

ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

Tolerance of Uncertainty on Total Potassium in Organic Fertilizers

ชฎาพร คงนาม
Chadaporn Khongnam

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

In this study, Tolerance of uncertainty on total potassium in organic fertilizers. The method validation of total potassium in organic fertilizers by flame photometric method, the result showed that the Limit of Detection (LOD) and Limit of Quantitation (LOQ) were 0.05 %TK₂O and 0.16 %TK₂O, respectively. The Range, Linearity, Accuracy and Precision were passed the criteria for acceptance of AOAC. Organic fertilizer samples were tested at low medium and high concentrations to assess the uncertainty of the sampling procedure and analysis. The tolerance of uncertainty on total potassium content in organic fertilizers was in the range 1.57 – 10.15%.

Keywords : Tolerance Total potassium Organic fertilizers

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดย Flame Photometric Method พบว่ามีค่า Limit of Detection (LOD) และ Limit of Quantitation (LOQ) เท่ากับ 0.05 %TK₂O และ 0.16 %TK₂O ตามลำดับ ผลการทดสอบ Range Linearity Accuracy และ Precision ที่ระดับความเข้มข้น LOQ (0.2%TK₂O) และความเข้มข้นสูง (6.0%TK₂O) ผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งหมดตามมาตรฐานสากล AOAC ทำการทดสอบตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง เพื่อนำมาประเมินค่าความไม่แน่นอนจากขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ พบว่าได้เกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่ครอบคลุมที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง (0.59 – 5.96%) อยู่ในช่วง 1.57 – 10.15%

คำหลัก : เกณฑ์คลาดเคลื่อน โพแทสเซียมทั้งหมด ปุ๋ยอินทรีย์

คำนำ

ปุ๋ยอินทรีย์ ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 (มาตรา 3) หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ ซึ้น สับ หมัก บด ร่อน หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าต้องได้รับการอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ กรมวิชาการเกษตรในฐานะผู้รับผิดชอบหลักในการกำกับดูแลคุณภาพปุ๋ย การควบคุมปุ๋ย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ฉลาก ขนาดบรรจุ และเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหาร มีความสำคัญในการบ่งชี้ว่าปริมาณธาตุอาหารรับรองที่ระบุผ่านเกณฑ์คลาดเคลื่อนขั้นต่ำ ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมี ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554 กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมีทุกชนิดที่อนุญาตให้คลาดเคลื่อน หรือแตกต่างในการนำการเตรียมการ และการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยเคมีเพื่อตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารรับรอง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แต่ปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์คลาดเคลื่อนของการตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารรับรองของโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์เพื่อควบคุมคุณภาพปุ๋ย ควบคุมการผลิต และจำหน่ายปุ๋ยให้มีคุณภาพ ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ และรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร ซึ่งต้องอาศัยผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยของห้องปฏิบัติการ โดยในกระบวนการวิเคราะห์หรือวัดค่าสิ่งต่างๆ ย่อมมีความไม่แน่นอนหรือความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนออกมารองรับปริมาณ หรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังเป็นเกณฑ์สำหรับห้องปฏิบัติการใช้ในการพิจารณาดำเนินการตรวจสอบซ้ำ ในกรณีที่ไม่ตรงกับปริมาณที่แจ้ง และเพื่อความเป็นธรรมของผู้ที่เกี่ยวข้อง ในกรณีที่มีการนำผลการวิเคราะห์มาใช้ตัดสินในทางกฎหมาย ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องบดตัวอย่าง
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียม (Flame photometer)
4. สารเคมี เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์รายการทดสอบโพแทสเซียมทั้งหมด ตามคู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร
5. วัสดุอ้างอิงรับรอง Potassium dihydrogen phosphate, (SRM200b-NIST) และ Potassium chloride, (CRM-BCR113)
6. ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์

วิธีการ

1. เตรียมปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการวิเคราะห์ ได้แก่ มูลวัวนม จำนวน 4 ตัวอย่าง มูลวัวปล่อยทุ่ง จำนวน 2 ตัวอย่าง มูลไส้เดือน จำนวน 3 ตัวอย่าง มูลค่างควา จำนวน 1 ตัวอย่าง มูลไก่อดเม็ด จำนวน 2 ตัวอย่าง ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด จำนวน 4 ตัวอย่าง และปุ๋ยอินทรีย์ผง จำนวน 1 ตัวอย่าง โดยให้ครอบคลุมปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม จากนั้นนำตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์มาบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างให้มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 20 เมช เทตัวอย่างที่บดแล้วใส่ถุงพลาสติกซิปล็อคใส่อากาศออกให้หมด และปิดถุงให้สนิท เขียนป้ายบ่งชี้ตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ (ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559)

2. วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมด โดย Flame Photometric Method (กรมวิชาการเกษตร, 2551)
 - 2.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร
 - 2.2 เติมกรดผสม 20 มิลลิลิตร ($\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$ 1:1 V/V) นำไปย่อยบนเตาระเหยไฟฟ้า ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะใส ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30 – 40 นาที จากนั้นยกลงจากเตาระเหยไฟฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
 - 2.3 ถ่ายสารละลายตัวอย่างและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ในกรณีที่เป็นสารละลายมีตะกอนขุ่น นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง
 - 2.4 เปิดสารละลายตัวอย่างให้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงของกราฟมาตรฐาน เติมสารละลาย Suppressor อัตราส่วน 1:10 โดยปริมาตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน
 - 2.5 นำสารละลายตัวอย่าง ไปวัดค่า Emission intensity ด้วย Flame photometer หาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสารละลายตัวอย่างกับกราฟมาตรฐาน ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโพแทสเซียม กับค่า Emission intensity ของ Working standard
3. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมด โดย Flame Photometric Method
 - 3.1 การหาช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range)
 - 3.1.1 ชั่ง Sample blank (ตัวอย่างที่ไม่มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในระดับต่ำหรือไม่มีโพแทสเซียมทั้งหมดเป็นส่วนประกอบ) จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร และเติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 6 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0, 4, 8, 12, 16 และ 18 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - 3.1.2 ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.2 – 2.5
 - 3.1.3 สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียมกับค่า Emission intensity เลือกช่วงการใช้งานที่มีความเป็นเส้นตรง และเหมาะสมกับความเข้มข้นของตัวอย่าง คำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$ (APHA, AWWA and WEF, 2017)
 - 3.2 การหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity)
 - 3.2.1 ชั่ง Sample blank จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร และเติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 7 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 0, 0.5, 3, 6, 9, 12 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ
 - 3.2.2 ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.2 – 2.5
 - 3.2.3 สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียมกับค่า Emission intensity คำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$ (APHA, AWWA and WEF, 2017)
 - 3.3 การหาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ)
 - 3.3.1 ชั่ง Sample blank จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร จำนวน 10 ซ้ำ
 - 3.3.2 ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.2 – 2.5
 - 3.3.3 คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เพื่อหาค่า LOD และ LOQ (Eurachem, 2014) จากสูตร

$$\text{LOD} = 3S'_0$$

$$\text{LOQ} = 10S'_0$$

$$\text{โดยที่ } S'_0 = \frac{S_0}{\sqrt{n}}$$

S'_0 หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับการคำนวณ LOD และ LOQ

S_0 หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทำซ้ำของ Sample blank

n หมายถึง จำนวนซ้ำของตัวอย่างทดสอบ

3.4 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision)

3.4.1 วิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified reference material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น LOQ และสูง ที่เติมลงในตัวอย่างปฏิกิริยาที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) โดยที่ระดับความเข้มข้น LOQ และสูง เตรียม CRM ให้ได้ความเข้มข้น 0.2 %TK₂O (จาก CRM สูตร 0-52-34) และ 6.0 %TK₂O (จาก CRM สูตร 0-0-60) ตามลำดับ

3.4.2 ระดับความเข้มข้น LOQ ซ้ำ Sample blank จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมวัสดุอ้างอิงรับรอง 0.2 %TK₂O จำนวน 1.xxxx กรัม

3.4.3 ระดับความเข้มข้นสูง ซ้ำ Sample blank จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมวัสดุอ้างอิงรับรอง 6.0 %TK₂O จำนวน 1.xxxx กรัม

3.4.4 ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.2 – 2.5 (โดยทำการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ และต่างวันเวลา)

3.4.5 นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM เกณฑ์การยอมรับ % Recovery 95-105 และ 97-103 (AOAC, 2016) และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio) เกณฑ์การยอมรับ < 1.3 (AOAC, 2016)

4. ประเมินค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์ และคำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

4.1 แบ่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ (A) เป็น 2 ส่วน (A1, A2) ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำปุ๋ยอินทรีย์ A1, A2 มาแบ่งเป็น 4 ส่วน (Eurachem, 2019) และบดตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 8 ส่วน

4.2 วิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (0.1-1.0 %TK₂O) กลาง (1.1-3.0 %TK₂O) และสูง (>3.0 %TK₂O) ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง โดยซ้ตัวอย่าง 1.xxxx กรัม วิเคราะห์ที่เวลาแตกต่างกัน ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2 โดยวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 คน คนละ 2 ซ้ำ

4.3 คำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้สูตรค่าความไม่แน่นอน (Eurachem, 2019)

$$u = \%RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100$$

โดยที่ u = ค่าคลาดเคลื่อน

% RSD = Relative standard deviation

SD = Standard deviation

4.4 คำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ ตามสูตร

$$u_c = \sqrt{(u_{samp})^2 + (u_{anal})^2}$$

โดยที่ u_c = Combine uncertainty

u_{samp} = ค่าความไม่แน่นอนของการสุ่มตัวอย่าง

u_{anal} = ค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์

ระยะเวลา เริ่มต้น เดือนตุลาคม 2562 สิ้นสุด เดือนกันยายน 2564

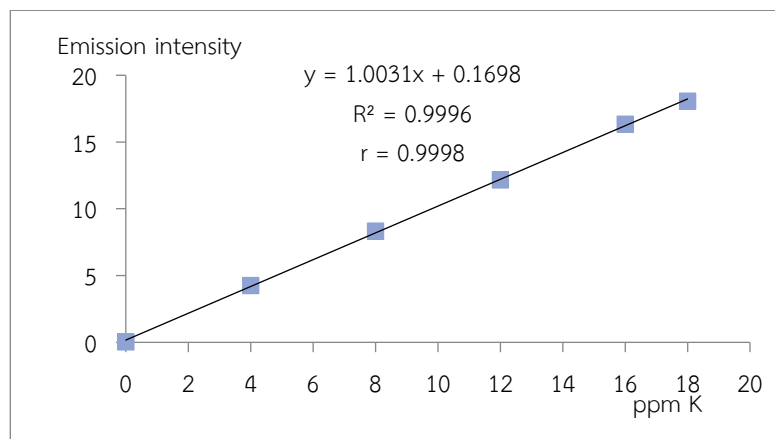
สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

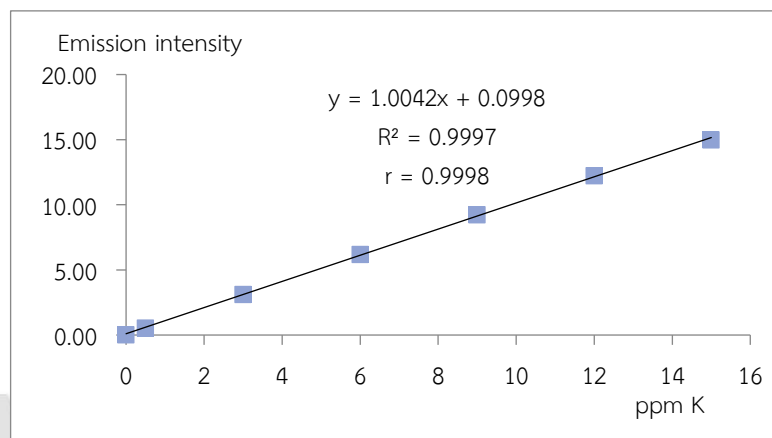
1. ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมด โดย Flame Photometric Method

1.1 การหาช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) จากการสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (แกน X) กับค่า Emission intensity (แกน y) พบว่าอยู่ในช่วง 0-18 มิลลิกรัมต่อลิตรโพแทสเซียม ได้ค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.9998 ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ ($r \geq 0.995$) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ช่วงความเป็นเส้นตรง (Range) ของการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

1.2 การหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) เลือกเอาช่วง 0-15 มิลลิกรัมต่อลิตรโพแทสเซียม นำมาหาค่า Linearity โดยสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (แกน X) กับค่า Emission intensity (แกน y) ได้ค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.9998 ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ ($r \geq 0.995$) จึงเลือกเป็นช่วงใช้งานในห้องปฏิบัติการ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ของการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

1.3 การหาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) พบว่า ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.05% และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.0159% คำนวณค่า LOD เท่ากับ 0.05 %TK₂O และ LOQ เท่ากับ 0.16 %TK₂O

1.4 ผลการพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision)

จากการทดสอบวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified reference material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น LOQ และสูง ที่เติมลงในตัวอย่างปฏิกิริยาที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) พบว่า % Recovery และ HorRat (Horwitz's Ratio) ที่ระดับความเข้มข้น LOQ และ สูง อยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับ (ตารางที่ 1) แสดงว่าความเหมาะสมของวิธีทดสอบโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ อยู่ในช่วง 0.2 – 6.0%TK₂O

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision)

| Concentration | Accuracy | | Precision | |
|------------------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|
| | %Recovery | Acceptance criteria | HorRat | Acceptance criteria |
| LOQ (0.2%TK ₂ O) | 99.39 | 95-105 | 0.34 | 1.3 |
| High (6.0%TK ₂ O) | 100.43 | 97-103 | 0.28 | 1.3 |

2. ประเมินค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์ และคำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

เกณฑ์คลาดเคลื่อนจากความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยคำนวณจากค่าความไม่แน่นอนจากการสุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ พบว่าค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเข้มข้นต่ำ เท่ากับ 7.60%, 9.15% และ 10.15% ความเข้มข้นกลาง เท่ากับ 4.64%, 5.42% และ 5.44% และความเข้มข้นสูง เท่ากับ 1.57%, 2.49% และ 4.31% (ตารางที่ 2)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ช่วงความเข้มข้น 1.0%TK₂O มีค่าความไม่แน่นอนมากที่สุดเท่ากับ 11% สอดคล้องกับกฎหมายของสหภาพยุโรป (Official Journal of the European Union, 2019) เกี่ยวกับการจำหน่ายปุ๋ยอินทรีย์ ที่ระบุว่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่ความเข้มข้น 1.0% มีค่าคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 50%

ตารางที่ 2 ร้อยละค่าความไม่แน่นอนของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

| Concentration | %TK ₂ O | Measurement uncertainty | | |
|---------------|--------------------|-------------------------|----------------|-----------|
| | | Sampling (%) | Analytical (%) | Total (%) |
| Low | 0.59 | 2.52 | 7.16 | 7.60 |
| | 0.82 | 3.22 | 9.62 | 10.15 |
| | 0.97 | 3.93 | 8.26 | 9.15 |
| Medium | 1.21 | 2.49 | 4.84 | 5.44 |
| | 1.89 | 2.78 | 4.65 | 5.42 |
| | 2.88 | 2.39 | 3.98 | 4.64 |
| High | 3.52 | 0.40 | 1.52 | 1.57 |
| | 4.58 | 1.12 | 2.23 | 2.49 |
| | 5.96 | 1.14 | 4.16 | 4.31 |

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ/คำแนะนำ

การศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยทดสอบตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เพื่อประเมินค่าความไม่แน่นอนจากขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ พบว่าได้เกณฑ์คลาดเคลื่อนขั้นต่ำของปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่ครอบคลุมระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง (0.59 – 5.96%) อยู่ในช่วง 1.57 – 10.15%

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นข้อมูลในการสร้างความเชื่อมั่นด้านการตรวจวิเคราะห์ เพื่อพิสูจน์และยืนยันถึงวิธีการที่นำมาใช้ในการทดสอบว่ามีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ สามารถสอบกลับได้ ลดข้อโต้แย้ง ในการกำกับ และบังคับใช้กฎหมายของกรมวิชาการเกษตร ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559 (2560, 4 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 134 ตอนพิเศษ 2 ง. หน้า 24.
- American Public Health Association, American Water Works Association and World Economic Forum (APHA, AWWA and WEF). 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Part 4000: Inorganic Nonmetallic Constituents. 23rd ed. Washington DC, USA.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th ed. AOAC International, Maryland, USA.
- Eurachem. 2014. The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. 2nd ed. Available from <http://www.eurachem.org>. (30 Nov. 2021)
- Eurachem. 2019. Measurement uncertainty arising from sampling: a guide to methods and approaches. 2nd ed. Available from <http://www.eurachem.org>. (30 Nov. 2021)
- Official Journal of the European Union. 2019. Laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. Available from <https://assets.gov.ie/127589/228a7796-1204-49e0-834d-1966755c79e9.pdf>. (30 Nov. 2021)