

ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทชที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดยใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

Method Validation on Analysis of Water Soluble Potash in Chemical Fertilizers by Atomic Absorption Spectrophotometer

เยาวลักษณ์ แสงแก้ว¹ สรัญญา ช่วงพิมพ์¹ ว่าที่ร้อยตรีพิรุณ ตีระพัฒน์¹ และอนนท์ สุขสวัสดิ์¹

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ปุ๋ยของห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าวิเคราะห์ที่ถูกต้อง แม่นยำ เป็นที่น่าเชื่อถือ สามารถอ้างอิงได้ตามมาตรฐานสากลนั้นมีความจำเป็น จึงได้ทำการทดลองโดยใช้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทชที่ละลายน้ำได้ในปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นวิธีที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 ดัดแปลงจากวิธีการของ Official Methods of Analysis of Fertilizer (OMAF, 1987) โดยทำการศึกษาหา ความถูกต้อง (Accuracy), ความเที่ยง (Precision), ช่วงความเป็นเส้นตรง (Range and Linearity) และ ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (Limit of detection) วิเคราะห์ Certified Reference Material (CRM) 3 ระดับคือ ที่ความเข้มข้นระดับสูงจากปุ๋ย CRM สูตร 0-0-60 ที่ความเข้มข้นระดับกลางจากปุ๋ย CRM สูตร 0-52-34 และที่ระดับความเข้มข้นต่ำจากการเจือจางปุ๋ย CRM สูตร 0-0-60 หาค่า Range and Linearity พบว่าช่วงที่เป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์หาโพแทชเชื่อมอยู่ในช่วง 0 - 40 mg/L เลือกเอาช่วง 0 - 16 mg/L ซึ่งมีค่า Coefficient of Determination (r^2) เท่ากับ 0.999 เป็นช่วงการใช้งาน หาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD) เท่ากับ 0.47 % และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (LOQ) เท่ากับ 0.96 % จากการประเมินค่าความถูกต้องโดยหาค่า Recovery ในระดับสูง กลาง และต่ำ ได้เท่ากับ 99.87, 99.67 และ 99.50 % ตามลำดับ ประเมิน Repeatability precision โดยใช้ Horwitz's equation ได้ค่า Horrat เท่ากับ 0.73, 0.60 และ 0.27 ตามลำดับ และประเมิน Intermediate precision โดยใช้ Horwitz's equation ได้ค่า Horrat เท่ากับ 0.53, 0.52 และ 0.30 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสงขลา

คำนำ

จากการที่หน่วยงานภาครัฐมีการแก้ไขปรับปรุง พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 เป็น พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปุ๋ยในปัจจุบัน เพื่อคุ้มครองและรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร และได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2551 โดยที่กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานหลักในการกำกับดูแลและบังคับใช้กฎหมาย ซึ่งมีการกิจกรรมตรวจสอบร้านค้ารวมทั้งการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 ซึ่งเป็นตัวแทนกรมวิชาการเกษตรในส่วนภูมิภาคจึงได้รับมอบภารกิจดังกล่าวให้บริการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยภายใต้วิธีการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ รองรับการบังคับใช้กฎหมาย พรบ.ปุ๋ยเคมี โดยการใช้วิธีวิเคราะห์เดียวกับวิธีที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรใช้ คือ กลุ่มวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี (2551) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เป็นวิธีการที่นักวิชาการรุ่นก่อนๆ ได้ปรับปรุง คัดแปลง และพัฒนามาจากวิธีวิเคราะห์ของ AOAC, 2000 และ Official Methods of Analysis of Fertilizer (OMAF ,1987) ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจในวิธีการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการใช้อยู่ว่ายังเหมาะสมกับสภาพการวิเคราะห์ในปัจจุบัน จึงจำเป็นต้องตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ ตามคุณลักษณะต่างๆ คือความถูกต้อง (accuracy) ความเที่ยง (precision) พิสัย หรือช่วงการใช้งาน (working range) ความเป็นเส้นตรง (linearity) ขีดจำกัดของวิธีเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ (limit of detection และ limit of quantitation) (ทิพวรรณ , 2549) ให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล และสามารถใช่วิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวเพื่อขอการรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการในโอกาสต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (GBC รุ่น 933AA)
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น BP221S)
3. ตู้อบลมร้อน (Mettler รุ่น UM500)
4. เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

สารเคมีและวัสดุอ้างอิง

1. ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material : CRM)
 - Potassium dihydrogen phosphate (SRM 200b) มีโพแทสเซียม 34.61 % K_2O
 - Potassium chloride (BCR 113) มีโพแทสเซียม 60.39 % K_2O
2. Sample Blank ใช้ปุ๋ยสูตร 18-46-0
3. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 1000 ppm Merck
4. Calcium carbonate (HCl), AR grade เข้มข้น 36-38 %
5. $CaCO_3$ (AR grade)

Reagent

สารละลาย Suppressor

ชั่ง Calcium carbonate (CaCO_3) 25 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 ml เติมน้ำกลั่นพอละลาย ถ่ายใส่ภาชนะขนาด 2,000 ml เติมน้ำกลั่นประมาณ 500 ml ค่อยๆ เติม Hydrochloric acid (HCl) ความเข้มข้น 36-38% 210 ml ลงไปที่ละน้อย คนให้ละลาย ถ้า Calcium carbonate ละลายไม่หมด นำไปต้มพอเดือด ตั้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรให้ได้ 2,000 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

วิธีการ

วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี

1. ชั่งตัวอย่างใส่ใน Volumetric flask 250 ml เติมน้ำกลั่นประมาณ 100 ml นำไปเขย่าด้วยความเร็ว 220 รอบ/นาที ประมาณ 1 ชั่วโมง

2. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น กรองสารละลาย

3. ดูดสารละลายที่กรองได้ 3 ml ใส่ใน Volumetric flask 100 ml เติมสารละลาย Suppressor 10 ml และปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลีนแสงด้วยเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

5. คำนวณปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

วิธีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี

1. ศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของวิธีวิเคราะห์ (Range) ที่ความเข้มข้น 0 - 40 ppm

1.1 ชั่ง Sample blank ใส่ใน Volumetric flask 250 ml

1.2 เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 7 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 4, 8, 16, 24, 32 และ 40 ppm

1.3 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

1.4 นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม กับค่าความเข้มของแสงที่อ่านจากเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

1.5 พิจารณาค่าที่เป็นเส้นตรง โดยพิจารณาจากค่า Correlation of determination (r^2) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.995 เพื่อนำมาศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานที่จะนำมาใช้งาน (Linearity)

2. ศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานที่จะนำมาใช้งาน (Linearity) ที่ความเข้มข้น 0 - 16 ppm

2.1 ชั่ง Sample blank ใส่ใน Volumetric flask 250 ml

2.2 เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 10 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 และ 16 ppm ความเข้มข้นละ 3 ซีซี

2.3 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

2.4 นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม กับค่าความเข้มของแสงที่อ่านจากเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

2.5 พิจารณาค่าที่เป็นเส้นตรง โดยพิจารณาจากค่า Correlation of determination (r^2) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.995

3. ศึกษาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of detection, LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of quantitation, LOQ)

3.1 ชั่ง Sample Blank จำนวน 10 ชั่ง ใส่ใน Volumetric flask 250 ml

3.2 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

3.3 คำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และคำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร

$$LOD = \bar{X} + 3SD$$

$$LOQ = \bar{X} + 10SD$$

4. ศึกษาความถูกต้องของการวัด (Accuracy) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี ที่มีปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง กลาง และต่ำ โดยวิเคราะห์ CRM

4.1 ชั่ง Sample blank + CRM ที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูง กลาง และต่ำ ระดับละ 10 ชั่ง พร้อมวิเคราะห์ Reagent Blank

- ปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง 60.39 % K_2O โดยใช้ BCR 113

- ปริมาณโพแทสเซียมระดับกลาง 34.61% K_2O โดยใช้ SRM 200b

- ปริมาณโพแทสเซียมระดับต่ำ 1.00 % K_2O เตรียมจาก BCR 113

4.2 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ภายใต้กราฟมาตรฐานโพแทสเซียม ที่ความเข้มข้น 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 ppm

4.3 คำนวณ % Recovery เปรียบเทียบกับปริมาณโพแทสเซียมรับรอง (ตามสูตรข้างล่าง) โดยใช้เกณฑ์ยอมรับตาม AOAC, 2012 ดังนี้ ความเข้มข้น >10 % คือ 98-102 % และ > 1 % คือ 97-103 %

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้} (\bar{X}) \times 100}{\text{ปริมาณโพแทสเซียมรับรอง}}$$

5. ศึกษาความเที่ยงของการวัด (Precision) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี ที่มีปริมาณโพแทสเซียมระดับ สูง กลาง และต่ำ

5.1 ชั่ง Sample blank + CRM ที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูง กลาง และต่ำ ระดับละ 10 ชั่ง พร้อมวิเคราะห์ Reagent Blank

- ปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง 60.39 % K_2O โดยใช้ BCR 113

- ปริมาณโพแทสเซียมระดับกลาง 34.61% K_2O โดยใช้ SRM 200b

- ปริมาณโพแทสเซียมระดับต่ำ 1.00 % K_2O เตรียมจาก BCR 113

5.2 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ภายใต้กราฟมาตรฐานโพแทสเซียม ที่ความเข้มข้น 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 ppm

5.3 คำนวณหาค่าความเที่ยงของการวัด (Precision) แบบ 1) Repeatability precision และ 2) Intermediate precision โดยใช้ Horwitz's equation (HORRAT, Horwitz's Ratio) ตามสูตรข้างล่าง โดยมีเกณฑ์ยอมรับ คือ ค่า Horrat ≤ 2

$$\%RSD = \frac{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)} \times 100}{\text{ค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้} (\bar{X})}$$

Repeatability precision

$$\text{Predicted Horwitz RSD} = 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log C)}, C = \text{ปริมาณโพแทสเซียมรับรอง} / 100$$

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% \text{ RSD}}{\text{Predicted Horwitz RSD}}$$

Intermediate precision

$$\text{Predicted Horwitz RSD} = 2^{(1 - 0.5 \log C)}, C = \text{ปริมาณโพแทสเซียมรับรอง} / 100$$

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% \text{ RSD}}{\text{Predicted Horwitz RSD}}$$

5.4 สรุป และรายงานผลการทดลอง

ผลการทดลองและวิจารณ์

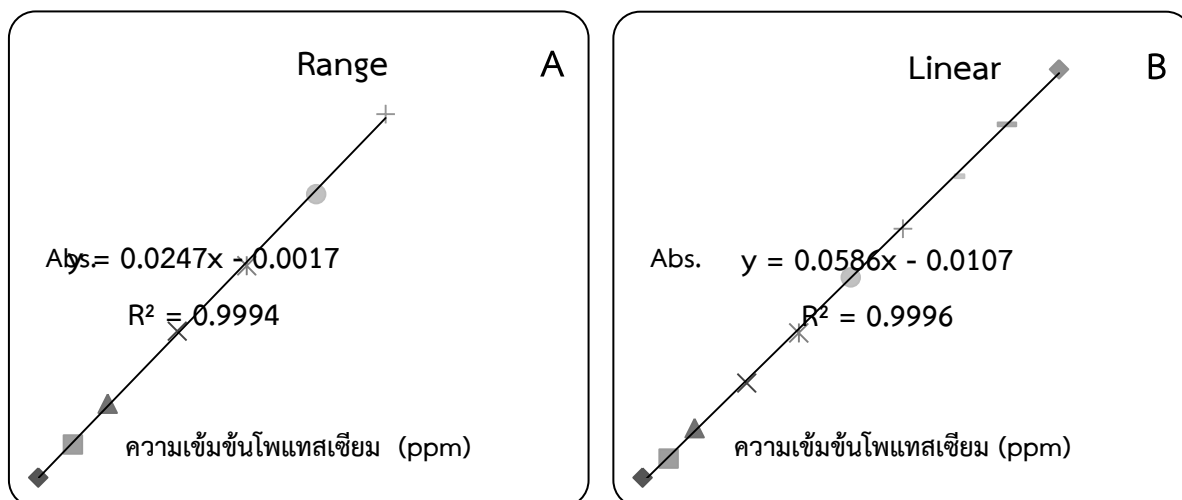
จากการตรวจพิสูจน์ความถูกต้องวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดยการหาค่า Range , Linearity, Limit of Detection (LOD), Limit of Quantitation (LOQ), Accuracy และ Precision โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ในปุ๋ยเคมี โดยใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์วิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material : CRM) ได้ผลการทดลองดังนี้

1. ศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของวิธีวิเคราะห์ (Range)

จากการเติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมลงใน sample blank ที่ความเข้มข้น 0 - 40 ppm เพื่อหาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโพแทสเซียม (ppm) กับค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, Abs) พบว่า ช่วงความเข้มข้นดังกล่าวให้ค่าสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตลอดแนว โดยมีค่า $r^2 = 0.999$ (รูปที่ 1A)

2. ศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานที่จะนำมาใช้งาน (Linearity)

เลือกช่วงความเข้มข้น 0 - 16 ppm มาเป็นช่วงใช้งาน ในการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ โดยการเติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมลงใน sample blank ที่ความเข้มข้น 0 - 16 ppm และสร้างกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโพแทสเซียม (ppm) กับค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, Abs) พบว่า ช่วงความเข้มข้นดังกล่าวให้ค่าสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตลอดแนว โดยมีค่า $r^2 = 0.999$ (รูปที่ 1B) ซึ่งค่า r^2 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับ คือ $r^2 \geq 0.995$ (ตติย, 2548)



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโพแทสเซียม (ppm) กับการดูดกลืนแสง (Abs) ของการหา Range (A) และ Linearity (B)

1. ศึกษาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of detection, LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of quantitation, LOQ)

จากการวิเคราะห์ sample blank พบว่าค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 0.2585, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.0699 (ตารางที่ 1) และนำค่า $\bar{X}$, SD คำนวณหา LOD และ LOQ ได้ค่าดังนี้

$$\bar{X} = 0.2585$$

$$SD = 0.0699$$

$$LOD = \bar{X} + 3SD = 0.2585 + (3 \times 0.0699) = 0.47 \% K_2O$$

$$LOQ = \bar{X} + 10SD = 0.2585 + (10 \times 0.0699) = 0.96 \% K_2O$$

2. ศึกษาความถูกต้องของการวัด (Accuracy) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี

โดยวิเคราะห์ BCR 113 และ SRM 200b ที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูง กลาง และต่ำ ร่วมกับ sample blank พบว่า ได้ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 60.31, 34.50 และ 1.00 % K_2O ตามลำดับ และมี % Recovery เท่ากับ 99.87, 99.67 และ 99.50 % ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่ง %Recovery ที่วิเคราะห์ได้ อยู่ในเกณฑ์ยอมรับ ตาม AOAC (2012) คือ ปริมาณระดับสูง และกลาง คือ 98 - 102 % และที่ปริมาณระดับต่ำ คือ 97 - 103 %

3. ศึกษาความเที่ยงของการวัด (Precision) โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยเคมี

โดยวิเคราะห์ BCR 113 และ SRM 200b ที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูง กลาง และต่ำ ร่วมกับ sample blank โดยใช้ Horwitz's equation โดยประเมินความเที่ยงของการวัด 2 แบบ คือ Repeatability precision และ Intermediate precision ได้ผลการประเมิน ดังนี้

3.1 การประเมิน Repeatability precision ตารางที่ 2

3.1.1 ที่ปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง (sample blank + 60.39 % K₂O)

$$\begin{aligned}\%RSD &= (SD/\bar{X}) \times 100 \\ &= (0.6222/60.31) \times 100 = 1.0316\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Predicted Horwitz RSD} &= 0.66 \times 2^{(1-0.5 \log C)}, C = \text{concentration ratio} = (60.31/100) = 0.6031 \\ &= 0.66 \times 2^{(1-0.5 \log 0.6031)} = 1.42\end{aligned}$$

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% RSD}{\text{Predicted Horwitz RSD}} = \frac{1.0316}{1.42} = 0.73$$

3.1.2 ที่ปริมาณโพแทสเซียมระดับกลาง (sample blank + 34.61 % K₂O)

$$\begin{aligned}\%RSD &= (SD/\bar{X}) \times 100 \\ &= (0.3208/34.50) \times 100 = 0.9299\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Predicted Horwitz RSD} &= 0.66 \times 2^{(1-0.5 \log C)}, C = \text{concentration ratio} = (34.50/100) = 0.3450 \\ &= 0.66 \times 2^{(1-0.5 \log 0.3450)} = 1.55\end{aligned}$$

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% RSD}{\text{Predicted Horwitz RSD}} = \frac{0.9299}{1.55} = 0.60$$

3.1.3 ที่ปริมาณโพแทสเซียมระดับต่ำ (sample blank + 2.00 % P₂O₅)

$$\begin{aligned}\%RSD &= (SD/\bar{X}) \times 100 \\ &= (0.0071/1.00) \times 100 = 0.7093\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Predicted Horwitz RSD} &= 0.66 \times 2^{(1-0.5 \log C)}, C = \text{concentration ratio} = 1.00/100 = 0.01 \\ &= 0.66 \times 2^{(1-0.5 \log 0.01)} = 2.64\end{aligned}$$

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% RSD}{\text{Predicted Horwitz RSD}} = \frac{0.7093}{2.64} = 0.27$$

จากคำนวณค่า Horrat แบบทวนซ้ำที่ปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง กลาง และต่ำ ได้ค่าเท่ากับ 0.73, 0.60 และ 0.27 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ค่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ คือ Horrat ≤ 2

3.2 การประเมิน Intermediate precision ตารางที่ 3

3.2.1 ที่ความเข้มข้นระดับสูง (sample blank + 60.39 % K₂O)

$$\begin{aligned}\%RSD &= (SD/\bar{X}) \times 100 \\ &= (0.6895/60.27) \times 100 = 1.1441\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Predicted Horwitz RSD} &= 2^{(1-0.5 \log C)}, C = \text{concentration ratio} = (60.27/100) = 0.6027 \\ &= 2^{(1-0.5 \log 0.6027)} = 2.16\end{aligned}$$

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% RSD}{\text{Predicted Horwitz RSD}} = \frac{1.1441}{2.16} = 0.53$$

3.2.2 ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (sample blank + 34.61 % K₂O)

$$\begin{aligned}\%RSD &= (SD/\bar{X}) \times 100 \\ &= (0.4245/34.58) \times 100 = 1.2276\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Predicted Horwitz RSD} &= 2^{(1 - 0.5 \log C)}, C = \text{concentration ratio} = (34.58/100) = 0.3458 \\ &= 2^{(1 - 0.5 \log 0.3458)} = 2.35\end{aligned}$$

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% RSD}{\text{Predicted Horwitz RSD}} = \frac{1.2276}{2.35} = 0.52$$

3.2.3 ที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (sample blank + 1.00 % K₂O)

$$\begin{aligned}\%RSD &= (SD/\bar{X}) \times 100 \\ &= (0.0120/1.01) \times 100 = 1.1897\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Predicted Horwitz RSD} &= 2^{(1 - 0.5 \log C)}, C = \text{concentration ratio} = (1.01/100) = 0.01 \\ &= 2^{(1 - 0.5 \log 0.01)} = 4.00\end{aligned}$$

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% RSD}{\text{Predicted Horwitz RSD}} = \frac{1.1897}{4.00} = 0.30$$

จากคำนวณค่า Horrat แบบทำซ้ำที่ปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง กลาง และต่ำ ได้ค่าเท่ากับ 0.53, 0.52 และ 0.30 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ค่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ คือ Horrat ≤ 2

สรุปผลการทดลอง

จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดยใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ตามวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ. 8 คัดแปลงจากวิธีการของ Official Methods of Analysis of Fertilizer (OMAF, 1987) โดยวิเคราะห์ CRM ที่มีปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง กลาง และต่ำ โดยใช้ CRM คือ BCR 113 (Potassium chloride) และ SRM 200b (Potassium dihydrogen phosphate) มีโพแทสเซียมรับรอง 60.39 และ 34.61 % K₂O ตามลำดับ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

- 1) ช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน (Range) : อยู่ในช่วง 0 - 40 ppm โดยมีค่า $r^2 = 0.999$
- 2) ช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานที่จะนำมาใช้งาน (Linearity) : เลือกช่วง 0 - 16 ppm โดยมีค่า $r^2 = 0.999$
- 3) ขีดจำกัดของการตรวจพบ (Limit of detection, LOD) คือ 0.47 % K₂O
- 4) ขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (Limit of quantitation, LOQ) คือ 0.96 % K₂O
- 5) หาค่าความถูกต้องของการวัด (Accuracy) ที่ปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง กลาง และต่ำ ได้ค่า Recovery เท่ากับ 99.87, 99.67 และ 99.50 % ตามลำดับ
- 6) ความเที่ยงของการวัด (Precision) ที่ปริมาณโพแทสเซียมระดับสูง กลาง และต่ำ
 - 6.1) Repeatability precision โดยใช้ Horwitz's equation ได้ค่า Horrat เท่ากับ 0.73, 0.60 และ 0.27 ตามลำดับ

6.2) Intermediate precision โดยใช้ Horwitz's equation ได้ค่า Horrat เท่ากับ 0.53, 0.52 และ 0.30 ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่า วิธีวิเคราะห์ปริมาณโพแทชที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดยใช้อะตอมมิก แอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 มีผลวิเคราะห์ที่ความถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือ ผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล และมีสมรรถนะดีพอเหมาะสมควรต่อการใช้งาน สามารถใช้ทดแทนวิธีวิเคราะห์ปริมาณโพแทชที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดยใช้เฟลมโฟโตมิเตอร์ได้

เอกสารอ้างอิง

AOAC, 1993. Peer Verified Methods Program, Manual on Policies Procedures, Arlington, VA, Nov 1993.

AOAC, 2012. Appendix F : Guidelines for Standard Method Performance Requirements. 19thEd. Official Method. AOAC International Gaithersburg, MD. 17 หน้า

Official Methods of Analysis of AOAC International. 2000. AOAC International Gaithersburg, MD, USA, Official Method 938.02. 17 th Ed. p. 21 - 24.

Official Methods of Analysis of Fertilizers. 1978. The National Institute of Agriculture Sciences. Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Japan 130 p.

คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี. 2551 กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 66 หน้า

ตติย สีหราช. 2548. เอกสารประกอบการอบรม-สัมมนาวิชาการด้านอุตสาหกรรมอาหาร เรื่อง การตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีทดสอบทางเคมี สถาบันอาหาร. กรุงเทพฯ 40 หน้า.

ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 124 หน้า.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of detection, LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of quantitation, LOQ) โดยการวิเคราะห์ sample blank 10 ครั้ง

ครั้งที่	น้ำหนัก Sample	ppm	% K ₂ O
Blank (g)			
1	1.0040	0.369	0.3689
2	1.0053	0.312	0.3115
3	1.0063	0.208	0.2075
4	1.0042	0.236	0.2359
5	1.0097	0.370	0.3679
6	1.0057	0.214	0.2136
7	1.0030	0.240	0.2402
8	1.0030	0.154	0.1541
9	1.0031	0.249	0.2492
10	1.0033	0.236	0.2361
ค่าเฉลี่ย			0.2585
SD			0.0699
3SD			0.2096
10SD			0.6985
LOD=ค่าเฉลี่ย+3SD			0.47
LOQ=ค่าเฉลี่ย+10SD			0.96

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ % K₂O ที่ระดับสูง กลาง และต่ำ โดยใช้ CRM - BCR 113, SRM200b มีปริมาณโพแทสเซียมรับรอง 60.39 , 34.19 และ 1.00 (เตรียมจาก BCR 113) % K₂O ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง (Accuracy) และ Repeatability precision

ครั้งที่	ความเข้มข้นระดับสูง					ความเข้มข้นระดับกลาง					ความเข้มข้นระดับต่ำ				
	Sample blank	CRM	K	K ₂ O	Recovery	Sample blank	CRM	K	K ₂ O	Recovery	Sample blank	CRM	K	K ₂ O	Recovery
	(g)	(g)	(ppm)	(%)	(%)	(g)	(g)	(ppm)	(%)	(%)	(g)	(g)	(ppm)	(%)	(%)
1	1.0052	0.2016	12.130	60.40	100.02	1.0062	0.2587	8.901	34.54	99.78	1.0064	10.0000	9.949	1.00	99.41
2	1.0021	0.2022	12.176	60.45	100.10	1.0048	0.2574	8.902	34.72	100.30	1.0014	10.0327	9.984	1.00	99.44
3	1.0045	0.2000	12.110	60.78	100.65	1.0060	0.2582	8.794	34.19	98.77	1.0045	10.0553	9.952	0.99	98.90
4	1.0053	0.2008	12.222	61.10	101.18	1.0070	0.2568	8.688	33.96	98.11	1.0076	10.0552	10.024	1.00	99.61
5	1.0054	0.2015	12.029	59.93	99.24	1.0088	0.2542	8.710	34.40	99.37	1.0018	10.0101	9.901	0.99	98.83
6	1.0025	0.2014	11.977	59.70	98.86	1.0054	0.2570	8.900	34.76	100.43	1.0025	10.0524	9.952	0.99	98.93
7	1.0024	0.2017	12.315	61.29	101.50	1.0057	0.2547	8.880	35.00	101.11	1.0054	10.0134	9.918	0.99	98.97
8	1.0037	0.2015	12.107	60.31	99.88	1.0054	0.2581	8.897	34.60	99.97	1.0063	10.0492	10.172	1.02	101.14
9	1.0058	0.2016	11.987	59.69	98.84	1.0071	0.2542	8.780	34.67	100.17	1.0047	10.0398	10.049	1.00	100.02
10	1.0083	0.2010	11.904	59.45	98.45	1.0050	0.2580	8.777	34.15	98.66	1.0064	10.0394	10.024	1.00	99.77
ค่าเฉลี่ย				60.31	99.87				34.50	99.67				1.00	99.50
SD				0.6222					0.3208					0.0071	
%RSD				1.0316					0.9299					0.7093	

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ % K₂O ที่ระดับสูง กลาง และต่ำ โดยใช้ CRM - BCR 113, SRM200b มีปริมาณโพแทสเซียมรับรอง 60.39 , 34.19 และ 1.00 (เตรียมจาก BCR 113)

% K₂O ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์ Intermediate precision

ครั้งที่	ความเข้มข้นระดับสูง				ความเข้มข้นระดับกลาง				ความเข้มข้นระดับต่ำ			
	Sample blank	CRM	K	K ₂ O	Sample blank	CRM	K	K ₂ O	Sample blank	CRM	K	K ₂ O
	(g)	(g)	(ppm)	(%)	(g)	(g)	(ppm)	(%)	(g)	(g)	(ppm)	(%)
1	1.0053	0.2008	12.222	61.10	1.0062	0.2587	8.901	34.54	1.0025	10.0524	10.114	1.01
2	1.0052	0.2040	12.085	59.47	1.0062	0.2549	8.916	35.11	1.0064	10.0023	9.843	0.99
3	1.0020	0.2033	12.264	60.56	1.0069	0.2531	8.607	34.14	1.0059	10.0396	10.054	1.01
4	1.0064	0.2003	12.271	61.50	1.0081	0.2510	8.681	34.72	1.0027	10.0335	9.966	1.00
5	1.0035	0.2079	12.529	60.50	1.0063	0.2561	8.696	34.09	1.0080	10.0028	10.195	1.02
6	1.0059	0.2087	12.597	60.59	1.0046	0.2501	8.631	34.64	1.0025	10.0282	9.919	0.99
7	1.0077	0.2040	12.168	59.88	1.0007	0.2564	8.683	33.99	1.0065	10.0468	10.183	1.02
8	1.0055	0.2072	12.320	59.69	1.0054	0.2536	8.800	34.83	1.0072	10.0544	10.016	1.00
9	1.0030	0.2060	12.281	59.85	1.0064	0.2518	8.842	35.25	1.0071	10.0278	10.186	1.02
10	1.0048	0.2020	11.982	59.54	1.0057	0.2562	8.792	34.45	1.0068	10.0238	10.116	1.01
ค่าเฉลี่ย				60.27				34.58				1.01
SD				0.6895				0.4245				0.0120
%RSD				1.1441				1.2276				1.1897

ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี

Method Validation on Analysis of Ammonium Nitrogen in Chemical Fertilizers

สร้อยญา ช่วงพิมพ์¹ เยาวลักษณ์ แสงแก้ว¹ พิรุณ ตีระพัฒน์¹ อนนท์ สุขสวัสดิ์¹

บทคัดย่อ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี เป็นการพัฒนา ปรับปรุง หรือดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์ให้มีความเหมาะสมกับห้องปฏิบัติการ วิธีการที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิตใช้นั้นดัดแปลงมาจากวิธีการของ OMAF (Official Method of Analysis of Fertilizers (1987)) ทำการประเมินความถูกต้อง (Accuracy) ความเที่ยง (Precision) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (Limit of Detection) โดยการวิเคราะห์ CRM/SRM และวิเคราะห์ตัวอย่างรับรองในสารตัวเติม (Sample Blank + CRM/SRM) ผลการวิเคราะห์ CRM/SRM และ Sample Blank + CRM/SRM ที่ 3 ระดับความเข้มข้น คือต่ำ (1.00 เปอร์เซ็นต์) กลาง (13.04 เปอร์เซ็นต์) และสูง (21.20 เปอร์เซ็นต์) ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ Recovery ใน CRM เท่ากับ 100, 100.05 และ 100.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใน Sample Blank + CRM/SRM เท่ากับ 100, 99.97 และ 100.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประเมินความเที่ยงแบบ Repeatability Precision ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง โดยใช้สมการของ Horwitz's Ratio ได้ค่า HORRAT ใน CRM/SRM เท่ากับ 0.32, 0.61 และ 0.29 ตามลำดับ ใน Sample Blank + CRM/SRM ได้เท่ากับ 0.52, 0.49 และ 0.33 ตามลำดับ ประเมินความเที่ยงแบบ Intermediate Precision ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ใน CRM/SRM ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.19, 0.25 และ 0.19 ตามลำดับ ใน Sample Blank + CRM/SRM ได้เท่ากับ 0.37, 0.31 และ 0.21 ตามลำดับ หาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD) เท่ากับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (LOQ) เท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีการวิเคราะห์นี้เหมาะกับการใช้งานตามวัตถุประสงค์

คำสำคัญ : แอมโมเนียมไนโตรเจน ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ความถูกต้อง ความเที่ยง ปริมาณต่ำสุดที่วิเคราะห์

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสงขลา

คำนำ

กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 เป็นหน่วยงานที่ให้บริการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ ปุ๋ย สารพิษตกค้างในทางเกษตร วัตถุอันตรายทางการเกษตร และจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผลผลิตทางเกษตร ของกรมวิชาการเกษตร ในส่วนภูมิภาค สำหรับการวิเคราะห์ปุ๋ยนั้น เป็นไปเพื่อรองรับภารกิจการบังคับใช้กฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรกำกับดูแล คือ พรบ.ปุ๋ย เป็นหลัก โดยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร คือ คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี (2551) ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยจึงมีความจำเป็นต้องตรวจสอบวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้

การวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี เป็นหัวข้อในการตรวจประเมินคุณภาพปุ๋ย ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย และสำหรับการขึ้นทะเบียนปุ๋ยที่มีแอมโมเนียมไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ จึงมีความจำเป็นต้องตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ย โดยการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์นั้น ห้องปฏิบัติการได้ดัดแปลงวิธีวิเคราะห์ของ OMAF (Official Method of Analysis of Fertilizers (1987) ร่วมกับคู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี (2551) โดยตรวจสอบคุณลักษณะต่างๆ คือ ความถูกต้องของการวัด (Accuracy) ที่ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนระดับสูง กลาง และต่ำ และความเที่ยงของการวัด (Precision) ทั้งแบบ Repeatability precision และ Intermediate precision ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of detection, LOD) ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of quantitation, LOQ) (ทิพวรรณ, 2549) เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล และสามารถใช่วิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวเพื่อขอการรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

- 1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง Sartorius รุ่น BP221S และ รุ่น ED224S
- 2.เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง Mettler Toledo รุ่น PL3002
3. เครื่องกลั่นไนโตรเจน Gerhardt รุ่น VAP20
4. ตู้อบลมร้อน Memmert รุ่น UM500
5. Burette Class A ขนาด 50 ml ที่ผ่านการสอบเทียบ
6. Kjeldahl tube ขนาด 300 ml
7. Erlenmeyer Flask ขนาด 250 ml
8. Volumetric flask ขนาด 5000 ml
9. เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์
10. ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง/วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Certified Reference Material /Standard Reference Material : CRM/SRM)
 - Ammonium sulfate 99.999% Purity 21.20 % Nitrogen (Aldrich Chem.204501)
 - Calcium ammonium nitrate 13.04 ± 0.32 % Ammonium Nitrogen (CRM-BCR 178)
 - Sodium Carbonate (Na₂CO₃) 99.970 ± 0.014 % (SRM 351a)

11. Boric acid (H_3BO_3), AR grade
12. Alcohol $\geq 90\%$, AR grade
13. Hydrochloric acid (HCl) 1 N, AR grade
14. Methylene blue ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$), Indicator grade หรือ AR grade
15. Methyl red ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$), Indicator grade หรือ AR grade
16. Sodium hydroxide (NaOH), Commercial grade หรือสูงกว่า
17. Sample Blank (ใช้ตัวอย่างปุย สูตร 0-0-50)

วิธีการ

1. วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน

ชั่งตัวอย่างปุยที่ผ่านบดให้ได้น้ำหนักระหว่าง 0.2xxx – 10.xxxx g ใส่ Kjeldahl tube บันทึกน้ำหนักตัวอย่างปุย นำ Kjeldahl tube ใส่เครื่องกลั่นไนโตรเจน นำสารละลายกรดบอริก 4% ปริมาตร 25 ml ใส่ Erlenmeyer Flask ขนาด 250 ml เติม mixed indicator 5 หยด เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนีย เปิดเครื่องกลั่น ถ้าตัวอย่างมีแอมโมเนียมไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมพูม่วงเป็นสีเขียว กลั่นจนกระทั่งแก๊สแอมโมเนียถูกดักจับด้วยกรดบอริก จนหมด หรือจนกระทั่งได้สารละลาย ประมาณ 100-150 ml นำสารละลายที่ได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.2 N จนถึงจุดยุติ โดยสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสารละลายสีชมพูม่วง บันทึกปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.2 N ทำ Reagent Blank โดยไม่ใส่ตัวอย่างปุย ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{AN} = \frac{\text{N (HCl)} \times (\text{ปริมาตร HCl ของตัวอย่าง (ml)} - \text{ปริมาตร HCl ของ Reagent Blank (ml)}) \times 1.40067}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (g)}}$$

2. วิธีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุยเคมี

2.1 ศึกษาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of detection, LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of quantitation, LOQ)

ชั่ง Sample Blank จำนวน 10 ซ้ำ ใส่ใน Kjeldahl tube วิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน คำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และคำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร

$$\text{LOD} = \bar{X} + 3\text{SD}$$

$$\text{LOQ} = \bar{X} + 10\text{SD}$$

2.2 ศึกษาความถูกต้องของการวัด (Accuracy) แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุยเคมี ที่มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนระดับ ต่ำ กลาง และสูง โดยดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (CRM/SRM) และตัวอย่างอ้างอิงรับรองในสารตัวเดิม (Sample Blank + CRM/SRM) เพื่อศึกษา Matrix effect ดังนี้

- ชั่ง CRM และ Sample blank + CRM/SRM ที่มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนความเข้มข้นระดับ ต่ำ กลาง และสูง ระดับละ 10 ซ้ำ พร้อมวิเคราะห์ Reagent Blank

- ระดับต่ำ 1.00 % AN เตรียมจาก Ammonium sulfate

- ระดับกลาง 13.04 % AN โดยใช้ Calcium ammonium nitrate (BCR 178)

- ระดับสูง 21.20 % AN โดยใช้ Ammonium sulfate

- วิเคราะห์ตามข้อ 1.2-1.6

- กำหนด % Recovery เปรียบเทียบกับปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรอง โดยใช้เกณฑ์ยอมรับตาม AOAC, 2012 ดังนี้ ความเข้มข้น >10 % คือ 98-102 % และ > 1 % คือ 97-103 %

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้} (\bar{X}) \times 100}{\text{ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรอง}}$$

2.3 ศึกษาความเที่ยงของการวัด (Precision) แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ที่ปริมาณไนโตรเจนระดับ ต่ำ กลาง และสูง

- ชั่ง CRM/SRM และ Sample blank + CRM/SRM ที่ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ต่ำ กลาง และสูง เช่นเดียวกับการหา Accuracy ระดับละ 10 ชั่ง พร้อมวิเคราะห์ Reagent Blank ในวัน เวลา เดียวกัน เพื่อประเมินค่า Repeatability precision วิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน

- ชั่ง CRM/SRM และ Sample blank + CRM/SRM ที่ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ต่ำ กลาง และสูง เช่นเดียวกับการหา Accuracy ระดับละ 10 ชั่ง พร้อมวิเคราะห์ Reagent Blank ในวัน เวลา ต่างกัน เพื่อประเมินค่า Intermediate precision วิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน

- กำหนดค่าความเที่ยงของการวัด (Precision) ทั้ง Repeatability precision และ Intermediate precision โดยใช้ Horwitz's equation (HORRAT, Horwitz's Ratio) ตามสูตรข้างล่าง โดยมีเกณฑ์ยอมรับ คือ ค่า Horrat ≤ 2

$$\% \text{RSD} = \frac{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)} \times 100}{\text{ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้} (\bar{X})} \times 100$$

Repeatability precision

Predicted Horwitz RSD = $0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log C)}$, C = ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรอง / 100)

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% \text{ RSD}}{\text{Predicted Horwitz RSD}}$$

Intermediate precision

Predicted Horwitz RSD = $2^{(1 - 0.5 \log C)}$, C = ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรอง / 100)

$$\text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} = \frac{\% \text{ RSD}}{\text{Predicted Horwitz RSD}}$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยศึกษาคุณลักษณะต่างๆ คือ LOD และ LOQ, Accuracy, Precision, โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 ซึ่งได้ดัดแปลงวิธีวิเคราะห์ของ OMAF (Official Method of Analysis of Fertilizers (1987) ดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (CRM/SRM) และตัวอย่างอ้างอิงรับรองในสารตัวเติม (Sample Blank + CRM/SRM) ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1. ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of detection, LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of quantitation, LOQ)

จากการวิเคราะห์ sample blank พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 0.0330 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.0221 (ตารางภาคผนวกที่ 1) และนำค่า SD คำนวณหา LOD และ LOQ ได้ค่าดังนี้

$$\text{LOD} = \bar{X} + 3 \text{ SD} = 0.0330 + 3(0.0221) = 0.10 \% \text{ AN}$$

$$\text{LOQ} = \bar{X} + 10\text{SD} = 0.0330 + 10(0.0221) = 0.25 \% \text{ AN}$$

นั่นคือปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนต่ำสุดที่สามารถวัดได้ เท่ากับ 0.10 % และปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ที่สามารถนำมารายงานผลได้ไม่ต่ำกว่า 0.25%

2. ศึกษาความถูกต้องของการวัด (Accuracy) แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี

2.1 วิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนใน Ammonium sulfate และ BCR 178 ที่ 3 ระดับ คือ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1.00 %AN) ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (13.04 %AN) และที่ความเข้มข้นระดับสูง (21.20 %AN) ระดับละ 10 ซ้ำ ได้ผลการวิเคราะห์ตาม ตารางภาคผนวกที่ 2 ประเมินค่า Accuracy โดยหาค่า %Recovery และเปรียบเทียบค่าจากการวิเคราะห์กับค่าจริงโดยใช้ t-test ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ซึ่งค่าทั้งหมดผ่านเกณฑ์ยอมรับตาม AOAC, 2012 คือ ความเข้มข้นมากกว่า 10 % เกณฑ์ยอมรับเท่ากับ 98-102 % และความเข้มข้นมากกว่า 1 % เกณฑ์ยอมรับเท่ากับ 97-103 %

ตารางที่ 1 ผลและการประเมินผลในการหาค่าการหา Accuracy ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยวิเคราะห์ CRM/SRM

ระดับความเข้มข้น	% Recovery	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการประเมิน	t-test	เกณฑ์การยอมรับ ยอมรับที่ 95 % $t_{\text{cri}} = 2.26$	ผลการประเมิน
ต่ำ (1.00%)	100	97-103%	ผ่าน	0.00	$t_{\text{cal}} < t_{\text{cri}}$	ผ่าน
กลาง (13.04%)	100.05	98-102%	ผ่าน	0.13	$t_{\text{cal}} < t_{\text{cri}}$	ผ่าน
สูง (21.20%)	100.09	98-102%	ผ่าน	0.61	$t_{\text{cal}} < t_{\text{cri}}$	ผ่าน

2.2 วิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างอ้างอิงรับรองในสารตัวเดิม (Matrix effect) โดยการวิเคราะห์ Sample Blank + Ammonium sulfate และ BCR 178 ที่ 3 ระดับคือ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1.00 %AN) ที่ความเข้มข้นระดับกลาง (13.0 %AN) และที่ความเข้มข้นระดับสูง (21.20 %AN) ระดับละ 10 ซ้ำ ได้ผลการวิเคราะห์ตาม ตารางภาคผนวกที่ 3 ประเมินค่า Accuracy โดยหาค่า %Recovery และเปรียบเทียบค่าจากการวิเคราะห์กับค่าจริงโดยใช้ t-test ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ซึ่งค่าทั้งหมดผ่านเกณฑ์ยอมรับตาม AOAC, 2012 คือ ความเข้มข้นมากกว่า 10 % เกณฑ์ยอมรับเท่ากับ 98-102 % และความเข้มข้นมากกว่า 1 % เกณฑ์ยอมรับเท่ากับ 97-103 %

ตารางที่ 2 ผลและการประเมินผลในการหาค่าการหา Accuracy ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยวิเคราะห์ Sample Blank + CRM/SRM

ระดับความ เข้มข้น	% Recovery	เกณฑ์ การยอมรับ	ผลการ ประเมิน	t-test	เกณฑ์การยอมรับ ยอมรับที่ 95 % $t_{\text{cri}} = 2.26$	ผลการ ประเมิน
ต่ำ (1.00%)	100	97-103%	ผ่าน	0.23	$t_{\text{cal}} < t_{\text{cri}}$	ผ่าน
กลาง (13.04%)	99.97	98-102%	ผ่าน	0.11	$t_{\text{cal}} < t_{\text{cri}}$	ผ่าน
สูง (21.20%)	100.09	98-102%	ผ่าน	0.54	$t_{\text{cal}} < t_{\text{cri}}$	ผ่าน

3. ศึกษาความเที่ยงของการวัด (Precision) แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี

ทำการวิเคราะห์ CRM/SRM และ Sample Blank +CRM/SRM ที่มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ต่ำ กลาง และสูง โดยใช้ Horwitz's equation โดยประเมินความเที่ยงของการวัด 2 แบบ คือ Repeatability precision และ Intermediate precision ได้ผลการประเมิน ดังนี้

3.1 การหาค่า Repeatability Precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยการวิเคราะห์ CRM/SRM ที่มีปริมาณไนโตรเจน ต่ำ กลาง และสูง ระดับละ 10 ซ้ำ ในวัน เวลาเดียวกัน ได้ผลการวิเคราะห์ตามตารางภาคผนวกที่ 2 คำนวณหาค่า %RSD แล้วประเมินโดยใช้ Horwitz' Ratio หรือ HORRAT ได้ผลดังตารางที่ 3 ซึ่งค่าทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ คือ $\text{HORRAT} \leq 2$ (ตติย, 2548)

ตารางที่ 3 ผลและการประเมินผลในการหา Repeatability Precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยวิเคราะห์ CRM/SRM

ระดับ ความเข้มข้น	% RSD	Repeatability Precision (CRM/SRM)			
		Predicted Horwitz RSD	HORRAT	เกณฑ์ การยอมรับ	ผลการประเมิน
ต่ำ (1.00%)	0.84	2.64	0.32	≤ 2	ผ่าน
กลาง (13.04%)	1.09	1.79	0.61	≤ 2	ผ่าน
สูง (21.20%)	0.49	1.67	0.29	≤ 2	ผ่าน

3.2 การหาค่า Repeatability precision ในสารตัวเดิม โดยการวิเคราะห์ Sample Blank +CRM/SRM ที่มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ต่ำ กลาง และสูง ระดับละ 10 ซ้ำ ในวัน เวลาเดียวกัน ได้ผลการวิเคราะห์ตาม ตารางภาคผนวกที่ 3 คำนวณหาค่า %RSD แล้วประเมินโดยใช้ Horwitz' Ratio หรือ HORRAT ได้ผลดังตารางที่ 4 ซึ่งค่าทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ คือ $\text{HORRAT} \leq 2$ (ตติย, 2548)

ตารางที่ 4 ผลและการประเมินผลในการหา Repeatability Precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในสารตัวเดิมโดยวิเคราะห์ Sample Blank + CRM/SRM

ระดับ ความเข้มข้น	% RSD	Repeatability Precision (Sample Blank + CRM/SRM)			
		Predicted Horwitz RSD	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการประเมิน
ต่ำ (1.00%)	1.37	2.64	0.52	≤ 2	ผ่าน
กลาง (13.04%)	0.88	1.79	0.49	≤ 2	ผ่าน
สูง (21.20%)	0.55	1.67	0.33	≤ 2	ผ่าน

3.3 การหาค่า Intermediate precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยการวิเคราะห์ CRM/SRM ที่มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ต่ำ กลาง และสูง ระดับละ 10 ซ้ำ ในวัน และเวลาต่างกัน ได้ผลการวิเคราะห์ตาม ตารางภาคผนวกที่ 4 คำนวณหาค่า %RSD แล้วประเมินโดยใช้ Horwitz' Ratio หรือ HORRAT ได้ผลดังตารางที่ 5 ซึ่งค่าทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ คือ **HORRAT ≤ 2** (ตติย, 2548)

ตารางที่ 5 ผลและการประเมินผลในการหา Intermediate Precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยวิเคราะห์ CRM/SRM

ระดับ ความเข้มข้น	% RSD	Intermediate Precision (CRM/SRM)			
		Predicted Horwitz RSD	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการประเมิน
ต่ำ (1.00%)	0.75	4.01	0.19	≤ 2	ผ่าน
กลาง (13.04%)	0.67	2.72	0.25	≤ 2	ผ่าน
สูง (21.20%)	0.48	2.52	0.19	≤ 2	ผ่าน

3.4 การหาค่า Intermediate precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในสารตัวเดิม โดยการวิเคราะห์ Sample Blank +CRM/SRM ที่มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ต่ำ กลาง และสูง ระดับละ 10 ซ้ำ ในวัน และเวลาต่างกัน ได้ผลการวิเคราะห์ตาม ตารางภาคผนวกที่ 5 คำนวณหาค่า %RSD แล้วประเมินโดยใช้ Horwitz' Ratio หรือ HORRAT ได้ผลดังตารางที่ 6 ซึ่งค่าทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ คือ **HORRAT ≤ 2** (ตติย, 2548)

ตารางที่ 6 ผลและการประเมินผลในการหา Intermediate Precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในสารตัวเติม โดยวิเคราะห์ Sample Blank + CRM/SRM

Intermediate Precision (Sample Blank + CRM/SRM)					
ระดับ					
ความเข้มข้น	% RSD	Predicted Horwitz RSD	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการประเมิน
ต่ำ (1.00%)	1.48	4.00	0.37	≤ 2	ผ่าน
กลาง (13.04%)	0.85	2.72	0.31	≤ 2	ผ่าน
สูง (21.20%)	0.53	2.52	0.21	≤ 2	ผ่าน

สรุปผลการทดลอง

จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ตามวิธีวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 คัดแปลงจากวิธีวิเคราะห์ของ OMAF (Official Method of Analysis of Fertilizers (1987), 4.1.2) โดยวิเคราะห์ CRM/SRM และตัวอย่างอ้างอิงรับรองในสารตัวเติม (Sample Blank + CRM/SRM) เพื่อศึกษา Matrix effect ที่มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนระดับต่ำ กลาง และสูง โดยใช้ Ammonium sulfate และ CRM BCR 178 (Calcium ammonium nitrate) มีแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรองเท่ากับ 21.20 % และ 13.04 % ตามลำดับ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

- 1) ขีดจำกัดของการตรวจพบ (Limit of detection, LOD) คือ 0.10 % AN
- 2) ขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (Limit of quantitation, LOQ) คือ 0.25 % AN
- 3) ประเมินความถูกต้อง (Accuracy) ของการวัดจากค่า %Recovery ที่ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนระดับต่ำ กลาง และสูง

ใน CRM/SRM ได้ค่า % Recovery เท่ากับ 100%, 100.05% และ 100.09 % ตามลำดับ

ใน Sample Blank + CRM/SRM ได้ค่า Recovery เท่ากับ 100%, 99.97% และ 100.09 % ตามลำดับ

- 4) ความเที่ยงของการวัด (Precision) ที่ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนระดับต่ำ กลาง และสูง

4.1) Repeatability precision โดยใช้ Horwitz's equation

ใน CRM/SRM ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.32, 0.61 และ 0.29 ตามลำดับ

ใน Sample Blank + CRM/SRM ได้ค่า Horrat เท่ากับ 0.52, 0.49 และ 0.33 ตามลำดับ

4.2) Intermediate precision โดยใช้ Horwitz's equation

ใน CRM/SRM ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.19, 0.25 และ 0.19 ตามลำดับ

ใน Sample Blank + CRM/SRM ได้ค่า Horrat เท่ากับ 0.37, 0.31 และ 0.21 % ตามลำดับ

ค่าที่ได้ทั้งหมดนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล แสดงให้เห็นว่า วิธีวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการ

ผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 มีผลวิเคราะห์ที่ความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือ ผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล และมีสมรรถนะดีพอเหมาะสมควรใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2551. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 66 หน้า.

ศศิธร สีสรร. 2548. เอกสารประกอบการอบรม-สัมมนาวิชาการด้านอุตสาหกรรมอาหาร เรื่อง การตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีทดสอบทางเคมี สถาบันอาหาร. กรุงเทพฯ 40 หน้า.

ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 124 หน้า.

AOAC, 2012. Appendix F : Guidelines for Standard Method Performance Requirements. 19thEd. Official Method. AOAC International Gaithersburg, MD. 17 p.

Official Methods of Analysis of Fertilizers. 1978. The National Institute of Agriculture Sciences. Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Japan 130 p.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ แอมโมเนียมไนโตรเจน ของ Sample blank เพื่อหาค่า LOD และ LOQ

ซ้ำที่	น้ำหนักตัวอย่าง ปริมาตร HCl		%AN
	(g)	(ml)	
1	0.5036	0.05	0.03
2	0.5029	0.05	0.03
3	0.5024	0.00	0.00
4	0.502	0.00	0.00
5	0.5004	0.05	0.03
6	0.5025	0.10	0.06
7	0.5000	0.05	0.03
8	0.5016	0.10	0.06
9	0.5015	0.05	0.03
10	0.5013	0.10	0.06
Average			0.033
SD			0.022
LOD=ค่าเฉลี่ย+3SD			0.10
LOD=ค่าเฉลี่ย+10SD			0.25

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ แอมโมเนียมไนโตรเจนที่ระดับระดับต่ำ กลาง และสูงโดยใช้ Ammonium sulfate และ CRM- BCR 178 มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรอง 1.00, 13.04 และ 21.20 % ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง (Accuracy) และ ความเที่ยงแบบ Repeatability precision

ซ้ำที่	ความเข้มข้นระดับต่ำ			ความเข้มข้นระดับกลาง			ความเข้มข้นระดับสูง		
	น้ำหนัก	ปริมาตร HCl	Ammonium	น้ำหนัก	ปริมาตร HCl	Ammonium	น้ำหนัก	ปริมาตร HCl	Ammonium
	CRM/SRM	(ml)	Nitrogen	CRM/SRM	(ml)	Nitrogen	CRM/SRM	(ml)	Nitrogen
	(g)		(%)	(g)		(%)	(g)		(%)
1	10.1728	35.80	1.00	0.2055	9.55	13.15	0.2018	15.05	21.12
2	10.2339	35.85	0.99	0.2037	9.25	12.84	0.2028	15.15	21.16
3	10.2933	35.75	0.98	0.2045	9.40	13.00	0.2009	15.00	21.15
4	10.2275	35.65	0.99	0.2018	9.20	12.89	0.2018	15.15	21.26
5	10.2085	36.00	1.00	0.2058	9.65	13.26	0.2006	15.10	21.32
6	10.2462	36.30	1.00	0.2000	9.30	13.15	0.2014	15.25	21.45
7	10.2508	36.60	1.01	0.2012	9.35	13.14	0.2005	14.95	21.12
8	10.2325	36.20	1.00	0.2008	9.35	13.17	0.2000	14.95	21.17
9	10.1954	35.90	1.00	0.2016	9.20	12.91	0.2013	15.10	21.24
10	10.2735	35.85	0.99	0.2023	9.30	13.00	0.2009	15.05	21.22
ค่าเฉลี่ย			1.00			13.05			21.22
SD			0.01			0.14			0.10
% RSD			0.84			1.09			0.49

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างอ้างอิงรับรองในสารตัวเติม (matrix effect) ที่ระดับระดับต่ำ กลาง และสูง โดยใช้ Sample Blank+ Ammonium sulfate และ CRM- BCR 178 มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรอง 1.00, 13.04 และ 21.20 % ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์หาค่าความถูกต้อง (Accuracy) และ ความเที่ยงแบบ Repeatability precision

ซ้ำที่	ความเข้มข้นระดับต่ำ				ความเข้มข้นระดับกลาง				ความเข้มข้นระดับสูง			
	น้ำหนัก	น้ำหนัก	ปริมาตร	Ammonium	น้ำหนัก	น้ำหนัก	ปริมาตร	Ammonium	น้ำหนัก	น้ำหนัก	ปริมาตร	Ammonium
	CRM/SRM	ตัวอย่าง	HCl	Nitrogen	CRM/SRM	ตัวอย่าง	HCl	Nitrogen	CRM/SRM	ตัวอย่าง	HCl	Nitrogen
	(g)	(g)	(ml)	(%)	(g)	(g)	(ml)	(%)	(g)	(g)	(ml)	(%)
1	10.2334	0.5045	37.80	0.99	0.2023	0.5003	9.25	12.95	0.5018	0.2011	15.25	21.45
2	10.2702	0.5028	38.50	1.01	0.2027	0.5009	9.25	12.92	0.5022	0.2022	15.15	21.19
3	10.2013	0.5028	37.80	0.99	0.2013	5.0170	9.40	13.22	0.5034	0.2023	15.30	21.39
4	10.2544	0.5003	38.80	1.02	0.2014	0.5003	9.30	13.07	0.5036	0.2016	15.05	21.11
5	10.2095	0.5044	37.50	0.98	0.2019	0.5007	9.20	12.90	0.5005	0.2027	15.15	21.14
6	10.2453	0.5048	37.65	0.99	0.2043	0.5000	9.40	13.03	0.5009	0.2017	15.15	21.24
7	10.2264	0.5013	38.70	1.02	0.2056	0.5006	9.60	13.22	0.5010	0.2012	15.05	21.16
8	10.2322	0.5044	38.00	1.00	0.2009	0.5019	9.20	12.97	0.5009	0.2030	15.15	21.11
9	10.2755	0.5005	38.20	1.00	0.2007	0.5015	9.30	13.12	0.5016	0.2024	15.20	21.24
10	10.1821	0.5034	37.55	0.99	0.2053	0.5018	9.45	13.03	0.5020	0.2019	15.10	21.15
ค่าเฉลี่ย				1.00				13.04				21.22
SD				0.01				0.12				0.12
% RSD				1.37				0.88				0.55

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ แอมโมเนียมไนโตรเจนที่ระดับระดับต่ำ กลาง และสูง โดยใช้ Ammonium sulfate และ CRM- BCR 178 มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรอง 1.00, 13.04 และ 21.20 % ตามลำดับเพื่อวิเคราะห์หาความความเที่ยงแบบ Intermediate precision

วันที่	ความเข้มข้นระดับต่ำ			ความเข้มข้นระดับกลาง			ความเข้มข้นระดับสูง		
	น้ำหนัก	ปริมาตร HCl	Ammonium	น้ำหนัก	ปริมาตร HCl	Ammonium	น้ำหนัก	ปริมาตร HCl	Ammonium
	CRM/SRM	(ml)	Nitrogen	CRM/SRM	(ml)	Nitrogen	CRM/SRM	(ml)	Nitrogen
	(g)		(%)	(g)		(%)	(g)		(%)
15 มี.ค.57	10.2513	35.80	0.99	0.2045	9.45	13.10	0.2001	14.95	21.17
16 มี.ค.57	10.2273	35.50	0.98	0.2032	9.25	12.88	0.2037	15.20	21.11
17 มี.ค.57	10.1411	35.10	0.98	0.2016	9.20	12.95	0.2034	15.25	21.28
18 มี.ค.57	10.2723	35.95	0.99	0.2039	9.35	13.01	0.2005	15.05	21.30
19 มี.ค.57	10.0727	34.90	0.98	0.2016	9.20	12.97	0.2018	15.10	21.26
20 มี.ค.57	10.1940	35.55	0.99	0.2032	9.30	12.99	0.2012	15.00	21.17
25 มี.ค.57	10.1142	35.30	0.99	0.2043	9.30	12.89	0.2045	15.40	21.33
27 มี.ค.57	10.3085	35.95	0.99	0.2017	9.30	13.10	0.2035	15.20	21.21
6 เม.ย.57	10.0853	35.60	1.00	0.2028	9.40	13.13	0.2025	10.30	21.41
7 เม.ย.57	10.2450	35.95	1.00	0.2052	9.35	12.96	0.2012	15.15	21.41
ค่าเฉลี่ย			0.99			13.00			21.27
SD			0.01			0.09			0.10
% RSD			0.75			0.67			0.48

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างอ้างอิงรับรองในสารตัวเติม (matrix effect) ที่ระดับระดับต่ำ กลาง และสูง โดยใช้ Sample Blank+ Ammonium sulfate และ CRM- BCR 178 มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนรับรอง 1.00, 13.04 และ 21.20 % ตามลำดับ เพื่อวิเคราะห์หาความเที่ยงแบบ Intermediate precision

วันที่	ความเข้มข้นระดับต่ำ				ความเข้มข้นระดับกลาง				ความเข้มข้นระดับสูง			
	น้ำหนัก	น้ำหนัก	ปริมาตร	Ammonium	น้ำหนัก	น้ำหนัก	ปริมาตร	Ammonium	น้ำหนัก	น้ำหนัก	ปริมาตร	Ammonium
	CRM/SRM	ตัวอย่าง	HCl	Nitrogen	CRM/SRM	ตัวอย่าง	HCl	Nitrogen	CRM/SRM	ตัวอย่าง	HCl	Nitrogen
	(g)	(g)	(ml)	(%)	(g)	(g)	(ml)	(%)	(g)	(g)	(ml)	(%)
15 มี.ค.57	10.0942	0.5046	38.20	1.02	0.2035	0.5027	9.35	12.96	0.2001	0.5001	15.00	21.19
16 มี.ค.57	10.2720	0.5019	38.00	1.02	0.2057	0.5012	9.40	12.90	0.2035	0.5008	15.35	21.32
17 มี.ค.57	10.2328	0.5035	35.40	0.98	0.2029	0.5034	9.30	13.01	0.2009	0.5014	15.20	21.47
18 มี.ค.57	10.2525	0.5020	37.75	0.99	0.2052	0.5027	9.45	13.01	0.2025	0.5030	15.35	21.45
19 มี.ค.57	10.2075	0.5000	36.40	0.98	0.2029	0.5022	9.45	13.21	0.2011	0.5002	15.25	21.52
20 มี.ค.57	10.2210	0.5015	36.40	1.01	0.2008	0.5000	9.15	12.94	0.2029	0.5010	15.15	21.20
25 มี.ค.57	10.2587	0.5020	35.85	0.99	0.2048	0.5024	9.50	13.14	0.2048	0.5002	15.50	21.43
27 มี.ค.57	10.1786	0.5029	36.90	1.00	0.2009	0.5015	9.35	13.19	0.2025	0.5045	15.25	21.36
6 เม.ย.57	10.1738	0.5013	36.85	1.00	0.2003	0.5014	9.30	13.13	0.2011	0.5018	15.15	21.32
7 เม.ย.57	10.2100	0.5040	37.55	0.99	0.2030	0.5005	9.30	12.97	0.2017	0.5003	15.25	21.44
ค่าเฉลี่ย				1.00				13.05				21.37
SD				0.01				0.11				0.12
% RSD				1.48				0.88				0.55

วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้ในพื้นที่ สวพ.8 หลังการรับรองระบบ GAP

Study of Types and Amount of Pesticide Residues in Vegetables and Fruits from Lower Southern Part of Thailand after Certified Good Agricultural Practice (GAP)

สาวตรี เขมวงศ์¹ อนนท์ สุขสวัสดิ์¹

บทคัดย่อ

จากการตรวจติดตามสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรจากแปลงที่ผ่านการรับรองระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP) ในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ ตรัง สตูล พัทลุง สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558 มีการสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตเพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรทั้งหมด 1,148 ตัวอย่าง จากพืช 33 ชนิด เป็นตัวอย่างจากแปลงผลิต 673 ตัวอย่าง จุบรวมรวม 200 ตัวอย่าง และจุดจำหน่าย 275 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์สารพิษตกค้าง 3 กลุ่มสาร คือ กลุ่ม organophosphates จำนวน 26 ชนิดสาร สารกลุ่ม organochlorines จำนวน 4 ชนิดสาร สารกลุ่ม pyrethroids จำนวน 7 ชนิดสาร ใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Steinwandter H. พบการตกค้างของสารพิษในตัวอย่างจากแปลงผลิต จุบรวมรวม และจุดจำหน่าย จำนวน 64, 44 และ 49 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 9.51, 22 และ 17.82 ของจำนวนตัวอย่างพืชทั้งหมดในแต่ละแหล่งตามลำดับ จากข้อมูลการวิเคราะห์พบการตกค้างของสารพิษ 18 ชนิดสาร ได้แก่ chlorpyrifos, diazinon, dicofol, cyfluthrin, cyhalothrin, cypemethrin, deltamethrin และ fenvalerate โดยชนิดสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ chlorpyrifos คิดเป็นร้อยละ 6.36 cypemethrin ร้อยละ 5.66 และ ethion ร้อยละ 1.31 ส่วนใหญ่พบในตัวอย่างพริก และไม่พบสารที่เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 เมื่อนำข้อมูลชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน หรือ ค่า MRLs โดยใช้เกณฑ์พิจารณาเรียงลำดับ ดังนี้ Thai MRLs, Codex MRLs และประเทศคู่ค้า ได้แก่ EU MRLs และ Japan MRLs ตามลำดับ พบตัวอย่างที่มีการตกค้างของสารพิษเกินค่า MRLs จากแปลงผลิต จุบรวมรวม และจุดจำหน่าย จำนวน 2, 22 และ 20 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 0.3, 11 และ 7.27 ของตัวอย่างวิเคราะห์ทั้งหมดตามลำดับ โดยแปลงผลิตมีชนิดพืชที่พบการตกค้างเกินค่า MRLs 1 ชนิดพืช ได้แก่ ฝรั่ง จุบรวมรวมพบ 5 ชนิดพืช ได้แก่ กวางตุ้ง แดงกวา ผักกาดขาว พริก และฝรั่ง จุดจำหน่ายพบ 5 ชนิดพืช ได้แก่ กวางตุ้ง คะน้า แดงกวา มะเขือ และพริก ข้อมูลจากการวิเคราะห์พบว่า ผลผลิตที่ได้จากแปลงผลิตหลังการรับรองระบบ GAP ส่วนมากมีปริมาณการตกค้างของสารพิษต่ำกว่าค่า MRLs คือ ผลผลิตปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้ยังมีร้อยละการตกค้างของสารพิษทางการเกษตรน้อยกว่าตัวอย่างพืชจากจุบรวมรวมและจุดจำหน่ายเป็นไปได้ว่าผลผลิตพืชเมื่อเก็บเกี่ยวจากแปลงผลิตมายังจุบรวมรวมและจุดจำหน่าย อาจมีการปะปนกับผลผลิตจากแปลงที่ไม่ได้ผลิตตามระบบ GAP การศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรในผลผลิตพืชในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง สะท้อนให้เห็นถึงมาตรฐานการใช้วัตถุมีพิษทางการเกษตรของเกษตรกรหลังได้รับการรับรองแปลงตามระบบ GAP ว่ายังคงถูกต้องและปลอดภัยตามคำแนะนำในการผลิตพืช

คำสำคัญ: สารพิษตกค้างทางการเกษตร, ระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสม, pesticide residues, Good Agricultural Practices, GAP

¹ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสงขลา

คำนำ

ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตอาหารจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพ โดยเน้นความปลอดภัยของอาหารต่อสุขภาพของผู้บริโภค มาตรการความปลอดภัยด้านอาหารจึงมีความเข้มงวดมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มประเทศที่เป็นสมาชิกองค์การการค้าโลกที่ได้กำหนดกฎระเบียบและมาตรการต่างๆ ภายใต้เขตการค้าเสรี ให้เป็นการผลิตสินค้าเกษตรที่ปลอดภัยตามมาตรฐานสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงกฎระเบียบและมาตรการตลอดเวลา เพื่อรองรับสถานการณ์ต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป ประเทศไทยจึงต้องติดตามและเตรียมความพร้อมในการปฏิบัติตามกฎเกณฑ์และต้องปรับตัวด้านการผลิตสินค้าเกษตรให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล และไม่ให้เกิดการใช้เรื่องความปลอดภัยด้านอาหารมาเป็นเหตุในการกีดกันทางการค้าระหว่างประเทศได้ ดังนั้นเพื่อให้บรรลุหลักหลักการด้านความปลอดภัยอาหารตั้งแต่แหล่งผลิตจนถึงมือผู้บริโภค รวมถึงต้องสามารถทวนสอบย้อนกลับทราบแหล่งที่มาของอาหารได้ กรมวิชาการเกษตรซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบด้านพืช จึงได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตพืชตั้งแต่ในแปลงผลิต โดยเน้นการปฏิบัติการทางเกษตรที่ดีสำหรับพืช (Good Agriculture Practices: GAP) โดยเฉพาะการลดการใช้สารเคมี เพื่อไม่ให้สารเคมีก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม

การปฏิบัติการทางเกษตรที่ดีสำหรับพืช (Good Agriculture Practices: GAP) เป็นระบบที่ช่วยสร้างมาตรฐานและควบคุมการจัดการกระบวนการผลิตพืชอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ผลิตผลที่ปลอดภัยจากสารพิษปลอดภัยจากศัตรูพืช และมีคุณภาพเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค รวมทั้งสามารถนำทรัพยากรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยการปฏิบัติตามระบบ GAP มีข้อกำหนดที่ต้องตรวจสอบ ได้แก่ น้ำ พื้นที่ปลูก การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร การจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การพักผลผลิตการขนย้ายในแปลงปลูกและการเก็บรักษา สุขลักษณะส่วนบุคคล การบันทึกข้อมูลและการตรวจสอบ (มาตรฐานสินค้าเกษตร, 2556)

การตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรจากกระบวนการผลิตพืช ในพืชผักและผลไม้ที่ขอการรับรองแปลงผลิต จากโครงการ GAP เป็นอีกขั้นตอนที่สำคัญ ทำให้ได้ข้อมูลการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรว่าเป็นไปอย่างเหมาะสมหรือไม่ ทั้งนี้เกษตรกรต้องไม่ใช้สารเคมีที่ประกาศยกเลิกการใช้ และต้องใช้สารเคมีอย่างถูกต้อง เหมาะสม ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตพืชจะต้องมีปริมาณการตกค้างไม่เกินค่ามาตรฐานความปลอดภัย ซึ่งเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ GAP และได้ปฏิบัติตามระบบ หลังจากผ่านการประเมินจะได้ใบรับรองแปลงผลิตพืช (ใบรับรอง Q) และหลังจากเกษตรกรได้รับการรับรองแปลงผลิตแล้ว ยังคงมีการติดตามกระบวนการผลิตเป็นระยะ เพื่อให้แน่ใจว่าเกษตรกรยังคงมีการปฏิบัติการทางเกษตรที่ดีสำหรับพืชอย่างสม่ำเสมอ การสุ่มเก็บตัวอย่างจากแปลงผลิตที่หลังผ่านการรับรอง GAP เพื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตร จึงเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่ใช้ติดตามและประเมินว่าเกษตรกรว่ายังมีการใช้สารเคมีอย่างเหมาะสมในกระบวนการผลิตหรือไม่ งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการตรวจสอบสารพิษตกค้างทางการเกษตรในผลผลิตของเกษตรกร จากแปลงหลังผ่านการรับรองแปลง GAP รวมทั้งผลผลิตจากจตุรบรรรม และจุดจำหน่ายในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง 7 จังหวัด ได้แก่ ตรัง สตูล พัทลุง สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาประเมินว่า

เกษตรกรยังคงมีการรักษามาตรฐานการผลิตพืชให้ปลอดภัยจากสารเคมีตกค้างหรือไม่ หลังจากผ่านการรับรองแปลง GAP จากกรมวิชาการเกษตร

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องมือสำหรับใช้วิเคราะห์ ได้แก่ เครื่อง Gas Chromatography (GC) ยี่ห้อ Agilent technologies model 6890N ประกอบด้วย หัวตรวจวัดชนิด Flame Photometric Detector (FPD) และหัวตรวจวัดชนิด Electron Capture Detector (ECD), เครื่องชั่งความละเอียดในการอ่านค่า ± 0.01 กรัม (Mettler Toledo PB1502-S) และ ± 0.0001 กรัม (Mettler Toledo 285), เครื่องปั่นเหวี่ยง (IKA T25 basic), Rotary Evaporator (Buchi R-200), เครื่องเป่าระเหยด้วยไนโตรเจน (N-EVAPTM 112), เครื่องย่อยตัวอย่าง (Robot coupe R201 Ultra E) และเครื่องแก้ววัดปริมาตรที่ผ่านการสอบเทียบ

การศึกษาเริ่มจากการสุ่มเก็บตัวอย่างผักและผลไม้จากแปลงของเกษตรกรที่ผ่านการรับรองระบบ GAP จุฬารวม และจุดจำหน่าย ระยะเวลาตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนตุลาคม 2558 ในพื้นที่ 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ สงขลา สตูล ตรัง พัทลุง ยะลา นราธิวาส และปัตตานี โดยสุ่มเก็บตัวอย่างตามคู่มือการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารพิษตกค้าง (กองวัตถุมีพิษการเกษตร, 2545) การสกัดสารพิษตกค้างจากตัวอย่างใช้วิธีที่ดัดแปลงมาจาก Steinwondter (1985) วิเคราะห์สารทั้งสิ้น 37 ชนิดสาร จากกลุ่ม organophosphate จำนวน 26 ชนิดสาร ได้แก่ azinphos-methyl, acephate, azinphos-ethyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, diazinon, dichlorvos, dicrotophos, dimethoate, EPN, ethion, fenitrothion, malathion, methamidophos, methidathion, mevinphos, monocrotophos, omethoate, parathion-ethyl, parathion-methyl, phosalone, pirimiphos-ethyl, pirimiphos-methyl, profenofos, prothiophos และ triazophos สารกลุ่ม Organochlorines จำนวน 4 ชนิดสาร ได้แก่ endosulfan sulfate, α -endosulfan, β -endosulfan และ dicofol สารกลุ่ม Pyrethroids จำนวน 7 ชนิดสาร ได้แก่ deltamethrin bifenthrin, cyfluthrin, cyhalothrin, permethrin, cypermethrin และ fenvalerate โดยสารกลุ่ม organophosphate ใช้ตัวตรวจวัดสำหรับวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ชนิด Flame Photometric Detector (FPD) สารกลุ่ม Organochlorines และ Pyrethroids ใช้ตัวตรวจวัดชนิด Electron Capture Detector (ECD) การรายงานผลวิเคราะห์ใช้หน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) และเปรียบเทียบปริมาณสารตกค้างที่ปลอดภัยโดยใช้เกณฑ์กำหนดค่าระดับปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดในอาหารที่ยอมรับให้มีได้ในแต่ละพืช (Maximum Residue Limits; MRLs) ได้แก่ Thai MRLs (มกษ. 9002-2556), Codex MRLs และประเทศคู่ค้า ได้แก่ EU MRLs และ Japan MRLs ตามลำดับ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์

ได้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจติดตามการตกค้างของสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร โดยได้สุ่มตัวอย่างจาก 3 แหล่ง ได้แก่ แปลงผลิตที่ผ่านการรับรองระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) จุฬารวม ผลผลิต และจุดจำหน่ายผลผลิต ในเขตพื้นที่ 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ ตรัง สตูล พัทลุง สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวนทั้งสิ้น 1,148 ตัวอย่าง โดย

เป็นตัวอย่างจากแปลงผลิต 673 ตัวอย่าง จุลรวมรวมผลผลิต 200 ตัวอย่าง และจุดจำหน่ายผลผลิต 275 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 33 ชนิดพืช จำนวนตัวอย่างที่สุ่มวิเคราะห์แต่ละชนิดพืชมีดังนี้ กวางตุ้ง (47 ตัวอย่าง), ข้า (20 ตัวอย่าง), ข้าวโพดฝักอ่อน (19 ตัวอย่าง), ข้าวโพด (45 ตัวอย่าง), กระบี่ (24 ตัวอย่าง), ตะไคร้ (29 ตัวอย่าง), แตงกวา (25 ตัวอย่าง), ใต้วเหมี่ยว (35 ตัวอย่าง), ถั่วฝักยาว (38 ตัวอย่าง), บวบ (31 ตัวอย่าง), ผักกาดขาว (17 ตัวอย่าง), ผักโขม (16 ตัวอย่าง), ผักบุ้ง (23 ตัวอย่าง), ผักหวาน (33 ตัวอย่าง), ผักเหลียง (39 ตัวอย่าง), ใต้วหวาน (11 ตัวอย่าง), มะเขือ (27 ตัวอย่าง), พริก (121 ตัวอย่าง), มะนาว (48 ตัวอย่าง), วอเตอร์เครส (35 ตัวอย่าง), เห็ด (20 ตัวอย่าง), แก้วมังกร (15 ตัวอย่าง), เงาะ (30 ตัวอย่าง), แตงโม (45 ตัวอย่าง), ทูเรียน (43 ตัวอย่าง), ฝรั่ง (33 ตัวอย่าง), มะละกอ (40 ตัวอย่าง), มังคุด (60 ตัวอย่าง), ลองกอง (65 ตัวอย่าง), ลำไย (31 ตัวอย่าง), ส้มโอ (32 ตัวอย่าง), สลัด (26 ตัวอย่าง) และสับปะรด (25 ตัวอย่าง) (ตารางที่ 1)

2. ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืช

จากผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างพืช 1,148 ตัวอย่าง พบการตกค้างของสารพิษในตัวอย่างทั้งสิ้น 157 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 13.68 ของจำนวนตัวอย่างพืชทั้งหมด โดยแต่ละแหล่งของตัวอย่าง ได้แก่ แปลงผลิต จุลรวมรวมผลผลิต และจุดจำหน่ายผลผลิต พบการตกค้าง 64, 44 และ 49 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 9.51, 22 และ 17.82 ของจำนวนตัวอย่างพืชทั้งหมดในแต่ละแหล่ง ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 1) และเมื่อพิจารณาในแต่ละแหล่งของตัวอย่าง พบชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากแปลงผลิต

จากตัวอย่างวิเคราะห์ 673 ตัวอย่าง 33 ชนิดพืช ตรวจพบการตกค้าง 64 ตัวอย่าง จาก 17 ชนิดพืช โดยแต่ละชนิดพืชตรวจพบจำนวนการตกค้าง ดังนี้ กวางตุ้ง (2 ตัวอย่าง), ข้าวโพด (2 ตัวอย่าง), กระบี่ (1 ตัวอย่าง), แตงกวา (1 ตัวอย่าง), ถั่วฝักยาว (1 ตัวอย่าง), บวบ (3 ตัวอย่าง), ผักกาดขาว (1 ตัวอย่าง), ผักบุ้ง (1 ตัวอย่าง), ผักหวาน (2 ตัวอย่าง), มะเขือ (2 ตัวอย่าง), พริก (32 ตัวอย่าง), มะนาว (30 ตัวอย่าง), เห็ด (1 ตัวอย่าง), ทูเรียน (1 ตัวอย่าง), ฝรั่ง (8 ตัวอย่าง), ลำไย (2 ตัวอย่าง) และ ส้มโอ (4 ตัวอย่าง) โดยชนิดพืชที่ตรวจพบสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ ฝรั่ง และพริก โดยฝรั่ง ตรวจพบทั้งหมด 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 53 ของจำนวนตัวอย่างฝรั่งทั้งหมด และพริก ตรวจพบทั้งหมด 32 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด (ตารางที่ 2)

ชนิดสารพิษตกค้างที่ตรวจพบทั้งหมดมี 11 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-0.42 mg/kg), ethion (0.01-0.36 mg/kg), profenofos (0.09-0.51 mg/kg), malathion (0.1 mg/kg), prothiophos (0.07 mg/kg), pirimiphos-ethyl (0.1-0.21 mg/kg), dicofol (0.19-0.34 mg/kg), cyfluthrin (0.05 mg/kg), cypermethrin (0.01-0.59 mg/kg), deltamethrin (0.03-0.04 mg/kg) และ fenvalerate (0.03 mg/kg) ชนิดสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ chlorpyrifos และ cypermethrin โดยพบจำนวน 27 และ 19 ตัวอย่าง ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และส่วนใหญ่พบตกค้างในพริก โดย chlorpyrifos พบตกค้างในพริกจำนวน 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 15 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด และ cypermethrin พบตกค้างในพริก จำนวน 9 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 11.25 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด และชนิดพืชที่ตรวจพบจำนวนชนิดสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ พริก และฝรั่ง โดยพริก ตรวจพบทั้งหมด 5 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-0.42 mg/kg), profenofos (0.09-0.51 mg/kg), ethion (0.01-0.36 mg/kg), dicofol (0.19-0.34 mg/kg) และ cypermethrin (0.01-0.59 mg/kg)

ส่วนฝรั่ง ตรวจพบทั้งหมด 4 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.02-0.03 mg/kg), profenofos (0.05 mg/kg), prothiophos (0.07 mg/kg) และ cypermethrin (0.02-0.2 mg/kg) (ตารางที่ 2)

ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากจุดรวบรวมผลผลิต

จากตัวอย่างวิเคราะห์ 200 ตัวอย่าง 33 ชนิดพืช ตรวจพบการตกค้าง 44 ตัวอย่าง จาก 10 ชนิดพืช โดยแต่ละชนิดพืชตรวจพบจำนวนการตกค้าง ดังนี้ กวางตุ้ง (4 ตัวอย่าง), กระเทียม (2 ตัวอย่าง), แตงกวา (2 ตัวอย่าง), บวบ (2 ตัวอย่าง), ผักกาดขาว (3 ตัวอย่าง), พริก (19 ตัวอย่าง), มะนาว (3 ตัวอย่าง), ทุเรียน (1 ตัวอย่าง), ฝรั่ง (6 ตัวอย่าง) และ ส้มโอ (2 ตัวอย่าง) ชนิดพืชที่ตรวจพบสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ มะนาว และพริก โดยมะนาว ตรวจพบในทุกตัวอย่างที่สุ่มเก็บวิเคราะห์ และพริก ตรวจพบทั้งหมด 19 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 95 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด (ตารางที่ 3)

ชนิดสารพิษตกค้างที่ตรวจพบทั้งหมดมี 11 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-1.01 mg/kg), dicotophos (9.96-10.45 mg/kg), ethion (0.02-0.36 mg/kg), EPN (0.82-0.92 mg/kg), malathion (0.32 mg/kg), pirimiphos-ethyl (0.02 mg/kg), profenofos (0.07-0.51 mg/kg), triazophos (0.07-0.13 mg/kg), dicofol (0.19-0.34 mg/kg), cyhalothrin (0.05-0.19 mg/kg) และ cypermethrin (0.01-2.35 mg/kg) ชนิดสารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ chlorpyrifos และ cypermethrin โดยพบจำนวน 32 และ 24 ตัวอย่าง ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และส่วนใหญ่พบตกค้างในพริก โดย chlorpyrifos พบตกค้างในพริกจำนวน 13 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 65 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด และ cypermethrin พบตกค้างในพริก จำนวน 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด และชนิดพืชที่ตรวจพบจำนวนชนิดสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ พริก และกวางตุ้ง โดยพริก ตรวจพบทั้งหมด 7 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-0.42 mg/kg), profenofos (0.09-0.51 mg/kg), ethion (0.02-0.36 mg/kg), triazophos (0.07-0.13 mg/kg), dicofol (0.19-0.34 mg/kg), cyhalothrin (0.05-0.19 mg/kg) และ cypermethrin (0.01-0.39 mg/kg) ส่วนกวางตุ้ง ตรวจพบทั้งหมด 4 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.6-2.01 mg/kg), dicotophos (9.96-10.45 mg/kg), EPN (0.82-0.92 mg/kg) และ cypermethrin (1.25-2.35 mg/kg) (ตารางที่ 3)

ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากจุดจำหน่ายผลผลิต

จากตัวอย่างวิเคราะห์ 275 ตัวอย่าง 33 ชนิดพืช ตรวจพบการตกค้าง 49 ตัวอย่าง จาก 13 ชนิดพืช โดยแต่ละชนิดพืชตรวจพบจำนวนการตกค้าง ดังนี้ กวางตุ้ง (8 ตัวอย่าง), ข่า (1 ตัวอย่าง), กระเทียม (2 ตัวอย่าง), แตงกวา (2 ตัวอย่าง), บวบ (3 ตัวอย่าง), ผักกาดขาว (1 ตัวอย่าง), ผักหวาน (1 ตัวอย่าง), มะเขือ (5 ตัวอย่าง), พริก (14 ตัวอย่าง), มะนาว (15 ตัวอย่าง), ทุเรียน (1 ตัวอย่าง), ฝรั่ง (3 ตัวอย่าง) และ ส้มโอ (3 ตัวอย่าง) ชนิดพืชที่ตรวจพบสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ กวางตุ้ง และพริก โดยกวางตุ้ง ตรวจพบทั้งหมด 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนตัวอย่างกวางตุ้งทั้งหมด และพริก ตรวจพบทั้งหมด 14 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนตัวอย่างพริกทั้งหมด (ตารางที่ 4)

ชนิดสารพิษตกค้างที่ตรวจพบทั้งหมดมี 12 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-2.01 mg/kg), diazinon (0.03 mg/kg), EPN (0.33 mg/kg), ethion (0.12-0.21 mg/kg), malathion (0.02-0.05 mg/kg), omethoate (1.48-1.54 mg/kg), profenofos (0.07-0.63 mg/kg), dicofol (0.74-2.44 mg/kg), cyhalothrin (0.02-0.19 mg/kg), cypermethrin (0.01-4.31 mg/kg), deltamethrin (0.02-0.45 mg/kg) และ fenvalerate (0.02-0.03 mg/kg) ชนิด

สารพิษตกค้างที่พบมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ chlorpyrifos และ cypermethrin โดยพบ จำนวน 14 และ 22 ตัวอย่าง ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และชนิดพืชที่ตรวจพบจำนวนชนิดสารตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ พริก และมะนาว โดยพริก ตรวจพบทั้งหมด 8 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-0.48 mg/kg), profenofos (0.05-0.63 mg/kg), ethion (0.14-0.21 mg/kg), dicofol (0.72-2.44 mg/kg), cyhalothrin (0.05-0.19 mg/kg), cypermethrin (0.01-0.23 mg/kg) และ fenvalerate (0.02-0.03 mg/kg) ส่วนมะนาว ตรวจพบทั้งหมด 4 ชนิดสาร ช่วงปริมาณดังนี้ chlorpyrifos (0.01-0.08 mg/kg), malathion (0.02-0.05 mg/kg), profenofos (0.01 mg/kg) และ ethion (0.12 mg/kg) (ตารางที่ 3)

3. ปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชกับเกณฑ์มาตรฐาน

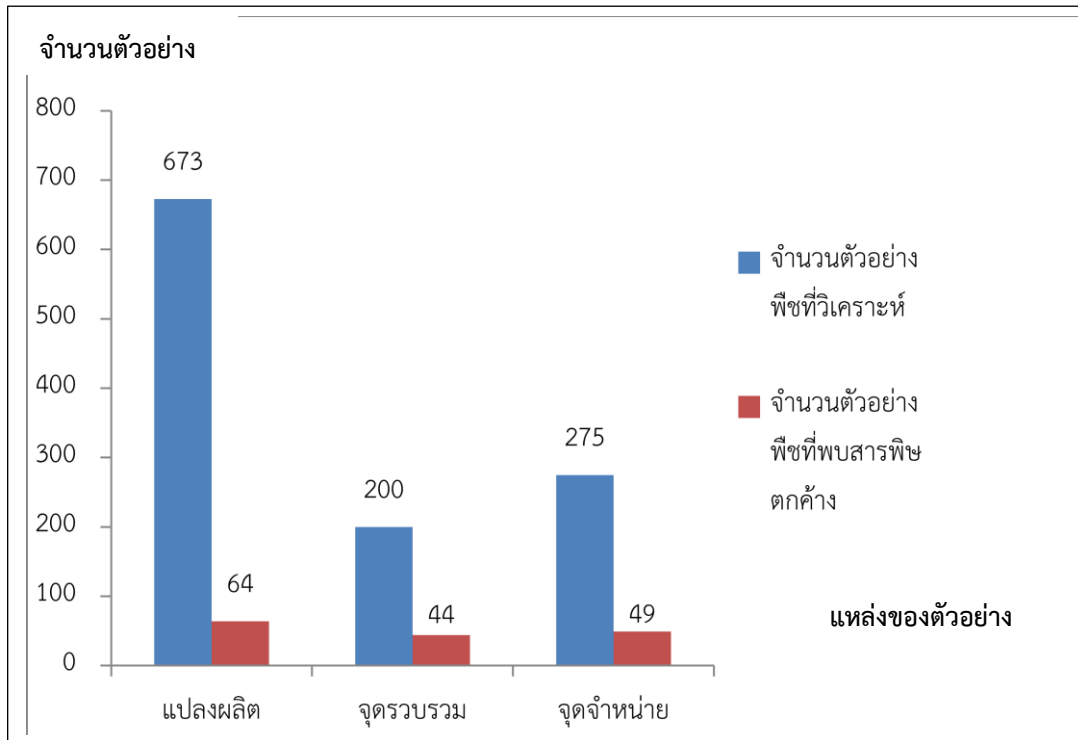
เมื่อนำชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรที่ตรวจวิเคราะห์ได้ (ตารางที่ 7) เปรียบเทียบกับ เกณฑ์มาตรฐาน พบการตกค้างของสารเกินค่า MRLs จำนวน 8 ชนิดสาร จาก 43 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 3.74 ของตัวอย่างวิเคราะห์ทั้งหมด เรียงลำดับจากจำนวนตัวอย่างที่มีการตกค้างเกินค่า MRLs จากมากไปน้อย ได้แก่ cypermethrin จำนวน 13 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 1.13 chlorpyrifos จำนวน 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 1.04 cyhalothrin จำนวน 9 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 0.78 EPN, omethoate, profenofos และ triazophos ชนิดสารละ จำนวน 2 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 0.17 ของแต่ละชนิดสาร และ dicofol จำนวน 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 0.09 ตามลำดับ (ตารางที่ 8) โดยไม่มีการตรวจพบการตกค้างของสารเคมีที่เป็น วอ.4 ในทุกตัวอย่าง

จากผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างจากตัวอย่างที่สุ่มเก็บทั้ง 3 แหล่ง จะพบว่าพืชที่มีความเสี่ยงสูงในการตรวจพบสารเคมีตกค้างทางการเกษตร ได้แก่ พริก ฝรั่ง กวางตุ้ง และมะนาว โดยเฉพาะพริก จะพบจำนวนตัวอย่างที่มีการตกค้างและจำนวนชนิดของสารเคมีที่ตกค้างมากกว่าพืชชนิดอื่น สะท้อนให้เห็นถึงเกษตรกรรม การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพริกหลายหลายชนิด ทั้งนี้เนื่องจากพริกเป็นพืชที่มีศัตรูพืชและโรค จำนวนมาก ต้องมีการดูแลรักษาโดยใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตั้งแต่เริ่มเพาะปลูกจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต นอกจากนี้จากข้อมูลยังแสดงให้เห็นว่าในเขตภาคใต้ตอนล่าง เกษตรกรมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชนานหลายชนิด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ตรวจพบมากถึง 18 ชนิดสาร แต่ที่ตรวจพบการตกค้างบ่อยครั้ง ได้แก่ chlorpyrifos และ cypermethrin (ตารางที่ 6) โดยเฉพาะในพริก อาจเป็นไปได้ว่า สารทั้งสองชนิดนี้เป็นที่ นิยมใช้กำจัดแมลงศัตรูพืช เนื่องจากมีขายอย่างแพร่หลายในเขตภาคใต้ตอนล่าง สอดคล้องกับรายงานการวิจัย ของวัชรพร และคณะ (2554) เรื่อง การศึกษาชนิดและปริมาณของสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้ในเขตภาค ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนหลังการรับรองระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) โดยได้ตรวจติดตามสารพิษ ตกค้างในพืชผักผลไม้ที่ผ่านการรับรองระบบ GAP ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ระหว่างเดือน ตุลาคม 2550 ถึงเดือนกันยายน 2554 จำนวน 200 ตัวอย่าง พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบการตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ cypermethrin และ chlorpyrifos เช่นเดียวกับรายงานการวิจัยของจินตนาและพนิดา (2553) เรื่อง การเฝ้าระวังปริมาณสารพิษตกค้างในพริก โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพริกจากทุกภาคของประเทศไทยในช่วง เดือนมกราคม ถึงเดือนสิงหาคม 2552 ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างพริก 107 ตัวอย่าง จากผลวิเคราะห์พบชนิด สารพิษตกค้างที่พบบ่อยครั้ง ได้แก่ cypermethrin และ chlorpyrifos ขณะที่สุธีณี และคณะ (2558) บริการตรวจ วิเคราะห์พริกให้กับผู้ตรวจประเมินแปลงเกษตรกรในเขตภาคเหนือตอนล่าง ในช่วงเดือนตุลาคม 2551 ถึงเดือน

กันยายน 2556 ทั้งสิ้น 2,029 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ chlorpyrifos, profenofos, cypermethrin, triazophos และ deltamethrin

การพบสารพิษตกค้างทางการเกษตรในตัวอย่างพืชจากแปลงผลิตหลังการรับรอง GAP นั้น เกิดจากการใช้สารเคมีที่ไม่ถูกต้อง โดยใช้มากกว่าคำแนะนำหรือตามที่ฉลากกำหนด แม้จะสุ่มเก็บตัวอย่างในระยะปลอดภัยต่อการตกค้างของสารที่ฉีดพ่น จึงทำให้ตรวจพบสารพิษตกค้างทางการเกษตรในปริมาณที่มากเกินค่า MRLs ซึ่งไม่ปลอดภัยต่อการนำมาบริโภค อย่างไรก็ตามจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบการตกค้างเกินค่า MRLs ในแต่ละชนิดสารยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ คือ น้อยกว่าร้อยละ 2 ของตัวอย่างวิเคราะห์ทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างที่เก็บจากจุดรวบรวมและจุดจำหน่าย มีการตกค้างของสารเคมีทั้งในส่วนของชนิดสารและปริมาณ ที่มากกว่าตัวอย่างที่เก็บจากแปลงผลิต GAP โดยในแปลงผลิต GAP พบการตกค้างที่เกินค่า MRLs เพียง 2 ชนิดสาร จาก 2 ตัวอย่าง ขณะที่จุดรวบรวม พบการตกค้างเกินค่า MRLs ของสารจำนวน 5 ชนิดสาร จาก 22 ตัวอย่าง และจุดจำหน่าย ตรวจพบจำนวน 6 ชนิดสาร จาก 19 ตัวอย่างตามลำดับ (ตารางที่ 7) เป็นไปได้ว่าจุดรวบรวมและจุดจำหน่ายผลผลิต อาจมีการละกันของผลผลิตจากแปลงผลิตที่ได้รับและไม่ได้รับการรับรองแปลง GAP จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ตรวจพบชนิดสารและปริมาณการตกค้างของสารเคมีจากกระบวนการผลิตสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าหากเกษตรกรยังคงรักษามาตรฐานการผลิตตามระบบ GAP ผลผลิตที่ได้นอกจากจะมีคุณภาพที่ดีแล้ว ยังปลอดภัยต่อการตกค้างของสารเคมีจากกระบวนการผลิตอีกด้วย และจากข้อมูลการวิเคราะห์ทั้งหมด สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรในเขตภาคใต้ตอนล่างส่วนใหญ่ หลังจากได้รับการรับรองแปลง GAP ยังคงรักษามาตรฐานการผลิตตามระบบ GAP และมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกวิธี ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่ยังคงปลอดภัยต่อการนำมาบริโภค

จากผลการดำเนินงานจะเห็นได้ว่า การสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตร เป็นเพียงมาตรการหนึ่งที่ทำให้เกิดความปลอดภัยด้านพืชเพิ่มขึ้น แต่การพัฒนากระบวนการผลิตและการตรวจสอบพืชให้มีความน่าเชื่อถือยังคงเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้นอกจากทำให้ไม่ถูกนำมาใช้เป็นข้ออ้างหรือการกีดกันทางการค้าแล้ว ยังสามารถเพิ่มความเชื่อมั่นในสินค้าเกษตร โดยเฉพาะผลผลิตที่มาจากแปลงที่ได้รับการรับรอง GAP ว่ามีความปลอดภัยทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค ซึ่งการควบคุมมาตรฐานการผลิตควรเริ่มตั้งแต่กระบวนการต่างๆ ในแปลงผลิต จนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค โดยเฉพาะขั้นตอนการปลูกพืชในแปลงผลิต เป็นขั้นตอนที่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวนมาก



ภาพที่ 1 จำนวนตัวอย่างพืชที่พบสารพิษตกค้างทางการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

ตารางที่ 1 ชนิดพืชและจำนวนตัวอย่างที่สุ่มวิเคราะห์สารพิษตกค้างทางการเกษตรจากแปลงผลิต จุดรวบรวม และจุดจำหน่าย ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

ชนิดพืช	จำนวนตัวอย่างวิเคราะห์ทั้งหมด	จำนวนตัวอย่างในแต่ละแหล่ง		
		แปลงผลิต	จุดรวบรวม	จุดจำหน่าย
1. กวางตุ้ง	47	25	10	12
2. ป่า	20	14	5	1
3. ข้าวโพดสีอ่อน	19	12	2	5
4. ข้าวโพด	45	30	5	10
5. คื่นช่าย	24	15	4	5
6. ตะไคร้	29	14	10	5
7. แตงกวา	25	10	10	5
8. ใต้วเหมียว	35	15	10	10
9. ถั่วฝักยาว	38	25	8	5
10. บวบ	31	16	5	10
11. ผักกาดขาว	17	10	5	2
12. ผักโขม	16	10	2	4
13. ผักบุ้ง	23	10	3	10
14. ผักหวาน	33	20	3	10

ชนิดพืช	จำนวนตัวอย่าง วิเคราะห์ทั้งหมด	จำนวนตัวอย่างในแต่ละแหล่ง		
		แปลงผลิต	จุดรวบรวม	จุดจำหน่าย
15. ผักเหลียง	39	30	3	6
16. ฝั่หวาน	11	6	2	3
17. มะเขือ	27	15	3	9
18. พริก	121	80	20	21
19. มะนาว	48	30	3	15
20. วอเตอร์เครส	35	15	10	10
21. เห็ด	20	10	5	5
22. แก้วมังกร	15	10	1	4
23. เงาะ	30	15	5	10
24. แตงโม	45	30	5	10
25. ทุเรียน	43	30	5	8
26. ฝรั่ง	33	15	8	10
27. มะละกอ	40	25	5	10
28. มังคุด	60	40	10	10
29. ลองกอง	65	40	10	15
30. ลำไย	31	16	5	10
31. ส้มโอ	32	15	7	10
32. สละ	26	15	6	5
33. สับปะรด	25	10	5	10
รวม	1,148	673	200	275

ตารางที่ 2 ชนิดพืชที่พบสารพิษตกค้างจากการสุมเก็บตัวอย่างจากแปลงผลิต GAP หลังการรับรองระบบในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

ชนิดพืช	จำนวนตัวอย่าง		ผลการวิเคราะห์		ค่า MRLs	จำนวนตัวอย่าง	
	วิเคราะห์ ทั้งหมด	พบสารพิษ ตกค้าง	ชนิดสาร /จำนวน ตัวอย่างที่พบ	ปริมาณ (mg/kg)		เกินค่า MRLs	ไม่มีค่า MRLs
1. กวางตุ้ง	25	2	chlorpyrifos /2	0.01-0.16	1 ^{/1}	0	-
2. ข้าวโพด	30	2	deltamethrin /2	0.03-0.04	0.05 ^{/1}	0	-
			fenvalerate /1	0.03	0.1 ^{/1}	0	-
3. คื่นน้ำ	15	1	chlorpyrifos /1	0.27	1 ^{/2}	0	-
4. แดงกวา	10	1	chlorpyrifos /1	0.04	0.05 ^{/3}	0	-
5. ถั่วฝักยาว	25	1	cypermethrin /1	0.04	0.7 ^{/1}	0	-
6. บวบ	16	3	chlorpyrifos /1	0.07	-	-	1
			cypermethrin /2	0.01-0.03	-	-	2
7. ผักกาดขาว	10	1	cyfluthrin /1	0.05	0.3 ^{/3}	0	-
8. ผักบุ้ง	10	1	cypermethrin /1	0.02	-	-	1
9. ผักหวาน	20	2	cypermethrin /2	0.05-0.06	-	-	2
10. มะเขือ	15	2	cypermethrin /2	0.01-0.02	0.03 ^{/3}	0	-
11. พริก	80	32	chlorpyrifos /12	0.01-0.42	0.5 ^{/1}	0	-
			profenofos /3	0.09-0.51	5 ^{/1}	0	-
			ethion /5	0.01-0.36	3 ^{/1}	0	-
			dicofol /2	0.19-0.34	1 ^{/2}	0	-
			cypermethrin /9	0.01-0.59	1 ^{/1}	0	-
12. มะนาว	30	1	malathion /1	0.1	2 ^{/3}	0	-
			chlorpyrifos /2	0.01-0.17	0.3 ^{/3}	0	-
13. หี๊ด	10	1	chlorpyrifos /1	0.01	0.01 ^{/4}	0	-
14. ทุเรียน	30	1	cypermethrin /1	0.01	1 ^{/3}	0	-
15. ฝรั่ง	15	8	chlorpyrifos /5	0.02-0.03	0.05 ^{/3}	0	-
			profenofos /1	0.05	0.01 ^{/3}	1	-
			prothiophos /1	0.07	-	-	1
			cypermethrin /2	0.02-0.2	0.05 ^{/3}	1	-
16. ลำไย	16	2	chlorpyrifos /2	0.03-0.04	0.5 ^{/1}	0	-
17. ส้มโอ	15	4	Pirimiphos-ethyl /2	0.1-0.21	-	-	2
			profenofos /3	0.1-0.17	2 ^{/1}	0	-
รวม		64	-	-	-	2	9

หมายเหตุ ^{/1 /2 /3 /4} เป็นค่า MRLs ของ THAI, CODEX, EU และ JAPAN ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ชนิดพืชที่พบสารพิษตกค้างจากการสุ่มเก็บตัวอย่างจากจุดรวบรวมผลผลิตในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

ชนิดพืช	จำนวนตัวอย่าง		ผลการวิเคราะห์		ค่า MRLs	จำนวนตัวอย่าง	
	วิเคราะห์ทั้งหมด	พบสารพิษตกค้าง	ชนิดสาร / จำนวนตัวอย่างที่พบ	ปริมาณ (mg/kg)		เกินค่า MRLs	ไม่มีค่า MRLs
1. กวางตุ้ง	10	4	chlorpyrifos /4	0.6-1.01	0.5 ^{/1}	4	-
			dicrotophos/2	9.96-10.45	-	-	2
			EPN /2	0.82-0.92	0.1 ^{/4}	2	-
			cypermethrin /4	1.25-2.35	1 ^{/1}	4	-
2. คะน้า	4	2	chlorpyrifos /2	0.05-0.33	1 ^{/2}	0	-
			cypermethrin /2	0.43-0.52	1 ^{/1}	0	-
3. แดงกวา	10	2	chlorpyrifos /2	0.01-0.06	0.05 ^{/3}	1	-
4. บวบ	5	2	cypermethrin /2	0.01-0.03	-	-	2
5. ผักกาดขาว	5	3	chlorpyrifos /3	0.59-1.29	0.5 ^{/1}	3	-
			cypermethrin /3	0.29-0.83	1 ^{/1}	0	-
6. พริก	20	19	chlorpyrifos /13	0.01-0.42	0.5 ^{/1}	0	-
			profenofos /4	0.09-0.51	5 ^{/1}	0	-
			ethion /6	0.02-0.36	3 ^{/1}	0	-
			triazophos /2	0.07-0.13	0.01 ^{/3}	2	-
			dicofol /3	0.19-0.34	1 ^{/2}	0	-
			cyhalothrin /5	0.05-0.19	0.1	5	-
			cypermethrin /12	0.01-0.39	1 ^{/3}	0	-
7. มะนาว	3	3	ethion /1	0.12	1 ^{/1}	0	-
			malathion /1	0.32	7 ^{/2}	0	-
			pirimiphos-ethyl /1	0.02	-	-	1
8. ทุเรียน	5	1	cypermethrin /1	0.06	1 ^{/3}	0	-
9. ฝรั่ง	8	6	chlorpyrifos /6	0.02-0.16	0.05 ^{/3}	1	-
10. ส้มโอ	7	2	chlorpyrifos /2	0.02-0.07	0.3 ^{/3}	0	-
			profenofos /1	0.07	2 ^{/1}	0	-
รวม		44	-	-	-	22	5

หมายเหตุ ^{/1 /2 /3 /4} เป็นค่า MRLs ของ THAI, CODEX, EU และ JAPAN ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ชนิดพืชที่พบสารพิษตกค้างจากการสุมเก็บตัวอย่างจากจุดจำหน่ายผลผลิตในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

ชนิดพืช	จำนวนตัวอย่าง		ผลการวิเคราะห์		ค่า MRLs	จำนวนตัวอย่าง	
	วิเคราะห์ทั้งหมด	พบสารพิษตกค้าง	ชนิดสาร / จำนวนตัวอย่างที่พบ	ปริมาณ (mg/kg)		เกินค่า MRLs	ไม่มีค่า MRLs
1. กวางตุ้ง	12	8	chlorpyrifos /4	0.04-2.01	0.5 ^{/1}	2	-
			profenofos /1	0.22	0.5 ^{/1}	0	-
			cyhalothrin /1	0.02	0.3 ^{/1}	0	-
			cypermethrin /6	0.25-4.31	1 ^{/1}	3	-
2. ข่า	1	1	chlorpyrifos /1	0.01	1 ^{/1}	0	-
3. คื่นช่าย	5	2	profenofos /1	0.52	0.5 ^{/1}	1	-
			deltamethrin /1	0.45	2 ^{/3}	0	-
			cypermethrin /3	0.37-4.28	0.5 ^{/1}	2	-
4. แดงกวา	5	2	chlorpyrifos /2	0.03-0.07	0.05 ^{/3}	1	-
5. บวบ	10	3	chlorpyrifos /1	0.05	-	-	1
			cypermethrin /2	0.07-0.09	-	-	2
6. ผักกาดขาว	2	1	diazinon /1	0.03	0.05 ^{/1}	0	-
7. ผักหวาน	10	1	cypermethrin /1	0.33	-	-	1
8. มะเขือ	9	5	EPN /1	0.33	-	0	1
			omethoate /2	1.48-1.54	0.02 ^{/3}	2	-
			cypermethrin /3	0.05-0.19	0.03 ^{/1}	3	-
9. พริก	21	14	chlorpyrifos /4	0.01-0.48	0.5 ^{/1}	0	-
			profenofos /4	0.05-0.63	5 ^{/1}	0	-
			ethion /2	0.14-0.21	3 ^{/3}	0	-
			dicofol /2	0.72-2.44	1 ^{/2}	1	-
			cyhalothrin /5	0.05-0.20	0.1 ^{/3}	4	-
			cypermethrin /6	0.01-0.23	1 ^{/1}	0	-
			deltamethrin /2	0.02-0.07	0.1 ^{/1}	0	-
			fenvalerate /2	0.02-0.03	0.05 ^{/1}	0	-
10. มะนาว	15	5	chlorpyrifos /2	0.01-0.08	1 ^{/2}	0	-
			malathion /2	0.02-0.05	7 ^{/3}	0	-
			profenofos /1	0.01	0.05 ^{/1}	0	-
			ethion /1	0.12	1 ^{/1}	0	-
11. พุริณ	8	1	cypermethrin /1	0.01	1 ^{/3}	0	-

ตารางที่ 4 (ต่อ) ชนิดพืชที่พบสารพิษตกค้างจากการสุมเก็บตัวอย่างจากจุดจำหน่ายผลผลิตใน
เขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

ชนิดพืช	จำนวนตัวอย่าง		ผลการวิเคราะห์		ค่า MRLs	จำนวนตัวอย่าง	
	วิเคราะห์	พบสารพิษ	ชนิดสาร /จำนวน	ปริมาณ		เกินค่า	ไม่มีค่า
	ทั้งหมด	ตกค้าง	ตัวอย่างที่พบ	(mg/kg)		MRLs	MRLs
12. ฝรั่ง	10	3	chlorpyrifos /1	0.03	0.05 ^{/3}	0	-
			omethoate /1	0.14	0.02 ^{/3}	0	-
			cypermethrin /2	0.01-0.03	0.05 ^{/3}	0	-
13. ส้มโอ	10	3	malathion /3	0.02-0.08	0.2 ^{/1}	0	-
			profenofos /1	0.07	2 ^{/1}	0	-
รวม		49	-	-	-	19	

หมายเหตุ ^{/1 /2 /3 /4 /5} เป็นค่า MRLs ของ THAI, CODEX, EU, JAPAN และ KOREA ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรที่พบในตัวอย่าง จำนวน 1,148 ตัวอย่าง
จากแปลงผลิต GAP หลังการรับรอง จุฬารวม และจุดจำหน่าย ในเขตพื้นที่ภาคใต้
ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

แหล่ง ตัวอย่าง	ชนิดสาร	จำนวนตัวอย่าง ที่พบสารพิษตกค้าง	ร้อยละของการพบ สารพิษตกค้าง	ปริมาณที่พบ (mg/kg)
แปลงผลิต	chlorpyrifos	27	2.35	0.01-0.42
	ethion	5	0.44	0.01-0.36
	profenofos	7	0.61	0.09-0.51
	malathion	1	0.09	0.1
	prothiophos	1	0.09	0.07
	pirimiphos-ethyl	2	0.17	0.1-0.21
	dicofol	2	0.17	0.19-0.34
	cyfluthrin	1	0.09	0.05
	cypermethrin	19	1.66	0.01-0.59
	deltamethrin	2	0.17	0.03-0.04
	fenvalerate	1	0.09	0.03

ตารางที่ 5 (ต่อ) ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรที่พบในตัวอย่าง จำนวน 1,148 ตัวอย่าง จากแปลงผลิต GAP หลังการรับรอง จุติรวบรวม และจุดจำหน่าย ในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

แหล่ง ตัวอย่าง	ชนิดสาร	จำนวนตัวอย่าง ที่พบสารพิษตกค้าง	ร้อยละของการพบ สารพิษตกค้าง	ปริมาณที่พบ (mg/kg)
จุติรวบรวม	chlorpyrifos	32	2.79	0.01-1.01
	dicrotophos	2	0.17	9.96-10.45
	ethion	7	0.61	0.02-0.36
	EPN	2	0.17	0.82-0.92
	malathion	1	0.09	0.32
	pirimiphos-ethyl	1	0.09	0.02
	profenofos	5	0.44	0.07-0.51
	triazophos	2	0.17	0.07-0.13
	dicofol	3	0.26	0.19-0.34
	cyhalothrin	5	0.44	0.05-0.19
	cypermethrin	24	2.09	0.01-2.35
จุดจำหน่าย	chlorpyrifos	14	1.22	0.01-2.01
	diazinon	1	0.09	0.03
	EPN	1	0.09	0.33
	ethion	3	0.26	0.12-0.21
	malathion	2	0.17	0.02-0.05
	omethoate	2	0.17	1.48-1.54
	profenofos	7	0.61	0.01-0.63
	dicofol	2	0.17	0.74-2.44
	cyhalothrin	6	0.52	0.02-0.19
	cypermethrin	22	1.92	0.01-4.31
	deltamethrin	3	0.26	0.02-0.45
	fenvalerate	2	0.17	0.02-0.03

ตารางที่ 6 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างทางการเกษตรที่พบในตัวอย่าง จำนวน 1,148 ตัวอย่าง ในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558

ชนิดสาร	จำนวนตัวอย่าง ที่พบสารพิษตกค้าง	ร้อยละของการพบ สารพิษตกค้าง	ปริมาณที่พบ (mg/kg)
1. chlorpyrifos	73	6.36	0.01-2.01
2. diazinon	1	0.09	0.03
3. dicrotophos	2	0.17	9.96-10.45
4. ethion	15	1.31	0.01-0.36
5. EPN	3	0.26	0.33-0.92
6. profenofos	7	0.61	0.09-0.51
7. malathion	4	0.35	0.02-0.32
8. omethoate	2	0.17	1.48-1.54
9. profenofos	12	1.05	0.07-0.51
10. prothiophos	1	0.09	0.07
11. pirimiphos-ethyl	3	0.26	0.02-0.21
12. triazophos	2	0.17	0.07-0.13
13. dicofol	7	0.61	0.19-2.44
14. cyfluthrin	1	0.09	0.05
15. cyhalothrin	11	0.96	0.02-0.19
16. cypermethrin	65	5.66	0.01-4.31
17. deltamethrin	5	0.44	0.02-0.45
18. fenvalerate	3	0.26	0.02-0.03

ตารางที่ 7 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRLs ในตัวอย่าง ที่สุ่มเก็บจากแปลงผลิต
หลังผ่านการรับรอง GAP จุฬรวบรวม และจุดจำหน่าย จำนวน 1,148 ตัวอย่าง
ในเขตภาคใต้ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนสิงหาคม 2558

ชนิดสาร	ตัวอย่าง เกินค่า MRLs (ร้อยละ)	ชนิดพืช	ตัวอย่าง เกินค่า MRLs แต่ ละชนิดพืช	ปริมาณ ที่พบ (mg/kg)	ค่า MRLs	
					เกณฑ์	ปริมาณ (mg/kg)
แปลงผลิต GAP						
cypermethrin	1 (0.09)	ฝรั่ง	1	0.01-0.20	0.05	Thai
profenofos	1 (0.09)	ฝรั่ง	1	0.05	0.01	EU
จุดรวบรวม						
chlorpyrifos	9 (0.78)	กวางตุ้ง	4	0.60-2.01	0.5	Thai
		แตงกวา	1	0.01-0.06	0.05	EU
		ผักกาดขาว	3	0.59-1.29	0.5	Thai
		ฝรั่ง	1	0.02-0.16	0.05	Thai
cyhalothrin	5 (0.43)	พริก	5	0.05-0.19	0.1	Thai
cypermethrin	4 (0.35)	กวางตุ้ง	4	1.25-2.35	1	Thai
EPN	2 (0.17)	กวางตุ้ง	2	0.82-0.92	0.1	Japan
triazophos	2 (0.17)	พริก	2	0.07-0.13	0.01	EU
จุดจำหน่าย						
cypermethrin	8 (0.70)	กวางตุ้ง	3	0.25-4.31	1	Thai
		คะน้า	2	0.37-4.28	0.5	Thai
		มะเขือ	3	0.05-0.19	0.03	Thai
cyhalothrin	4 (0.35)	พริก	4	0.05-0.20	0.1	EU
chlorpyrifos	3 (0.26)	กวางตุ้ง	2	0.04-2.01	0.5	Thai
		แตงกวา	1	0.03-0.07	0.05	EU
omethoate	2 (0.17)	มะเขือ	2	1.48-1.54	0.02	EU
dicofol	1 (0.09)	พริก	1	0.72-2.44	1	Codex
profenofos	1 (0.09)	คะน้า	1	0.52	0.5	Thai
รวม	43 (3.74)					

ตารางที่ 8 ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRLs ในตัวอย่างผลผลิตที่สุ่มวิเคราะห์
จำนวน 1,148 ตัวอย่าง ในเขตภาคใต้ตอนล่าง ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือน
กันยายน 2558

ชนิดสาร	ตัวอย่าง เกินค่า MRLs (ร้อยละ)	ชนิดพืช	ตัวอย่าง เกินค่า MRLs แต่ ละชนิดพืช	ปริมาณ ที่พบ (mg/kg)	ค่า MRLs	
					เกณฑ์	ปริมาณ (mg/kg)
cypermethrin	13 (1.13)	กวางตุ้ง	7	0.25-4.31	1	Thai
		คะน้า	2	0.37-4.28	0.5	Thai
		ฝรั่ง	1	0.01-0.2	0.05	Thai
		มะเขือ	3	0.05-0.19	0.03	Thai
chlorpyrifos	12 (1.04)	กวางตุ้ง	6	0.04-2.01	0.5	Thai
		แตงกวา	2	0.01-0.07	0.05	EU
		ผักกาดขาว	3	0.59-1.29	0.5	Thai
		ฝรั่ง	1	0.02-0.16	0.05	EU
cyhalothrin	9 (0.78)	พริก	9	0.05-0.20	0.1	EU
EPN	2 (0.17)	กวางตุ้ง	2	0.82-0.92	0.1	Japan
omethoate	2 (0.17)	มะเขือ	2	1.48-1.54	0.02	EU
profenofos	2 (0.17)	ฝรั่ง	1	0.05	0.01	EU
		คะน้า	1	0.52	0.5	Thai
triazophos	2 (0.17)	พริก	2	0.07-0.13	0.01	EU
dicofol	1 (0.09)	พริก	1	0.72-2.44	1	Codex
รวม	43 (3.74)					

สรุปผลการทดลอง

จากการตรวจติดตามการตกค้างของสารพิษทางการเกษตรในตัวอย่างพืชที่สุ่มเก็บจากแปลงของเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP จุฬารวมรวม และจุดจำหน่าย ในเขตภาคใต้ตอนล่าง 7 จังหวัด ได้แก่ ตรัง สตูล พัทลุง สงขลา ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวนทั้งหมด 1,148 ตัวอย่าง จากพืช 33 ชนิด ทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างทางการเกษตร 3 กลุ่มสาร คือ กลุ่ม organophosphates จำนวน 26 ชนิดสาร สารกลุ่ม organochlorines จำนวน 4 ชนิดสาร และสารกลุ่ม pyrethroids จำนวน 7 ชนิดสาร โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Steinwandter (Steinwandter H, 1985) ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

1. ตัวอย่างวิเคราะห์ที่สุ่มจากทั้ง 3 แหล่ง คือ แปลงของเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP จุฬารวมรวม และจุดจำหน่าย พบว่า ตัวอย่างจากแปลงของเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP มีร้อยละการตรวจพบสารตกค้างทางการเกษตร น้อยกว่าจุฬารวมรวม และจุดจำหน่าย อีกทั้งตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ส่วนใหญ่แม้จะมีการตรวจพบสารตกค้างทางการเกษตร แต่ก็อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการนำมาบริโภค คือ มีค่าสารตกค้างทางการเกษตร น้อยกว่าค่า MRL ขณะที่จุฬารวมรวมและแหล่งจำหน่าย ตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยในการบริโภค คือ มีค่าสารตกค้างมากกว่าค่า MRL มากกว่าตัวอย่างจากแปลงของเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรที่แปลงผลิตได้ผ่านการรับรองแปลง GAP แล้ว ยังคงมีการรักษามาตรฐานการผลิตให้มีความปลอดภัยจากการตกค้างของสารเคมีทางการเกษตร หรือหากมีการตกค้างก็อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ว่าผลผลิตทางการเกษตรจากจุฬารวมรวมและจุดจำหน่าย มีการปะปนกันระหว่างผลผลิตจากแปลง GAP ที่มีกระบวนการควบคุมคุณภาพการผลิต และผลผลิตจากแปลงที่ยังไม่ได้เข้าโครงการ GAP ซึ่งอาจมีผลผลิตที่ผลิตจากกระบวนการที่ไม่ปลอดภัยจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร จึงทำให้ตรวจพบสารตกค้างที่สูงกว่าระดับความปลอดภัยมากกว่า

2. ชนิดสารตกค้างที่พบจากทั้ง 3 แหล่ง คือ แปลงของเกษตรกรที่ผ่านการรับรอง GAP จุฬารวมรวม และจุดจำหน่าย ส่วนใหญ่เป็นสารป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช โดยชนิดสารที่ตรวจพบการตกค้างมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ chlorpyrifos และ cypermethrin อีกทั้งยังตรวจพบการตกค้างเกินค่าความปลอดภัย หรือ มีค่ามากกว่า MRL มากเป็น 2 อันดับแรกเช่นเดียวกัน ซึ่งสารเคมีทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดี ราคาไม่แพง หาซื้อได้ง่ายในร้านขายเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรทั่วไป เกษตรกรจึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สารพิษตกค้างชนิดอื่นที่ตรวจพบ ได้แก่ diazinon, dicrotophos, ethion, EPN, profenofos, malathion, omethoate, profenofos, prothiophos, pirimiphos-ethyl, triazophos, dicofol, cyfluthrin, cyhalothrin, deltamethrin และ fenvalerate

3. จากผลการวิเคราะห์ที่มีการตรวจพบสารเคมีตกค้างทางการเกษตรในผลผลิตเกินค่าความปลอดภัย หรือ มีค่ามากกว่า MRL นั้น แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรบางรายยังคงมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชอย่างไม่เหมาะสม ดังนั้นเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจในการติดตาม ควบคุมการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชให้ถูกต้อง เหมาะสม และเข้มงวดยิ่งขึ้น รวมทั้งให้ความรู้และแรงจูงใจให้เกษตรกรใช้สารชีวภาพทดแทนการใช้สารเคมี หรือการใช้เทคโนโลยีกำจัดศัตรูพืชแบบผสมผสาน หากมีการระบาดของแมลงศัตรูพืชในระดับที่ไม่มากนัก อย่างไรก็ตามในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้ตรวจไม่พบสารเคมีตกค้างที่เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 (วอ.4) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ได้ประกาศห้ามมิให้มีการผลิต นำเข้า ส่งออก และครอบครองตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2551 แสดงให้เห็นว่ามาตรการการบังคับใช้กฎหมายควบคุมตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายของกรมวิชาการเกษตร ได้ผลิตในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง

4. ชนิดพืชที่จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงที่ควรติดตามการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างอย่างใกล้ชิด มีทั้งสิ้น 7 ชนิด ได้แก่ กวางตุ้ง กระบี่ แตงกวา ผักกาดขาว ฟรุ้ง พริก และมะเขือ เนื่องจากเป็นชนิดพืชที่มีการตรวจพบสารเคมีตกค้างทางการเกษตรจากกระบวนการผลิตอยู่ในระดับที่เกินค่าความปลอดภัย นอกจากนี้มีพืชอีก 5 ชนิด ได้แก่ บวบ ผักหวาน ผักบุ้ง มะนาว และส้มโอ ที่ควรมีการเฝ้าติดตามการ

ใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตบ้างหรือกลุ่มตรวจติดตามเป็นระยะ เนื่องจากการตรวจพบสารเคมีตกค้างทางการเกษตร แต่ปริมาณสารเคมีการตรวจพบยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2556. คู่มือแนะนำ การสืบค้นค่าปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits : MRLs) ของประเทศคู่ค้า. สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. 41 หน้า.
- กองวัตถุมีพิษ, 2544. ความรู้พื้นฐานการวิเคราะห์คุณภาพและสารพิษตกค้างทางวัตถุมีพิษการเกษตร. เอกสารวิชาการประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 14-19 มีนาคม 2544.
- จินตนา ภูม่งกุญชัย และพนิดา ไชยยันต์บุรณ์. 2553. ผลการปฏิบัติงาน ประจำปีงบประมาณ 2552 เล่มที่ 1: วิจัยการเฝ้าระวังปริมาณสารพิษตกค้างในพริก. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. 115-123 หน้า.
- มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 46 หน้า.
- มาตรฐานสินค้าเกษตร. 2556. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17 หน้า.
- มาตรฐานสินค้าเกษตร. 2556. สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 50 หน้า.
- วัชรพร ศรีสว่างวงศ์ ปริญญา สุขสุพรรณ จารุพงศ์ ประสพสุข และชัยศักดิ์ แก้วพลสง. 2554. การศึกษาชนิดและปริมาณของสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนหลังการรับรองระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสม (GAP). หน้า 313-323. ใน : เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ระบบเกษตรไทยได้ร่วมพระบารมี เพื่อความมั่นคงทางอาหารและพลังงาน. 8-10 สิงหาคม 2554 ณ โรงแรมดักสิลา จ.มหาสารคาม.
- สุธิณี สาสิลัง พรศิริ สายะพันธ์ เบญจมาศ ใจแก้ว และยลิสร์ อินทรสถิตย์. 2558. สถานการณ์การตกค้างของสารพิษตกค้างทางการเกษตรในพริกในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง. กรมวิชาการเกษตร. 64 หน้า.
- Codex Alimentarius International Food Standards. 2016. Pesticide residues in food and feed. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/pesticides/index.html>. (1 ตุลาคม 2558).
- European Commission. 2016. .EU Pesticides database. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN>. (1 ตุลาคม 2558).

Steinwandter H. 1985. Universal 5 min on-line method for extracting and isolating pesticide residues and industrial chemicals. Fresenius Z. anal chem. 322 : 752-754.

The Japan Food Chemical Research Foundation. 2016. Maximum residue limits (MRLs) list of agricultural chemicals in foods. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/search.html>. (1 ตุลาคม 2558).