

ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากค่าความไม่แน่นอนของการวัด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

Tolerance of uncertainty on total nitrogen in organic fertilizer

นันทกานต์ ขุนโหระ
Nanthakan Khunhon

ศุภกัญญา ทาทหาร
Supakchaya Thahan

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

Tolerance of uncertainty on total nitrogen in organic fertilizer was study of usage data from the method validation of total nitrogen, sampling and analysis to be combined. The result of method validation, Range, Linearity, accuracy, precision were passed. All acceptance criteria, limit of detection (LOD), limit of quantitation (LOQ) were 0.03%TN and 0.11%TN. The measurement uncertainty from the method validation was assessed. At low concentrations (0.3% TN), medium and high concentrations (6.0 %TN) were 0.006 %N and 0.068 %N, respectively. Analysis of organic fertilizers at 3 concentration levels, found that the uncertainty from the sampling and testing at concentration 0.29-10.14%TN were 1.77-12.42% 1.51-22.63% and expanded uncertainty were 2.33-25.81%.

Keywords : Tolerance Total nitrogen Organic fertilizer

บทคัดย่อ

การศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนของการวัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ และทำการทดสอบตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง เพื่อนำมาประเมินค่าความไม่แน่นอน ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง และขั้นตอนการวิเคราะห์ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์โดยวิธีการเผา (Combustion method) ทำการทดสอบ Range, Linearity, accuracy, precision, limit of detection(LOD), Limit of quantitation (LOQ) พบว่า Range, Linearity, accuracy, precision ผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งหมด ค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.03 %N และ 0.11%N ประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดที่ค่าความเข้มข้นต่ำ (0.3%N) ความเข้มข้นสูง (6.0%N) เท่ากับ 0.006 และ 0.068 ตามลำดับ การวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง พบว่าค่าความไม่แน่นอนจากการสุ่มตัวอย่างและจากการทดสอบ ที่ความเข้มข้น 0.29-10.14%TN เท่ากับ 1.77-12.42% และ 1.51-22.63% ได้เกณฑ์ค่าความไม่แน่นอนขยายของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่ครอบคลุมระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง เท่ากับ 2.33-25.81%

คำหลัก : ค่าความคลาดเคลื่อน ไนโตรเจนทั้งหมด ปุ๋ยอินทรีย์

คำนำ

ปุ๋ยอินทรีย์ ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (มาตรา 3) หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ ขึ้น สับ หมัก บด ร้อน หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าต้องได้รับการอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ กรมวิชาการเกษตรในฐานะผู้รับผิดชอบหลักในการกำกับดูแลคุณภาพปุ๋ย การควบคุมปุ๋ย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ฉลาก ขนาดบรรจุ และเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหาร มีความสำคัญในการบ่งชี้ว่าปริมาณธาตุอาหารรับรองที่ระบุบนฉลากคลาดเคลื่อนขั้นต่ำ ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมี ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554 กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมีทุกชนิดที่อนุญาตให้คลาดเคลื่อน หรือแตกต่างในการนำ การเตรียมการ และการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยเคมีเพื่อตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารรับรอง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และข้อมูลตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณอินทรีย์วัตถุ ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2552 กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีในปุ๋ยอินทรีย์เคมีและปริมาณอินทรีย์วัตถุรับรองที่มีในปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดที่อนุญาตให้คลาดเคลื่อน หรือแตกต่างในการนำ การเตรียมการ และการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมีและปุ๋ยอินทรีย์เพื่อตรวจสอบปริมาณอินทรีย์วัตถุรับรอง แต่ปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์คลาดเคลื่อนของการตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารรับรองของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์เพื่อควบคุมคุณภาพปุ๋ย ควบคุมการผลิต และจำหน่ายปุ๋ยให้มีคุณภาพ ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ และรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร ซึ่งต้องอาศัยผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยของห้องปฏิบัติการ โดยในกระบวนการวิเคราะห์หรือวัดค่าสิ่งต่างๆ ย่อมมีความไม่แน่นอนหรือความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนออกมารองรับปริมาณ หรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังเป็นเกณฑ์สำหรับห้องปฏิบัติการใช้ในการพิจารณาดำเนินการตรวจสอบซ้ำ ในกรณีที่ผลวิเคราะห์ไม่ตรงกับปริมาณที่แจ้ง และเพื่อความเป็นธรรมของผู้ที่เกี่ยวข้อง ในกรณีที่มีการนำผลการวิเคราะห์มาใช้ตัดสินในทางกฎหมาย ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยหลักการเผาไหม้หือ Leco รุ่น FP 628
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆที่ใช้ในการปฏิบัติการทดสอบ
4. สารเคมี
 - 4.1 EDTA Standard (Leco)
 - 4.2 EDTA (AR grade)
 - 4.3 Lecosorb (Sodium Hydroxide และ coated on silicate)
 - 4.4 Anhydron (Magnesium Perchlorate)
 - 4.5 Furnace Reagent (Calcium Oxide และ kaolin)
 - 4.6 N-catalyst Reagent
 - 4.7 Copper Turning Degassed
 - 4.8 Copper Sticks
 - 4.9 Quartz Wool Strips
 - 4.10 Steel Wool

- 4.11 Glass Wool
- 4.12 Sucrose
- 4.13 วัสดุอ้างอิงรับรอง/วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน
Ammonium Dihydrogen Phosphate 12.15 ± 0.01 % Nitrogen (SRM No.194 NIST)
- 4.14 แก๊ส Helium ชนิดบริสุทธิ์ 99.999%
- 4.15 แก๊ส Oxygen ชนิดบริสุทธิ์ 99.7%

วิธีการ

1. เตรียมปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการวิเคราะห์ครอบคลุมที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ได้แก่ อูปรณ สารเคมี วัสดุอ้างอิงรับรอง และตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 17 ตัวอย่าง 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 ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม

2. วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Combustion (ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559)

2.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานไนโตรเจน

นำสารมาตรฐาน EDTA มาชั่งน้ำหนัก อย่างน้อย 6 จุด ครอบคลุมปริมาณไนโตรเจนที่มีในตัวอย่าง เพื่อใช้เป็น Working standard เติมน้ำโครสไม่น้อยกว่า 0.5 เท่าของน้ำหนักทั้งหมด ใส่ Tin foil หรืออูปรณใส่ตัวอย่างสำหรับเผา นำสารมาตรฐานใส่ช่องใส่ตัวอย่างเพื่อเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิสูง สร้างกราฟมาตรฐาน

2.2 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 0.1xxx กรัม เติมน้ำโครสไม่น้อยกว่า 0.5 เท่าของน้ำหนักทั้งหมด ใส่ Tin foil นำตัวอย่างใส่ช่องใส่ตัวอย่างเพื่อเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิสูง และบันทึกความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมด (%)

3. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Combustion

3.1 ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) โดยชั่ง Sample blank (ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระดับต่ำ เติมน้ำโครสมาตรฐานไนโตรเจน 7 ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ช้ำ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมน้ำโครสมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้ พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรง คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ r ≥ 0.995 (APHA, AWWA and WEF, 2017)

3.2 หาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณไนโตรเจนน้อย (sample blank) ปริมาณ 0.1xxx กรัม ใส่ sucrose อย่างน้อย 0.5 เท่าของตัวอย่าง นำไปทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจนโดยหลักการเผา บันทึกข้อมูลและคำนวณหาที่ได้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) เพื่อคำนวณค่า LOD และ LOQ ตามสูตร

$$LOD = 3S'_0$$

$$LOQ = 10S'_0$$

$$\text{โดยที่ } S'_0 = S_0 \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{n_b}}$$

S'_0 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับการคำนวณ LOD และ LOQ

S_0 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดสอบ Repeatability ของ Sample Blank

n คือ จำนวนซ้ำของตัวอย่างทดสอบ

n_b คือ จำนวนซ้ำของ Blank

3.3 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง และวัสดุอ้างอิงที่เติมลงในตัวอย่างปุ๋ยที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 0.50XX กรัม และเติมน้ำโครส

อ้างอิงรับรอง สูตร 12-60-0 ปริมาณ 0.012X กรัมคำนวณความเข้มข้น เท่ากับ 0.30 %N ความเข้มข้นสูง ซึ่ง EDTA 3.14 กรัม ใส่ในตัวอย่างปุ๋ย 1.86 กรัม คำนวณความเข้มข้น เท่ากับ 6.0 %N ซึ่งตัวอย่างที่ได้ 0.1xxx กรัม เติมน้ำ sucrose ในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ 0.5 เท่า นำตัวอย่างที่ซั่งได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด โดยหลักการเผา ทำการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำและต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรอง เกณฑ์การยอมรับ % Recovery 95-105 และ 97-103 (Eurachem, 2014 และ AOAC, 2016) และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio) เกณฑ์การยอมรับ <1.3 (AOAC, 2016)

3. ประเมินค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ขั้นตอนการวิเคราะห์ และคำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

3.1 แบ่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ (A) เป็น 2 ส่วน (A1, A2) ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำปุ๋ยอินทรีย์ A1, A2 มาแบ่งเป็น 4 ส่วน (Eurachem, 2019) และบดตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 8 ส่วน นำตัวอย่างที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Combustion ตัวอย่างละ 2 คน คนละ 2 ซ้ำ

3.2 คำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนเตรียมตัวอย่าง และขั้นตอนวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ ตามสูตร

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

เมื่อ u = ค่าความไม่แน่นอน
 % RSD = Relative standard deviation
 SD = standard deviation

3.3 คำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ ตามสูตร

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

เมื่อ u_c = Combined uncertainty
 u_{samp} = ค่าความไม่แน่นอนของการเตรียมตัวอย่าง
 u_{anal} = ค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2562 สิ้นสุด กันยายน 2564

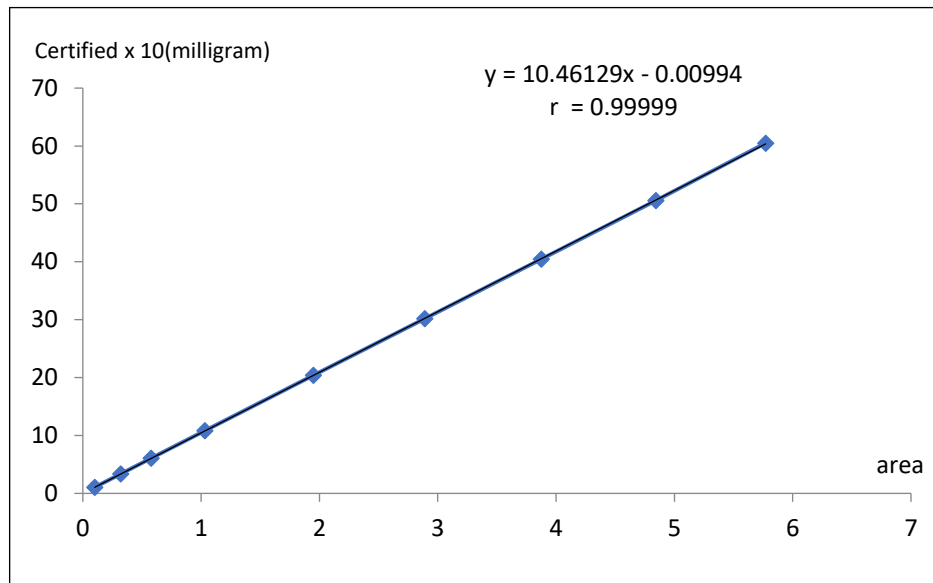
สถานที่ทำการทดลอง

กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

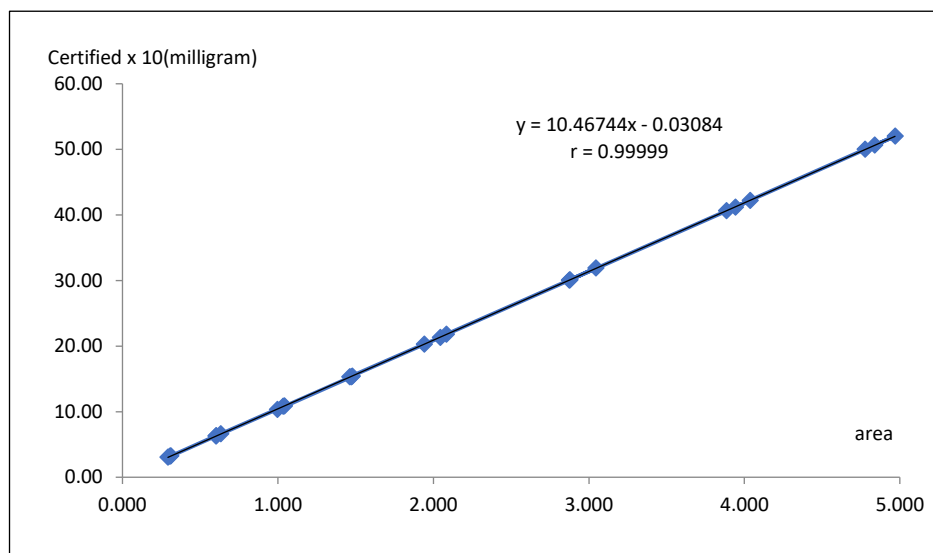
ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Combustion

1.1 Range and Linearity พบว่าอยู่ในช่วง 1.06-60.49 มิลลิกรัม (ภาพที่ 1) เลือกเอาช่วง 3-50 มิลลิกรัม ไนโตรเจน นำมาหาค่า Linearity ได้ค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99999 (ภาพที่ 2) ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ



ภาพที่ 1 แสดงการหาช่วงความเป็นเส้นตรง (Range) ของการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด



ภาพที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่า Linearity ของการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด

1.2 ประมาณค่าต่ำที่สุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ และการประมาณค่าต่ำที่สุดที่สามารถรายงานผลได้ พบว่า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 %N ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.009 %N คำนวนค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.03 %N และ LOQ เท่ากับ 0.11 %N

1.3 ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision)

พิสูจน์ความถูกต้อง โดยหาค่า % recovery ของวัสดุอ้างอิงรับรอง และวัสดุอ้างอิงที่เติมลงในตัวอย่างปู้ย พบว่า % recovery ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ และความเข้มข้นสูง อยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับและการตรวจสอบความเที่ยง โดยประเมินค่า Precision จาก HorRat (Horwitz's Ratio) ที่ความเข้มข้นต่ำและสูง อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ <1.3 ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยง

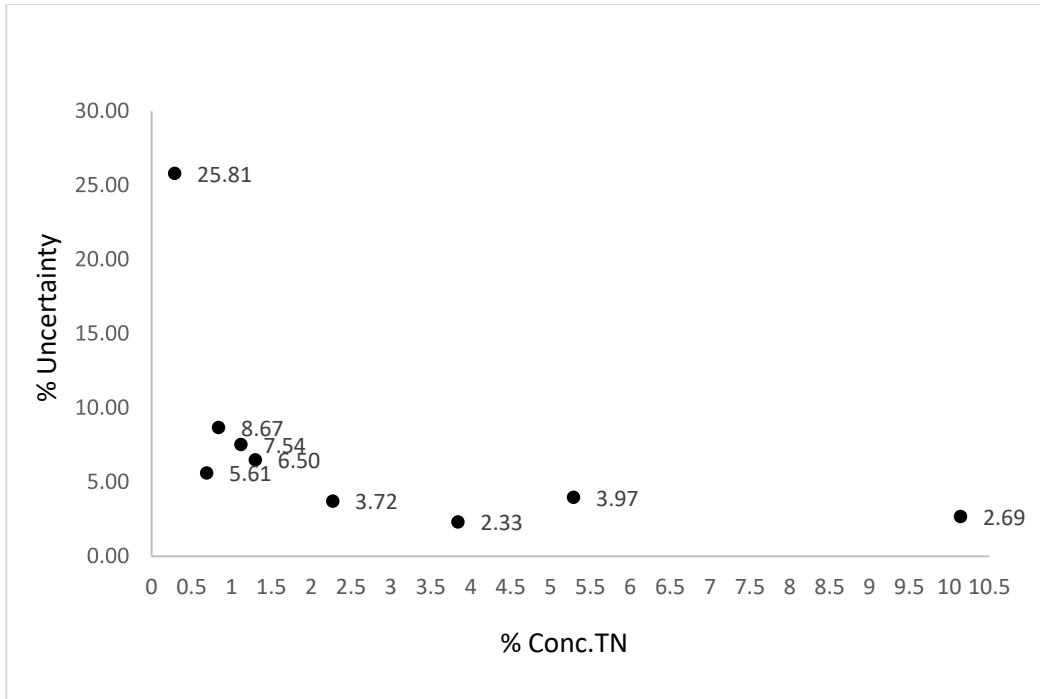
Concentration	Accuracy		Precision	
	%Recovery	Acceptance criteria	HorRat	Acceptance criteria
LOQ (0.3 %TN)	100.00	95-105	0.63	1.3
High (6.0 %TN)	101.17	97-103	0.14	1.3

2. ประเมินค่า คำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ขั้นตอนการทดสอบ และคำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

2.1 เกณฑ์คลาดเคลื่อนจากค่าความไม่แน่นอนของการวัดของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยคำนวณจากค่าความไม่แน่นอน จากการสุ่มตัวอย่างและการทดสอบ ที่ความเข้มข้นต่ำ เท่ากับ 25.81%, 5.61% และ 8.67% ความเข้มข้นกลาง เท่ากับ 7.54%, 6.52% และ 3.72% และความเข้มข้นสูง เท่ากับ 2.33%, 3.97% และ 2.69% ตามลำดับ ตามตารางที่ 2 และภาพที่ 3

ตารางที่ 2 ร้อยละค่าความไม่แน่นอนของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

Concentration	%TN	Measurement uncertainty		
		Sampling (%)	Analytical (%)	Total (%)
Low	0.29	12.42	22.63	25.81
	0.69	2.62	4.95	5.61
	0.84	4.17	7.60	8.67
Medium	1.12	3.34	6.76	7.54
	1.30	4.99	4.19	6.52
	2.27	2.85	2.40	3.72
High	3.84	1.77	1.51	2.33
	5.29	2.80	2.83	3.97
	10.14	1.80	2.00	2.69



ภาพที่ 3 ค่าความไม่แน่นอนของช่วงความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ความเข้มข้น 1.0%TN มีค่าความไม่แน่นอนสูงสุดเท่ากับ 25.81% ซึ่งสอดคล้องกับกฎหมายของสหภาพยุโรป (Official Journal of the European Union, 2019) เกี่ยวกับการจำหน่ายปุ๋ยอินทรีย์ ที่ระบุว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่ความเข้มข้น 1% มีค่าคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 50%

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ/คำแนะนำ

การศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนของการวัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อนำมาประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด และทำการทดสอบตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ การทดสอบ range, linearity, accuracy, precision, limit of detection (LOD), Limit of quantitation (LOQ) พบว่า range, linearity, accuracy, precision ผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งหมด ค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.03 %TN และ 0.11%TN และได้เกณฑ์ค่าคลาดเคลื่อนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่ครอบคลุมระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง (0.29-10.14% TN) มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 2.33-25.81%

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

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

เอกสารอ้างอิง

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)