อ 7.2.3.4.1

7.2.3.5 ความแม่นยำ (accuracy)

- ทำการทดสอบ accuracy โดยการทำทดสอบ fortified sample ทีระดับความเข้มข้นอย่างน้อย 3 ความเข้มข้น (ต่ำ กลาง สูง) แต่ละความเข้มข้นทำการทดสอบอย่างน้อย 7 ซ้ำ จากนั้นนำไป

วิเคราะห์ตามวิธีทดสอบ และฉีดเข้าเครื่อง GC-FID นำข้อมูลที่ได้มาประเมินค่า accuracy จาก % recovery โดยใช้สูตรดังนี้

$$\% \text{ recovery} = \frac{|\text{Average} - \mu| \times 100}{C}$$

โดยที่ C = ปริมาณสารมาตรฐานที่เติมลงในตัวอย่าง (fortified)

μ = ปริมาณสารที่มีในตัวอย่างก่อน fortified

หลังจากนั้นนำค่า % recovery ที่ได้ มาประเมิน accuracy ตามเกณฑ์ยอมรับของ AOAC ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 การประเมินความแม่นยำ ตาม expected recovery as a function of analyte concentration

Analyte %	Analyte ratio	Unit	Mean recovery %
100	1	100%	98-102
10	10 ⁻¹	10%	98-102
1	10 ⁻²	1%	97-103
0.01	10 ⁻³	0.1%	95-105
0.001	10 ⁻⁴	100 ppm	90-107
0.0001	10 ⁻⁵	10 ppm	80-110
0.00001	10 ⁻⁶	1 ppm	80-110
0.000001	10 ⁻⁷	100 ppb	80-110
0.0000001	10 ⁻⁸	10 ppb	60-115
0.00000001	10 ⁻⁹	1 ppb	40-120

ที่มา : AOAC (2012)

7.2.3.6 ความทนของวิธี (ruggedness)

- การทดสอบ ruggedness เป็นการทดสอบวิธีวิเคราะห์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงบางประการ ไปจากที่กำหนดไว้เล็กน้อย ในการทดลองนี้ จะเปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากผู้ทำการวิเคราะห์ต่างคน โดยจะทำการทดสอบ precision แบบ repeatability ข้อ 7.2.3.4.1 โดยเลือกทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 1 ความเข้มข้น

7.2.3.7 ความคงทนของวิธี (robustness)

- การทดสอบ robustness เป็นการทดสอบวิธีวิเคราะห์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางอย่าง ซึ่งให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์คงใช้ได้ ในการทดลองนี้ จะเปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากการใช้ capillary column ต่างชนิด คือ HP-5 และ HP-1 ในการแยกสาร โดยจะทำการทดสอบ precision แบบ repeatability ข้อ 7.2.3.4.1 โดยเลือกทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 1 ความเข้มข้น

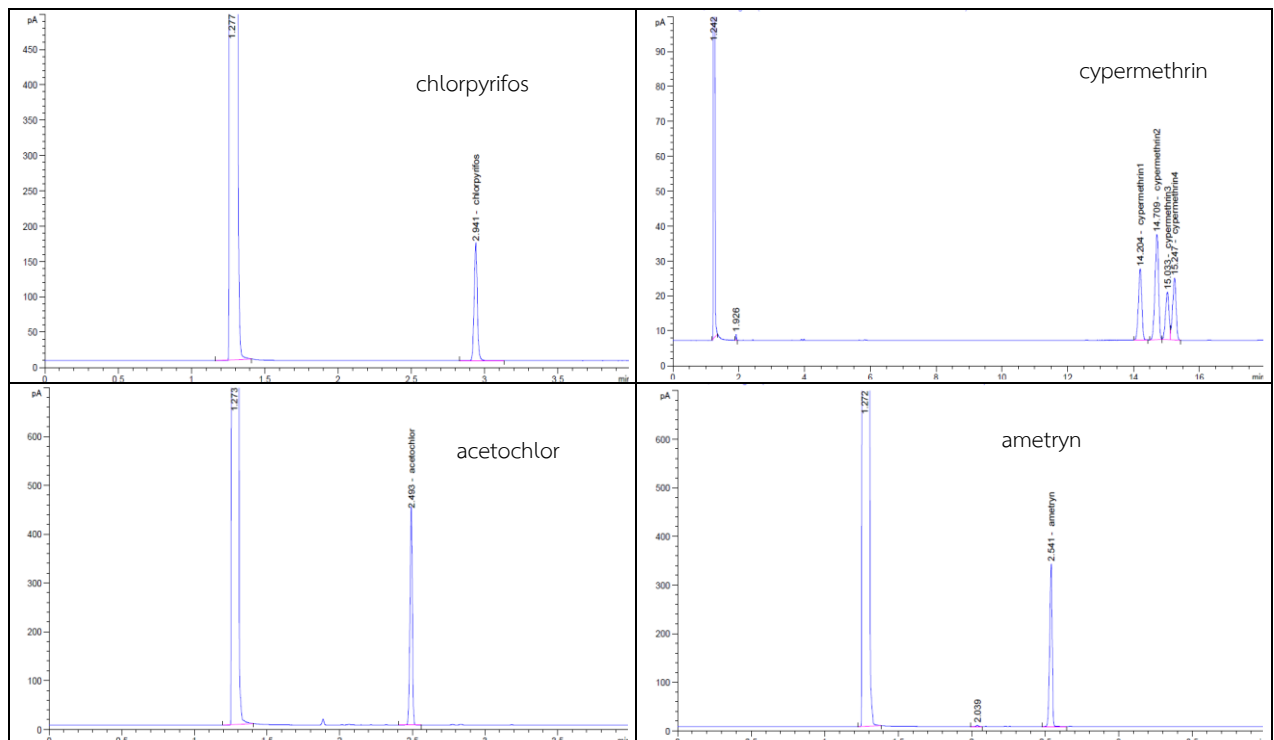
7.2.3 เวลาและสถานที่

- ปีที่เริ่มต้น 2559 : chlorpyrifos และ cypermethrin
- ปีที่สิ้นสุด 2560 : acetochlor และ ametryn
- ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต
สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

-ทำการทดสอบคุณลักษณะต่างๆของวิธี ตามขั้นตอนการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ได้แก่ Specificity Range Linearity Accuracy Precision (Repeatability & Intermediate Precision) Ruggedness Robustness ได้ผลการทดลอง ดังนี้

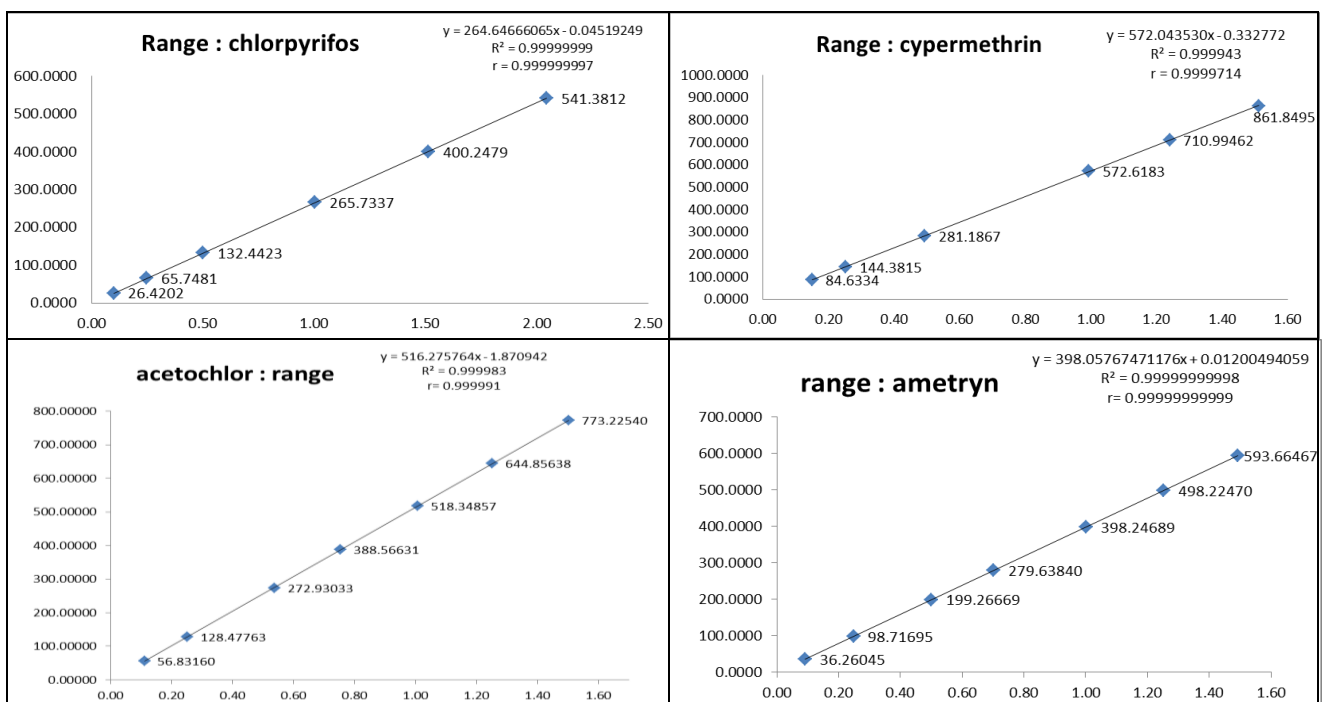
8.1 ความจำเพาะเจาะจง (Specificity) พบว่า peak ของสารมาตรฐาน chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn ที่ได้ แยกออกจาก solvent peak อย่างชัดเจน (ภาพ 1)



ภาพ 1 ความจำเพาะเจาะจง (Specificity) ของ chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn

8.2 ช่วงของการวัด (Range)

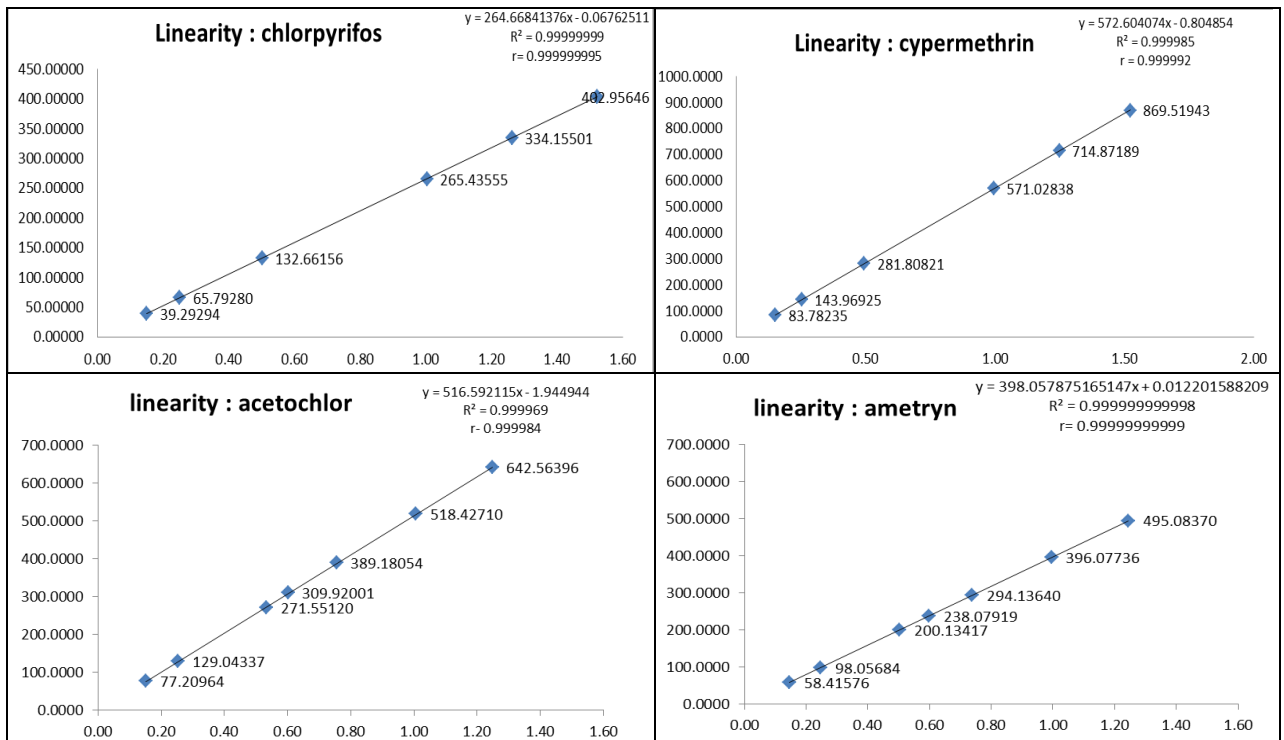
- จากการทดสอบ range ของสารมาตรฐาน chlorpyrifos ที่ระดับความเข้มข้น 0.10, 0.25, 0.50, 1.00, 1.50 และ 2.00 mg/ml ได้ค่า r คือ 0.99999 cypermethrin ที่ระดับความเข้มข้น 0.15, 0.25, 0.50, 1.00, 1.25 และ 1.50 mg/ml ได้ค่า r คือ 0.99997 acetochlor ที่ระดับความเข้มข้น 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 mg/ml ได้ค่า r คือ 0.99999 และ ametryn ที่ระดับความเข้มข้น 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 mg/ml ได้ค่า r คือ 0.99999 ซึ่งทุกชนิดสาร ได้ผลการทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (ค่า correlation coefficient (r) ≥ 0.995) รายละเอียดดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 2 ช่วงของการวัด (range) ของสารมาตรฐาน chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn

8.3 ความเป็นเส้นตรง (Linearity)

- จากการทดสอบ linearity ของสารมาตรฐาน chlorpyrifos chlorpyrifos ที่ระดับความเข้มข้น 0.15, 0.25, 0.50, 1.00, 1.25 และ 1.50 mg/ml ได้ค่า r คือ 0.99999 cypermethrin ที่ระดับความเข้มข้น 0.15, 0.25, 0.50, 1.00, 1.25 และ 1.50 mg/ml ได้ค่า r คือ 0.99999 acetochlor ที่ระดับความเข้มข้น 0.15, 0.25, 0.50, 0.60, 0.75, 1.00 และ 1.25 mg/ml ได้ค่า r คือ 0.99998 และ ametryn ที่ระดับความเข้มข้น 0.15, 0.25, 0.50, 0.60, 0.75, 1.00 และ 1.25 mg/ml ได้ค่า r คือ 0.99999 ทุกชนิดสาร ได้ผลการทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (ค่า correlation coefficient (r) ≥ 0.995) รายละเอียดดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 ความเป็นเส้นตรง (linearity) ของสารมาตรฐาน chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn

8.4 ทดสอบความเที่ยง (Precision)

- ทดสอบตัวอย่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช chlorpyrifos สูตร 40% cypermethrin สูตร 35% acetochlor สูตร 50% และ ametryn สูตร 80% เพื่อหาปริมาณสารออกฤทธิ์ที่แท้จริง จากผลการวิเคราะห์ ได้ ปริมาณสารออกฤทธิ์ ของ chlorpyrifos คือ 40.0% cypermethrin คือ 34.3% acetochlor คือ 50.07% และ ametryn คือ 79.65% จากนั้นนำไปคำนวณจากสูตร ให้ได้ 3 ระดับความเข้มข้น โดยเตรียมที่ระดับเข้มข้นประมาณ 0.2, 0.6 และ 1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง) ทำการทดสอบความเข้มข้นอย่างน้อย 7 ซ้ำ

8.4.1 Precision แบบ repeatability ทำการทดสอบวันเวลาเดียวกัน และผู้วิเคราะห์คนเดียว จากผลการทดสอบ พบว่า สาร chlorpyrifos ให้ค่า HORRAT ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2, 0.6 และ 1 mg/ml คือ 1.06, 0.49 และ 0.34 ตามลำดับ (ตาราง 3) สาร cypermethrin ให้ค่า HORRAT คือ 0.92, 0.31 และ 0.75 ตามลำดับ (ตาราง 4) สาร acetochlor ให้ค่า HORRAT ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2, 0.6 และ 1 mg/ml คือ 0.64, 0.28 และ 0.31 ตามลำดับ (ตาราง 5) และสาร ametryn ให้ค่า HORRAT ที่ ความเข้มข้น

ประมาณ 0.2, 0.6 และ 1 mg/ml คือ 0.55, 0.34 และ 0.48 ตามลำดับ (ตาราง 6) ซึ่งทั้ง 4 ชนิดสาร ให้ค่า ให้ค่า HORRAT ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (HORRAT ≤ 2)

ตาราง 3 ความเที่ยง (Precision) แบบ repeatability ของ chlorpyrifos ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
6.2	66.478	39.76	15.4	162.478	39.13	26.4	288.880	39.01
6.4	69.021	39.99	20.3	213.595	39.02	25.9	280.303	38.50
6.2	67.470	40.35	15.2	159.892	39.01	26.2	284.331	38.60
5.7	62.903	40.92	15.0	157.519	38.94	26.6	286.554	38.40
5.4	59.024	40.53	20.7	218.448	39.14	26.8	291.461	38.68
5.8	63.580	40.65	16.1	172.102	39.64	25.9	281.620	38.72
5.3	55.791	39.03	15.2	162.279	39.59	26.6	287.575	38.49
Mean		40.18			39.21			38.63
SD		0.65			0.29			0.20
%RSD _{lab}		1.61			0.74			0.51
%RSD _{expected}		1.52			1.52			1.52
HORRAT		1.06			0.49			0.34

ตาราง 4 ความเที่ยง (Precision) แบบ repeatability ของ cypermethrin ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
6.0	58.372	34.98	18.2	177.566	35.08	30.8	292.542	33.83
6.0	57.708	34.58	18.4	179.500	35.07	29.8	286.957	34.30

7.0	66.652	34.23	18.5	180.734	35.12	29.8	283.190	33.85
6.7	64.773	34.76	18.2	175.788	34.73	29.5	288.822	34.87
6.1	57.916	34.14	19.0	184.188	34.85	29.7	289.630	34.73
5.9	55.734	33.96	18.6	179.651	34.73	30.7	296.160	34.36
6.9	64.414	33.56	18.5	179.397	34.86	30.2	292.212	34.46
Mean		34.32			34.92			34.34
SD		0.49			0.17			0.40
%RSD _{lab}		1.42			0.49			1.16
%RSD _{expected}		1.55			1.55			1.55
HORRAT		0.92			0.31			0.75

ตาราง 5 ความเที่ยง (Precision) แบบ repeatability ของ acetochlor ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ได้ฟิค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ได้ฟิค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ได้ฟิค	ปริมาณ %w/w
10.3	122.624	50.40	30.5	357.118	49.62	50.2	588.958	49.67
10.4	123.232	50.16	30.4	355.880	49.62	50.3	594.650	50.05
10.1	119.006	49.88	30.0	350.927	49.58	50.3	593.594	49.96
10.2	120.296	49.93	30.5	358.200	49.77	50.3	590.055	49.66
10.4	121.478	49.45	30.2	356.622	50.05	50.3	597.379	50.28
10.0	120.253	50.91	30.5	360.320	50.07	50.3	590.878	49.73
10.5	124.985	50.39	30.0	352.104	49.74	50.3	591.846	49.81
Mean		50.16			49.78			49.88
SD		0.47			0.20			0.23
%RSD _{lab}		0.93			0.41			0.46
%RSD _{expected}		1.47			1.47			1.47
HORRAT		0.64			0.28			0.31

ตาราง 6 ความเที่ยง (Precision) แบบ repeatability ของ ametryn ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.6 และ

1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
6.3	85.169	81.75	18.8	248.314	80.23	31.7	408.407	79.46
6.4	85.404	80.70	18.8	248.398	80.26	31.9	412.682	79.79
6.4	87.310	82.50	19.0	249.845	79.88	32.0	413.090	79.62
6.4	86.640	81.86	18.8	247.967	80.12	31.8	416.853	80.85
6.3	85.194	81.78	18.8	247.173	79.86	31.7	408.938	79.56
6.3	84.936	81.53	18.8	248.695	80.36	31.7	411.606	80.08
6.3	85.914	82.47	18.8	250.546	80.95	31.8	408.801	79.29
Mean		81.80			80.24			79.81
SD		0.61			0.37			0.52
%RSD _{lab}		0.75			0.46			0.66
%RSD _{expected}		1.36			1.37			1.37
HORRAT		0.55			0.34			0.48

8.4.2 Precision แบบ intermediate precision ทำการทดสอบในสภาวะต่างวัน เวลา หรือ ต่างผู้วิเคราะห์ จากผลการทดสอบ พบว่า สาร chlorpyrifos ให้ค่า HORRAT ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml คือ 0.99, 0.51 และ 0.54 ตามลำดับ (ตาราง 7) สาร cypermethrin ให้ค่า HORRAT คือ 0.63, 1.11 และ 0.76 ตามลำดับ (ตาราง 8) สาร acetochlor ให้ค่า HORRAT ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2, 0.6 และ 1 mg/ml คือ 1.20, 0.90 และ 1.15 ตามลำดับ (ตาราง 9) และสาร ametryn ให้ค่า HORRAT ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2, 0.6 และ 1 mg/ml คือ 0.44, 0.37 และ 0.48 ตามลำดับ (ตาราง 10) ซึ่งทั้ง 4 ชนิด สาร ให้ค่า HORRAT ที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (HORRAT ≤ 2)

ตาราง 7 ความเที่ยง (Precision) แบบ intermediate precision ของ chlorpyrifos ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
6.0	61.121	39.15	15.6	159.854	39.38	25.0	258.469	39.73

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
5.1	53.544	40.35	15.2	157.679	39.87	25.7	263.213	39.36
5.5	56.964	39.80	15.3	156.765	39.38	25.3	257.460	39.11
5.9	62.861	40.95	15.7	162.129	39.69	25.1	256.072	39.21
5.3	55.581	40.30	15.2	154.253	39.00	25.0	257.321	39.56
5.4	61.562	39.46	14.3	153.602	39.60	25.8	263.115	39.19
5.0	53.408	40.11	14.4	155.264	39.85	24.3	262.949	39.99
Mean		40.02			39.54			39.45
SD		0.60			0.31			0.32
%RSD _{lab}		1.50			0.78			0.82
%RSD _{expected}		1.52			1.52			1.52
HORRAT		0.99			0.51			0.54

ตาราง 8 ความเที่ยง (Precision) แบบ intermediate precision ของ cypermethrin ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
6.5	65.962	33.99	17.5	169.189	33.98	29.3	287.351	34.44
6.1	62.819	34.64	17.8	172.018	33.97	29.0	282.875	34.26
5.7	57.419	33.88	17.5	167.479	33.64	29.7	294.505	34.82
5.9	60.045	34.23	17.2	167.042	34.14	28.8	276.605	33.73
5.9	60.198	34.32	17.3	173.057	35.16	29.4	289.675	34.60
6.5	61.730	34.14	17.7	176.956	33.63	29.5	286.203	34.88
6.2	60.024	34.81	17.9	173.484	34.84	30.0	285.018	34.16
Mean		34.29			34.19			34.41
SD		0.33			0.59			0.40
%RSD _{lab}		0.97			1.72			1.17
%RSD _{expected}		1.55			1.55			1.55
HORRAT		0.63			1.11			0.76

ตาราง 9 ความเที่ยง (Precision) แบบ intermediate precision ของ acetochlor ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
10.2	120.980	50.21	30.2	353.635	49.16	50.3	595.012	49.67
10.1	123.218	50.21	30.1	359.033	50.07	50.2	595.340	50.05
10.2	127.097	52.31	30.6	364.609	50.50	50.4	602.028	49.96
10.0	124.530	50.21	30.2	366.677	50.97	50.0	609.131	49.66
10.2	125.120	51.49	30.1	360.459	50.27	50.1	582.240	50.28
10.1	121.233	50.39	30.1	360.613	50.29	50.3	595.012	49.73
10.0	123.381	51.79	30.1	353.064	49.24	50.2	583.547	49.81
Mean		50.94			50.07			49.72
SD		0.89			0.66			0.84
%RSD _{lab}		1.76			1.31			1.69
%RSD _{expected}		1.46			1.47			1.47
HORRAT		1.20			0.90			1.15

ตาราง 10 ความเที่ยง (Precision) แบบ intermediate precision ของ ametryn ที่ความเข้มข้น 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
6.3	85.556	81.33	19.0	249.757	80.61	32.1	422.378	80.69
6.3	82.613	80.41	18.8	248.187	80.95	31.8	414.515	79.93
6.3	83.309	81.09	18.8	246.213	80.31	31.8	413.609	79.76
6.3	85.291	80.33	18.8	246.397	80.37	31.8	416.349	80.28
6.3	86.337	81.31	18.9	251.800	81.46	31.7	419.722	80.96
6.3	85.934	80.93	18.8	247.481	80.49	31.8	420.326	80.82
6.3	85.113	80.16	18.8	248.594	80.86	31.7	420.498	81.11
Mean		80.79			80.72			80.51
SD		0.49			0.40			0.52
%RSD _{lab}		0.60			0.50			0.65

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml (ระดับต่ำ)			ความเข้มข้น 0.6 mg/ml (ระดับกลาง)			ความเข้มข้น 1.0 mg/ml (ระดับสูง)		
น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	พื้นที่ใต้พีค	ปริมาณ %w/w
%RSD _{expected}		1.36			1.36			1.36
HORRAT		0.44			0.37			0.48

8.5 ทดสอบความแม่นยำ (Accuracy)

จากผลการทดสอบ fortified sample ของสาร chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn พบว่า สาร chlorpyrifos ให้ค่า mean % recovery ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml คือ 100, 100 และ 99 % ตามลำดับ (ตาราง 11-13) สาร cypermethrin ให้ค่า mean % recovery ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml คือ 100, 100 และ 99 % ตามลำดับ (ตาราง 14-16) สาร acetochlor ให้ค่า mean % recovery ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml คือ 100, 100 และ 100 % ตามลำดับ (ตาราง 17-19) และ สาร ametryn ให้ค่า mean % recovery ที่ ความเข้มข้นประมาณ 0.2 , 0.6 และ 1 mg/ml คือ 100, 101 และ 100 % ตามลำดับ (ตาราง 20-22) ซึ่งค่า mean % recovery ของสารทั้ง 4 ชนิด เป็นไปตามเกณฑ์ยอมรับ AOAC คือ % recovery อยู่ในช่วง 98-102%

ตาราง 11 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ chlorpyrifos ที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (ประมาณ 0.2 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	0.2951	0.1007	0.1980	98
2	0.4407	0.1007	0.3366	101
3	0.4905	0.1007	0.3960	98
4	0.3547	0.1007	0.2574	99
5	0.3572	0.1007	0.2574	100
6	0.3019	0.1007	0.1980	102
7	0.4183	0.1007	0.3168	100
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 12 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ chlorpyrifos ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (ประมาณ 0.6 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	0.7260	0.1007	0.6138	102
2	0.7489	0.1007	0.6534	99
3	0.7698	0.1007	0.6534	102
4	0.8441	0.1007	0.7326	101
5	0.7539	0.1007	0.6534	100
6	0.7156	0.1007	0.6138	100
7	0.7598	0.1007	0.6732	98
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 13 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ chlorpyrifos ที่ความเข้มข้นระดับสูง (ประมาณ 1 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	1.1259	0.1007	1.0296	100
2	1.0971	0.1007	1.0098	99
3	1.1332	0.1007	1.0296	100
4	1.1036	0.1007	1.0098	99
5	1.0066	0.1007	1.0098	99
6	1.1403	0.1007	1.0494	99
7	1.1149	0.1007	1.0098	100
Mean				99

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 14 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ cypermethrin ที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (ประมาณ 0.2 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	0.3520	0.1011	0.2564	98

2	0.3912	0.1011	0.2958	98
3	0.3410	0.1011	0.2366	101
4	0.3584	0.1011	0.2564	100
5	0.4197	0.1011	0.3155	101
6	0.3742	0.1011	0.2761	99
7	0.3570	0.1011	0.2564	100
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 15 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ cypermethrin ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (ประมาณ 0.6 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	0.8328	0.1011	0.7296	100
2	0.7429	0.1011	0.6508	99
3	0.8654	0.1011	0.7691	99
4	0.7732	0.1011	0.6705	100
5	0.8256	0.1011	0.7099	102
6	0.7358	0.1011	0.6310	101
7	0.7391	0.1011	0.6310	101
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 16 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ cypermethrin ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (ประมาณ 1.0 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	1.1516	0.1011	1.0649	99
2	1.2048	0.1011	1.1043	100
3	1.2068	0.1011	1.1240	98
4	1.1971	0.1011	1.1043	99
5	1.1845	0.1011	1.0846	100
6	1.1711	0.1011	1.0846	99
7	1.2126	0.1011	1.1043	101
Mean				99

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 17 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ acetochlor ที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (ประมาณ 0.2 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	0.3108	0.1000	0.2090	101
2	0.3085	0.1000	0.2052	102
3	0.3031	0.1000	0.2052	99
4	0.3015	0.1000	0.2014	100
5	0.3076	0.1000	0.2052	101
6	0.3065	0.1000	0.2052	101
7	0.2997	0.1000	0.2014	99
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 18 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ acetochlor ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (ประมาณ 0.6 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	0.6157	0.1000	0.6156	100
2	0.6114	0.1000	0.6118	100
3	0.6075	0.1000	0.6080	100
4	0.6131	0.1000	0.6118	100
5	0.6240	0.1000	0.6156	101
6	0.6177	0.1000	0.6156	100
7	0.6039	0.1000	0.6080	99
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 19 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ acetochlor ที่ความเข้มข้นระดับสูง (ประมาณ 1 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	1.1061	0.1000	1.0070	100
2	1.1042	0.1000	1.0032	100
3	1.1021	0.1000	1.0070	100
4	1.1011	0.1000	1.0032	100

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
5	1.0960	0.1000	1.0032	99
6	1.1053	0.1000	1.0032	100
7	1.1028	0.1000	1.0032	100
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 20 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ ametryn ที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (ประมาณ 0.2 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	0.3071	0.1001	0.2078	100
2	0.3042	0.1001	0.2038	100
3	0.3085	0.1001	0.2078	100
4	0.3071	0.1001	0.2078	100
5	0.3062	0.1001	0.2038	101
6	0.3074	0.1001	0.2038	102
7	0.3049	0.1001	0.2038	100
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 21 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ ametryn ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (ประมาณ 0.6 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	0.7213	0.1001	0.6154	101
2	0.7131	0.1001	0.6076	101
3	0.7185	0.1001	0.6037	102
4	0.7129	0.1001	0.6037	102
5	0.7026	0.1001	0.6037	100
6	0.7134	0.1001	0.6154	100
7	0.7086	0.1001	0.6154	99
Mean				101

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

ตาราง 22 ความแม่นยำ (Accuracy) ของ ametryn ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (ประมาณ 1.0 mg/ml)

จำนวนซ้ำ	ความเข้มข้นที่อ่านได้จาก เครื่อง mg/ml (A)	ความเข้มข้นของสาร ตัวอย่างเดิม mg/ml (B)	ความเข้มข้นที่ fortified mg/ml (C)	% recovery*
1	1.1256	0.1001	1.0114	101
2	1.0934	0.1001	1.0074	99
3	1.1064	0.1001	1.0074	100
4	1.1144	0.1001	1.0074	101
5	1.1078	0.1001	1.0035	100
6	1.1046	0.1001	1.0035	100
7	1.1041	0.1001	1.0074	100
Mean				100

*% recovery หาได้จาก $[(A-B)/(C)] \times 100$

8.6 ความทนของวิธี (Ruggedness)

- ทำการทดสอบแบบเดียวกับการทดสอบ precision แบบ repeatability ที่ความเข้มข้น 0.6 mg/ml โดยใช้เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ 2 คน จากผลการทดลอง พบว่าเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ คนที่ 1 ทำการทดสอบ chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn ให้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.48 0.71 0.28 และ 0.35 ตามลำดับ ในขณะที่ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ คนที่ 2 ทำการทดสอบ chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn ให้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.50 0.31 0.37 และ 0.62 ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่า HORRAT ที่ได้จากการทดสอบ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (HORRAT \leq 2) รายละเอียดดังตาราง 23 และ 24

ตาราง 23 ความทนของวิธี (Ruggedness) ของ chlorpyrifos และ cypermethrin ที่ความเข้มข้น 0.6 mg/ml ที่ทดสอบโดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ 2 คน

chlorpyrifos				cypermethrin			
คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 1		คนที่ 2	
น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w
15.4	39.13	15.4	39.51	19.0	34.89	18.2	35.08
20.3	39.02	15.2	39.42	18.5	34.00	18.4	35.07

chlorpyrifos				cypermethrin			
คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 1		คนที่ 2	
15.2	39.01	15.2	39.48	18.6	34.82	18.5	35.12
15.0	38.94	15.3	39.51	18.9	34.74	18.2	34.73
20.7	39.14	15.7	39.31	19.5	34.86	19.0	34.85
16.1	39.64	15.9	40.06	19.6	34.60	18.6	34.73
15.2	39.59	15.1	40.02	18.5	35.25	18.5	34.86
Mean	39.21		39.62		34.74		34.92
SD	0.29		0.30		0.38		0.17
%RSD _{lab}	0.73		0.76		1.09		0.49
%RSD _{expected}	1.52		1.52		1.55		1.55
HORRAT	0.48		0.50		0.71		0.31

ตาราง 24 ความทนของวิธี (Ruggedness) ของ acetochlor และ ametryn ที่ความเข้มข้น 0.6 mg/ml ที่ทดสอบโดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ 2 คน

acetochlor				ametryn			
คนที่ 1		คนที่ 2		คนที่ 1		คนที่ 2	
น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w
30.5	49.62	30.1	49.54	18.8	80.23	18.9	79.26
30.4	49.62	30.0	49.90	18.8	80.26	18.9	80.69
30.0	49.58	30.1	50.27	19.0	79.88	18.8	80.35
30.5	49.77	30.0	49.74	18.8	80.12	18.9	80.56
30.2	50.05	30.2	50.00	18.8	79.86	18.9	79.58
30.5	50.07	30.2	50.17	18.8	80.36	18.8	80.78
30.0	49.74	30.2	50.25	18.8	80.95	18.9	78.99
Mean	49.78		49.98		80.24		80.03
SD	0.20		0.27		0.37		0.74
%RSD _{lab}	0.41		0.55		0.46		0.92
%RSD _{expected}	1.47		1.47		1.37		1.37
HORRAT	0.28		0.37		0.34		0.67

8.7 ความคงทนของวิธี (Robustness)

- ทำการทดสอบ robustness แบบเดียวกับการทดสอบ precision แบบ repeatability ที่ความเข้มข้น 0.6 mg/ml โดยใช้ capillary column 2 ชนิด ได้แก่ HP-5 และ HP-1 ในการแยกสาร จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อใช้ HP-5 ในการแยกสาร chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn ให้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.50 0.31 0.28 และ 0.34 ตามลำดับ ในขณะที่ HP-1 ให้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.73 0.19 0.21 และ 0.15 ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่า HORRAT ที่ได้จากการทดสอบ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ($\text{HORRAT} \leq 2$) รายละเอียดดังตาราง 25 และ 26

ตาราง 25 ความคงทนของวิธี (Robustness) ของ chlorpyrifos และ cypermethrin ที่ความเข้มข้น 0.6 mg/ml ที่ตรวจวิเคราะห์ ด้วย column HP-5 และ HP-1

chlorpyrifos				cypermethrin			
HP-5		HP-1		HP-5		HP-1	
น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/v	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/v	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/v	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/v
15.4	39.51	15.4	39.19	18.2	35.08	18.2	34.32
15.2	39.42	16.3	39.32	18.4	35.07	18.4	34.26
15.2	39.48	15.1	39.25	18.5	35.12	18.5	34.10
15.3	39.51	15.2	39.29	18.2	34.73	18.4	34.42
15.7	39.31	15.3	39.47	19.0	34.85	18.5	34.31
15.9	40.06	15.7	39.56	18.6	34.73	18.6	34.21
15.1	40.02	15.7	40.46	18.5	34.86	18.4	34.32
Mean	39.62		39.50		34.92		34.28
SD	0.30		0.44		0.17		0.10
%RSD _{lab}	0.76		1.11		0.49		0.30
%RSD _{expected}	1.52		1.52		1.55		1.55
HORRAT	0.50		0.73		0.31		0.19

ตาราง 26 ความคงทนของวิธี (Robustness) ของ acetochlor และ ametryn ที่ความเข้มข้น 0.6 mg/ml ที่ตรวจวิเคราะห์ ด้วย column HP-5 และ HP-1

acetochlor				ametryn			
HP-5		HP-1		HP-5		HP-1	
น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/v	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/v	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w

acetochlor				ametryn			
HP-5		HP-1		HP-5		HP-1	
น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/v	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/v	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w	น้ำหนัก (mg)	ปริมาณ %w/w
30.5	49.62	30.5	49.84	18.8	80.23	18.8	80.07
30.4	49.62	30.4	50.08	18.8	80.26	18.8	80.11
30.0	49.58	30.5	50.01	19.0	79.88	18.9	80.25
30.5	49.77	30.2	49.78	18.8	80.12	19.0	80.25
30.2	50.05	30.2	50.19	18.8	79.86	18.8	80.50
30.5	50.07	30.5	50.15	18.8	80.36	18.9	80.48
30.0	49.74	30.0	50.00	18.8	80.95	18.8	80.28
Mean	49.78		50.01		80.24		80.28
SD	0.20		0.15		0.37		0.16
%RSD _{lab}	0.41		0.30		0.46		0.20
%RSD _{expected}	1.47		1.47		1.37		1.37
HORRAT	0.28		0.21		0.34		0.15

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ได้วิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช chlorpyrifos cypermethrin acetochlor และ ametryn โดยการทดสอบคุณลักษณะต่างๆของวิธี ได้ผลการทดลอง สรุปได้ดังนี้

9.1 ความจำเพาะเจาะจง (specificity)

วิธีที่ใช้วิเคราะห์สารทั้ง 4 ชนิดสาร มีความจำเพาะเจาะจง โดย peak ของสารที่ศึกษา แยกออกจาก solvent peak อย่างชัดเจน

9.2 ช่วงของการวัด (range)

ได้ช่วงของการวัดของสาร ดังนี้

- chlorpyrifos คือ 0.1-2.0 mg/ml
- cypermethrin คือ 0.15-1.5 mg/ml
- acetochlor คือ 0.10-1.50 mg/ml
- ametryn คือ 0.10-1.50 mg/ml

โดย สารทั้ง 4 ชนิด ให้ค่า r ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ $r \geq 0.995$

9.3 ความเป็นเส้นตรง (linearity)

ได้ช่วงของการวัดที่เป็นเส้นตรงของสาร ดังนี้

- chlorpyrifos คือ 0.15-1.5 mg/ml
- cypermethrin คือ 0.15-1.5 mg/ml
- acetochlor คือ 0.15-1.25 mg/ml
- ametryn คือ 0.15-1.25 mg/ml

โดย สารทั้ง 4 ชนิด ให้ค่า r ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ $r \geq 0.995$

9.4 ทดสอบความเที่ยง (precision)

9.4.1 ในส่วนของการทดสอบ precision แบบ repeatability ให้ค่า HORRAT ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 0.6 และ 1.0 mg/kg (ต่ำ กลาง สูง) สรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

- chlorpyrifos ให้ค่า HORRAT คือ 1.06, 0.49 และ 0.34 ตามลำดับ
- cypermethrin ให้ค่า HORRAT คือ 0.92, 0.31 และ 0.75 ตามลำดับ
- acetochlor ได้ค่า HORRAT คือ 0.64, 0.28 และ 0.31 ตามลำดับ
- ametryn ให้ค่า HORRAT คือ 0.55, 0.34 และ 0.48 ตามลำดับ

9.4.2 ในส่วนของการทดสอบ precision แบบ intermediate precision ให้ค่า HORRAT ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 0.6 และ 1.0 mg/kg (ต่ำ กลาง สูง) สรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

- chlorpyrifos ให้ค่า HORRAT คือ 0.99, 0.51 และ 0.54 ตามลำดับ
- cypermethrin ให้ค่า HORRAT คือ 0.36, 1.11 และ 0.76 ตามลำดับ
- acetochlor ได้ค่า HORRAT คือ 1.20, 0.90 และ 1.15 ตามลำดับ
- ametryn ให้ค่า HORRAT คือ 0.44, 0.37 และ 0.48 ตามลำดับ

ซึ่งผลการทดลองของสารทั้ง 4 ชนิด ให้ค่า HORRAT ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ $\text{HORRAT} \leq 2$

9.5 ทดสอบความแม่นยำ (Accuracy)

ได้ค่า mean % recovery ที่ ระดับความเข้มข้น 0.2 0.6 และ 1.0 mg/ml (ต่ำ กลาง สูง) ของสารทั้ง 4 ชนิด สรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

- chlorpyrifos ให้ค่า mean % recovery 100 100 และ 99 % ตามลำดับ
- cypermethrin ให้ค่า mean % recovery คือ 100 100 และ 99 % ตามลำดับ
- acetochlor ได้ค่า mean % recovery คือ 100 100 และ 100 % ตามลำดับ
- ametryn ให้ค่า mean % recovery คือ 100 101 และ 100 % ตามลำดับ

ซึ่งผลการทดลองของสารทั้ง 4 ชนิด ให้ค่า mean % recovery ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ 98-102%

9.6 ความทนของวิธี (ruggedness)

เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบของเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ คนที่ 1 และคนที่ 2 ในการวิเคราะห์ สาร ให้ค่า HORRAT ที่ระดับความเข้มข้น 0.6 mg/kg (ต่ำ กลาง สูง) สรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

- chlorpyrifos ให้ค่า HORRAT คือ 0.48 และ 0.50 ตามลำดับ

- cypermethrin ให้ค่า HORRAT คือ 0.71 และ 0.31 ตามลำดับ
- acetochlor ได้ค่า HORRAT คือ 0.28 และ 0.37 ตามลำดับ
- ametryn ให้ค่า HORRAT คือ 0.34 และ 0.67 ตามลำดับ

ซึ่งผลการทดลองของสารทั้ง 4 ชนิด ให้ค่า HORRAT ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ HORRAT \leq 2

9.7 ความคงทนของวิธี (robustness)

เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบระหว่างการใช้ column 2 ชนิด ได้แก่ HP-5 และ HP-1 ในการวิเคราะห์สาร ให้ค่า HORRAT ที่ระดับความเข้มข้น 0.6 mg/kg (ต่ำ กลาง สูง) สรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

- chlorpyrifos ให้ค่า HORRAT คือ 0.50 และ 0.73 ตามลำดับ
- cypermethrin ให้ค่า HORRAT คือ 0.31 และ 0.19 ตามลำดับ
- acetochlor ได้ค่า HORRAT คือ 0.28 และ 0.21 ตามลำดับ
- ametryn ให้ค่า HORRAT คือ 0.34 และ 0.15 ตามลำดับ

ซึ่งผลการทดลองของสารทั้ง 4 ชนิด ให้ค่า HORRAT ผ่านเกณฑ์การยอมรับ คือ HORRAT \leq 2

จากผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือ เป็นไปตามมาตรฐานสากล และสามารถใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 และใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ในการขอขยายขอบข่ายการรับรองห้องปฏิบัติการได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1. ห้องปฏิบัติการ สวพ.2 ใช้เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มกำจัดแมลง คลอไพริฟอส (chlorpyrifos) ไซเปอร์เมทริน (cypermethrin) และกลุ่มกำจัดวัชพืช อะซิโทคลอร์ (acetochlor) อะเมทริน (ametryn) ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ สร้างความมั่นใจให้กับผู้มาขอให้บริการ ตามภารกิจกรมวิชาการเกษตร

10.2 ใช้เป็นข้อมูลด้านวิชาการ เพื่อขอขยายขอบข่ายการรับรองห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ISO/IEC 17025

10.3 สามารถถ่ายทอดความรู้และเทคนิควิเคราะห์ไปในกลุ่มห้องปฏิบัติการวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตรในห้องปฏิบัติการของหน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้

11. คำขอขอบคุณ (ถ้ามี)

-

12. เอกสารอ้างอิง

1. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2554. แนวทางการจัดทำความสมเหตุสมผลของการวัด (Guidelines on Validity of Measurement). โรงพิมพ์สำนักพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. พิมพ์ครั้งแรก. 131 หน้า
2. ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
3. AOAC Peer-Verified Methods. Nov. 1993.
4. Henriet J. , A. Martun and H. H. Povlsen., 1985. Analysis of Technical and Formulated Pesticides CIPAC Handbook Volume 1C Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, Great Britain, p.2028 , 2047
5. Kahn B. B. and Tomkins D. F. , 2001 (Determination of Acetochlor in Technical and Formulated Products by Capillary Gas Chromatography, J. of AOAC International. 2001, Vol. 84. No 2. P. 317-322.)
6. Dobrat W. and A. Martijin, 1998. Analysis of Technical and Formulated Pesticides CIPAC Handbook Volume H Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, Great Britain, p.20

13. ภาคผนวก

-