

แบบรายงานเรื่องเต็มผลการทดลองที่สิ้นสุดปีงบประมาณ 2557

ชุดโครงการวิจัย	วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
โครงการวิจัย	การพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์พืชและปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กิจกรรม	พัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์พืช ดิน น้ำ สารอินทรีย์ สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช สารสกัด และวัตถุอันตรายทางการเกษตร
กิจกรรมย่อย	พัฒนาเทคนิคระบบการตรวจวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี Method Validation on Analysis of Total Nitrogen in Chemical Fertilizers

อรพิน หนูทอง¹

สิริฉัตร เขาวนวิฑูริกุล¹

บทคัดย่อ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์เป็นการตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของการวิเคราะห์เพื่อให้ผลการวิเคราะห์เป็นไปตามมาตรฐาน สามารถอ้างอิงได้ เป็นที่ยอมรับ มีความถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็ว โดยห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยได้ทดสอบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC (2012) (METHOD OF FERTILIZER ANALYSIS) มีการประเมินความถูกต้อง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of Detection) ทดสอบโดยใช้ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ของยูเรีย (ปุ๋ยสูตร 46-0-0) และแคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรท (ปุ๋ยสูตร 26-0-0) ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ ผลการทดสอบประเมินความถูกต้องจาก 3 วิธี คือ 1. หาค่า Recovery ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ ได้เท่ากับ 100.01%, 99.87% และ 100.05% ตามลำดับ 2. หาค่าความแตกต่างของค่าที่วิเคราะห์ได้กับค่าจริงของ CRM โดยใช้ t-test ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ ได้เท่ากับ 0.20, 1.17 และ 0.23 ตามลำดับ และ 3. ประเมินช่วงความเชื่อมั่นเท่ากับ $46.55 \pm 0.06\% \text{TN}$, $25.99 \pm 0.06\% \text{TN}$ และ $1.00 \pm 0.01\% \text{TN}$ ตามลำดับ ประเมินความแม่นยำโดยใช้สมการ Horwitz's Ratio ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.48, 0.54 และ 0.33 ตามลำดับ การหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (LOD) เท่ากับ 0.2 % TN และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (LOQ) เท่ากับ 0.5% TN ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล

Abstract

The method validation is verified the accuracy and precision in analytical method to ensure that reliable results. Fertilizer analysis laboratory had validation of analytical methods for the determination of total nitrogen in chemical fertilizers. Which was in-house Method based on AOAC (2012) (METHOD OF FERTILIZER ANALYSIS) have evaluated the accuracy, precision and limit of detection (LOD) test by using certified reference material (CRM) of urea (fertilizer 46-0-0) and calcium ammonium nitrate (fertilizer 26-0-0) at high, medium and low concentrations. Assessment of the accuracy by 3 ways: 1. % Recovery at high, medium and low concentrations equal to 100.01%, 99.87% and 100.05%, respectively 2. Find the differences of the analysis is the certificated value of CRM using t-test at high, medium and low concentrations equal to 0.20, 1.17 and 0.23, respectively, and 3. Assess the reliability equal to $46.55 \pm 0.06\%$ TN, $25.99 \pm 0.06\%$ TN and $1.00 \pm 0.01\%$ TN, respectively. Assess precision by using the equation Horwitz's Ratio was the HORRAT of 0.48, 0.54 and 0.33, respectively, for the Limit of Detection (LOD) equal to 0.2% TN and This value Limit of Quantization (LOQ) equal to 0.5% TN, through acceptance of international standards.

คำนำ

การบังคับใช้กฎหมายตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ภาระกิจการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดจึงมีความสำคัญยิ่ง ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 ได้ดำเนินการจัดทำการประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการ โดยมีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ทดสอบ ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการของการจัดทำการประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการ เป็นการยืนยันโดยการทดสอบและมีหลักฐานแสดงว่าวิธีวิเคราะห์มีความถูกต้องเหมาะสม วิธีวิเคราะห์ทดสอบที่ถูกต้องทำให้ผลการวิเคราะห์ทดสอบมีความน่าเชื่อถือ และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เป็นวิธีการที่นักวิชาการรุ่นก่อนๆ ได้ดัดแปลงมาจากวิธีวิเคราะห์ของ METHOD OF FERTILIZER ANALYSIS AOAC Official Methods of Analysis (2012) (AOAC, 2012: TOTAL NITROGEN 955.04) เพื่อให้มั่นใจว่าวิธีวิเคราะห์ที่ใช้มีความถูกต้องแม่นยำ และเหมาะสมกับสภาพการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นต้องตรวจพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์โดยมีขั้นตอนการทดสอบความถูกต้อง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of Detection) ในการประเมินความถูกต้อง มีเกณฑ์กำหนดค่า %Recovery ช่วงความเข้มข้นของสารวิเคราะห์ 10% -100% อยู่ที่ 98-102 %Recovery และทดสอบนัยสำคัญโดยใช้สถิติทดสอบ t (t-test) ค่า t จากการทดสอบน้อยกว่า ค่า t จากตาราง แสดงว่าผลการทดสอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ การประเมินความแม่นยำ จาก Horwitz equation โดยใช้ Horwitz's Ratio ได้ค่า HORRAT เกณฑ์การยอมรับโดยทั่วไป 0.5 -2 ตาม AOAC 2000 (อุมาพร,2553)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพิสูจน์ความใช้ได้ของวิธีตรวจวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ก่อนที่จะนำไปใช้ในงานบริการตรวจวิเคราะห์เพื่อการขึ้นทะเบียนและควบคุมคุณภาพปุ๋ยตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550
2. เพื่อพัฒนา และเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่7 ให้ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025:2005

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องย่อยไนโตรเจน Gerhardt
4. เครื่องกลั่นไนโตรเจน Gerhardt
5. ตู้อุณหภูมิ
6. ตู้อบลมร้อน
7. Burette Class A ขนาด 50 มิลลิลิตร
8. Kjeldahl tube ขนาด 250 มิลลิลิตร
9. Erlenmeyer Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
10. Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร และ 2,000 มิลลิลิตร

11. ปีกเกอร์ขนาด 50, 100, 1,000 และ 2,000 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. Boric acid (H_3BO_3), AR grade
2. Kjeldahl tablets, AR grade
3. Alcohol $\geq 90\%$, AR grade
4. Hydrochloric acid (HCl) 1 N, AR grade
5. Methylene blue ($C_{16}H_{18}ClN_3S$), Indicator grade หรือ AR grade
6. Methyl red ($C_{15}H_{15}N_3O_2$), Indicator grade หรือ AR grade
7. Sodium hydroxide (NaOH), Commercial grade หรือสูงกว่า
8. Salicylic acid [$(C_6H_4)(OH)COOH$], AR grade
9. Sulfuric acid conc. 93% (H_2SO_4), AR grade
10. Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$), AR grade
11. Ammonium Sulfate [$(NH_4)_2SO_4$], AR grade สำหรับหา % Recovery
12. Sodium Carbonate (Na_2CO_3), AR grade
13. วัสดุอ้างอิงรับรอง Urea [$CO(NH_2)_2$] BCR No. 179
14. วัสดุอ้างอิงรับรอง Calcium ammonium nitrate [$5Ca(NO_3)_2 \cdot NH_4NO_3 \cdot 10H_2O$] BCR No. 178
15. วัสดุอ้างอิงรับรอง Sodium Carbonate (Na_2CO_3), SRM 351a
16. Sample Blank (ใช้ปุ๋ยสูตร 0-0-60)

วิธีการทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์

1. การศึกษาหาค่า Limit of Detection (LOD) และ Limit of Quantization (LOQ)

ชั่ง Sample Blank น้ำหนัก 0.1xxx กรัม วิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี (TS-5.4-03) โดยวิเคราะห์ 10 ซ้ำ บันทึกผล คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ (\bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) LOD ($\bar{X} + 3SD$) และ LOQ ($\bar{X} + 10SD$)

2. การศึกษาหาค่า ความถูกต้อง (Accuracy) และ ความแม่นยำ Precision ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ที่ระดับความเข้มข้นสูง กลาง ต่ำ

ชั่งตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (CRM) ที่ระดับความเข้มข้นสูง โดยใช้ CRM Urea น้ำหนัก 0.1xxx กรัม ที่ระดับความเข้มข้นกลางใช้ CRM Calcium ammonium nitrate น้ำหนัก 0.2xxx กรัม และตัวอย่างที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 1.0% N น้ำหนัก 1.xxxx กรัม พร้อมทำ Reagent Blank วิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี (TS-5.4-03) โดยวิเคราะห์ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ภายในวันเดียวกันและวันละซ้ำ 10 วัน บันทึกผล และคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ (\bar{X}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ % RSD เปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่า

รับรอง หาค่าความถูกต้อง (Accuracy) และความแม่นยำ (Precision) ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ประเมินผลและบันทึก ผ่าน/ไม่ผ่านเกณฑ์

ชั่ง Sample Blank น้ำหนัก 0.1xxx กรัม และเติมตัวอย่างอ้างอิงรับรองแต่ละความเข้มข้น โดยชั่งตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (CRM) ที่ระดับความเข้มข้นสูง ใช้ CRM Urea น้ำหนัก 0.1xxx กรัม ที่ระดับความเข้มข้นกลางใช้ CRM Calcium ammonium nitrate น้ำหนัก 0.2xxx กรัม และตัวอย่างที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 1.0% N น้ำหนัก 1.xxxx กรัม เติมลงไป พร้อมกับทำ Reagent Blank วิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี (TS-5.4-03) โดยวิเคราะห์ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ภายในวันเดียวกันและวันละซ้ำ 10 วันบันทึกผลและคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้ (\bar{X}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ % RSD เปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM หาค่าความถูกต้อง (Accuracy) และความแม่นยำ (Precision) ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ประเมินผลและบันทึก ผ่าน/ไม่ผ่านเกณฑ์

การคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี

$$\%TN = \frac{N(HCl) \times (\text{ปริมาตร HCl ของตัวอย่าง (ml)} - \text{ปริมาตร HCl ของ Reagent Blank (ml)}) \times 1.40067 \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (g)} \times 1,000}$$

$$\text{Atomic Weight ของไนโตรเจน} = 14.0067$$

$$1,000 = \text{Conversion factor จาก [ลิตร] เป็น [มิลลิลิตร]}$$

$$100 = \text{Conversion factor เป็น [เปอร์เซ็นต์]}$$

ความถูกต้อง (Accuracy)

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้} / \text{ค่าจริงจากใบรับรอง}}{\text{เกณฑ์การยอมรับ}} \times 100$$

เกณฑ์การยอมรับ 98 - 102 % Recovery

ประเมินความแตกต่างโดยใช้ t-test

$$t_{\text{exp}} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้} - \text{ค่าจริงจากใบรับรอง}}{(SD/\sqrt{n})}$$

เกณฑ์การยอมรับ $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ ที่ $df = n - 1$ ระดับความเชื่อมั่น 95%

$$\text{ประเมินช่วงความเชื่อมั่น} = \text{ค่าเฉลี่ย} \pm [t_{\text{crit}} \times (SD/\sqrt{n})]$$

ความแม่นยำ (Precision)

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

$$C = \text{Concentration ratio} = \% \text{ ความเข้มข้น} / 100$$

$$\text{HORRAT} = \% \text{ RSD} / \text{Predicted Horwitz RSD}$$

$$\text{เกณฑ์การประเมิน HORRAT} \leq 2$$

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลา 1 ตุลาคม 2555 - 30 กันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาหาค่า Limit of Detection (LOD) และ Limit of Quantization (LOQ)

การหาค่า LOD และ LOQ ของการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี โดยวิเคราะห์ sample blank จำนวน 10 ซ้ำ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีจากการวิเคราะห์ Sample Blank จำนวน 10 ซ้ำ

ซ้ำที่	น้ำหนัก	0.2 N HCl (ml)	TN(%)
1	0.1034	0.05	0.1
2	0.1050	0.05	0.1
3	0.1072	0.05	0.1
4	0.1016	0.05	0.1
5	0.1068	0.05	0.1
6	0.1038	0.05	0.1
7	0.1081	0.10	0.3
8	0.1000	0.05	0.1
9	0.1060	0.05	0.1
10	0.1048	0.05	0.1
ค่าเฉลี่ย (X)	0.105	0.06	0.1
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD)	0.003	0.02	0.04

คำนวณหาค่า LOD และ LOQ

$$\text{LOD} = X + 3\text{SD} = 0.1 + 3(0.04) = 0.22$$

$$\text{LOQ} = X + 10\text{SD} = 0.1 + 10(0.04) = 0.50$$

การหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (LOD) เท่ากับ 0.2 % TN และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (LOQ) เท่ากับ 0.5% TN ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล และได้ทดสอบเพื่อยืนยันค่าปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (LOQ) โดยวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง CRM ยูเรียเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 0.5 %TN วิเคราะห์ 10 ซ้ำวันเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง CRM ยูเรียเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 0.5 %TN เพื่อยืนยันค่า LOQ วิเคราะห์ 10 ซ้ำวันเดียวกัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก (g)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	1.0158	1.8	0.4971
2	1.0083	1.8	0.5008
3	1.0215	1.8	0.4944
4	1.2129	2.2	0.5089
5	1.1834	2.1	0.4979
6	1.1629	2.1	0.5066
7	1.1604	2.1	0.5077
8	1.0287	1.8	0.4909
9	1.1591	2.1	0.5083
10	1.2215	2.2	0.5053
ค่าเฉลี่ย	1.1175	2.0	0.5018
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0877	0.2	0.0065
% RSD			1.29

คำนวณค่า Accuracy จากตารางที่ 2

ค่ารับรองของ CRM เท่ากับ 0.5000%TN

ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ 0.5018%TN วิเคราะห์ 10 ซ้ำ

$$\% \text{ Recovery} = (0.5018/0.5000) \times 100 = 100.36 \%$$

เกณฑ์การยอมรับ = 98 - 102% แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ประเมินความแตกต่างโดยใช้ t-test

$$t_{\text{exp}} = (0.5000 - 0.5018) / (0.0065 / \sqrt{10}) = 0.88$$

$$df = 10 - 1 = 9 \quad t_{\text{crit}} \text{ ที่ } df = 9 \text{ ความเชื่อมั่น } 95 \% \text{ เท่ากับ } 2.262$$

เกณฑ์การยอมรับ $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

$$\text{ช่วงความเชื่อมั่น} = 0.50 \pm [2.262 \times (0.0065 / \sqrt{10})] = 0.50 \pm 0.01\% \text{TN}$$

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาหาค่า ความถูกต้อง (Accuracy) และ ความแม่นยำ Precision ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ที่ระดับความเข้มข้นสูง กลาง ต่ำ

การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างอ้างอิงรับรองยูเรีย (สูตร 46-0-0) ระดับความเข้มข้นสูง

ตรวจพิสูจน์ความถูกต้องวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยใช้อยู่ในปัจจุบัน (ดัดแปลงจาก AOAC, 2012: TOTAL NITROGEN 955.04) วิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (CRM) ของยูเรีย ผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 3 - 6

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง CRM ยูเรีย วิเคราะห์ 10 ซ้ำวันเดียวกัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก (g)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	0.1027	16.9	46.56
2	0.1026	16.9	46.60
3	0.1006	16.6	46.55
4	0.1024	16.9	46.58
5	0.1027	16.9	46.56
6	0.1014	16.6	46.34
7	0.1026	16.9	46.47
8	0.1012	16.7	46.57
9	0.1030	17.0	46.58
10	0.1007	16.6	46.64
ค่าเฉลี่ย	0.1020	16.78	46.55
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0009	0.155	0.08
% RSD	-	-	0.18

คำนวณค่า Accuracy จากตารางที่ 3

ค่ารับรองของ CRM เท่ากับ $46.54 \pm 0.08\% \text{TN}$

ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ $46.55\% \text{TN}$ วิเคราะห์ 10 ซ้ำ

$$\% \text{ Recovery} = (46.55/46.54) \times 100 = 100.01 \%$$

เกณฑ์การยอมรับ = 98 - 102% แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ประเมินความแตกต่างโดยใช้ t-test

$$t_{\text{exp}} = (46.54-46.55)/(0.08/\sqrt{10}) = 0.20$$

$$df = 10 - 1 = 9 \quad t_{\text{crit}} \text{ ที่ } df = 9 \text{ ความเชื่อมั่น } 95 \% \text{ เท่ากับ } 2.262$$

เกณฑ์การยอมรับ $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

$$\text{ช่วงความเชื่อมั่น} = 46.55 \pm [2.262 \times (0.08/\sqrt{10})] = 46.55 \pm 0.06\% \text{TN}$$

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดใน sample blank ที่เติม CRM ยูเรีย วิเคราะห์ 10 ซ้ำวันเดียวกัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก sample blank	น้ำหนัก CRM (กรัม)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	0.1024	0.1067	17.2	45.83
2	0.1092	0.1003	16.4	46.49
3	0.1050	0.1098	18.0	46.61
4	0.1075	0.1031	16.9	46.61
5	0.1084	0.1055	17.4	46.90
6	0.1094	0.1082	17.9	47.04
7	0.1066	0.1037	16.8	46.06
8	0.1045	0.1037	17.1	46.89
9	0.1073	0.1041	17.2	46.98
10	0.1081	0.1077	17.7	46.73
	ค่าเฉลี่ย	0.1053	17.26	46.61
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0028	0.50	0.40
	%RSD	-	-	0.85

คำนวณค่า Accuracy จากตารางที่ 4

ค่ารับรองของ CRM เท่ากับ $46.54 \pm 0.08\% \text{TN}$

ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ $46.61\% \text{TN}$ วิเคราะห์ 10 ซ้ำ

$$\% \text{ Recovery} = (46.61/46.54) \times 100 = 100.16\%$$

เกณฑ์การยอมรับ = 98 - 102% แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ประเมินความแตกต่างโดยใช้ t-test

$$t_{\text{exp}} = (46.54-46.61)/(0.40/\sqrt{10}) = 0.59$$

df = 10 - 1 = 9 t_{crit} ที่ df = 9 ความเชื่อมั่น 95 % เท่ากับ 2.262

เกณฑ์การยอมรับ $t_{exp} < t_{crit}$ แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ช่วงความเชื่อมั่น = $46.61 \pm [2.262 \times (0.40/\sqrt{10})]$ = $46.61 \pm 0.28\%TN$

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง CRM ยูเรีย วิเคราะห์ 10 ซ้ำ 10 วัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก (g)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	0.1140	18.95	46.82
2	0.1014	16.65	46.46
3	0.1055	17.00	45.82
4	0.1121	17.60	46.62
5	0.1123	17.60	46.54
6	0.1099	17.40	46.64
7	0.1079	17.20	46.96
8	0.1004	16.75	46.81
9	0.1033	17.25	46.78
10	0.1019	16.75	46.25
ค่าเฉลี่ย	0.1069	17.32	46.57
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0050	0.67	0.33
% RSD			0.71

Precision หาค่า Intermediate Precision จากตารางที่ 5

$$\begin{aligned} \text{Predicted Horwitz RSD} &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log C)} \\ &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log 0.4657)} \\ &= 1.48 \end{aligned}$$

$$C = \text{concentration ratio} = 46.57/100 = 0.4657$$

$$\begin{aligned} \text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} &= \% \text{ RSD} / \text{Predicted Horwitz RSD} \\ &= 0.71/1.48 = 0.48 \end{aligned}$$

เกณฑ์การประเมิน Horrat < 2 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดใน sample blank ที่เติม CRM ยูเรีย วิเคราะห์ 10 ซ้ำ 10 วัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก sample blank	น้ำหนัก CRM (กรัม)	0.2 N HCl	TN (%)
1	0.1005	0.1220	20.25	46.52
2	0.1012	0.1010	16.60	46.50
3	0.1023	0.1165	18.30	46.64
4	0.1038	0.1130	17.80	46.77
5	0.1041	0.1080	17.10	46.64
6	0.1092	0.1020	16.00	46.21
7	0.1008	0.1006	16.85	46.99
8	0.1032	0.1014	16.95	46.90
9	0.1049	0.1059	17.35	46.10
10	0.1042	0.1049	16.85	45.90
ค่าเฉลี่ย	0.1034	0.1075	17.41	46.52
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0025	0.0074	1.18	0.35
%RSD				0.76

Precision หาค่า Intermediate Precision จากตารางที่ 6

$$\begin{aligned} \text{Predicted Horwitz RSD} &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log C)} \\ &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log 0.4652)} \\ &= 1.48 \end{aligned}$$

$$C = \text{concentration ratio} = 46.52/100 = 0.4652$$

$$\begin{aligned} \text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} &= \% \text{RSD} / \text{Predicted Horwitz RSD} \\ &= 0.76/1.48 = 0.51 \end{aligned}$$

เกณฑ์การประเมิน Horrat < 2 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างอ้างอิงรับรองแคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรท (สูตร 26-0-0) (ระดับความเข้มข้นกลาง)

ตรวจพิสูจน์ความถูกต้องวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยใช้อยู่ในปัจจุบัน (ดัดแปลงจาก AOAC, 2012: TOTAL NITROGEN 955.04) วิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (CRM) ของ แคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรท (สูตร 26-0-0) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 7-10

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง CRM แคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรท (สูตร 26-0-0) วิเคราะห์ 10 ซ้ำวันเดียวกัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก (g)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	0.2072	19.00	25.94
2	0.2059	18.90	25.97
3	0.2046	18.80	26.00
4	0.2062	19.10	26.21
5	0.2038	18.70	25.96
6	0.2044	18.80	26.02
7	0.2033	18.60	25.89
8	0.2017	18.50	25.95
9	0.2055	18.90	26.02
10	0.2010	18.40	25.90
ค่าเฉลี่ย	0.2044	18.77	25.99
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0020	0.221	0.09
% RSD			0.35

คำนวณค่า Accuracy จากตารางที่ 7

ค่ารับรองของ CRM เท่ากับ $26.02 \pm 0.05\%TN$

ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ $25.99\%TN$ วิเคราะห์ 10 ซ้ำ

$$\% \text{ Recovery} = (25.99/26.02) \times 100 = 99.87 \%$$

เกณฑ์การยอมรับ = 98 - 102% แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ประเมินความแตกต่างโดยใช้ t-test

$$t_{\text{exp}} = (26.02-25.99)/(0.09/\sqrt{10}) = 1.17$$

$$df = 10 - 1 = 9 \quad t_{crit} \text{ ที่ } df = 9 \text{ ความเชื่อมั่น } 95 \% \text{ เท่ากับ } 2.262$$

เกณฑ์การยอมรับ $t_{exp} < t_{crit}$ แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

$$\text{ช่วงความเชื่อมั่น} = 25.99 \pm [2.262 \times (0.09 / \sqrt{10})] = 25.99 \pm 0.06\%TN$$

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดใน sample blank ที่เติม CRM แคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรท

(สูตร 26-0-0) วิเคราะห์ 10 ซ้ำวันเดียวกัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก sample blank	น้ำหนัก CRM (กรัม)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	0.1083	0.2042	18.70	25.69
2	0.1065	0.2009	18.60	25.97
3	0.1045	0.2036	18.70	25.77
4	0.1062	0.2006	18.40	25.73
5	0.1069	0.2021	18.70	25.96
6	0.1035	0.2042	18.90	25.97
7	0.1044	0.2059	19.10	26.03
8	0.1012	0.2010	18.80	26.24
9	0.1011	0.2003	18.40	25.77
10	0.1038	0.2040	19.00	26.13
ค่าเฉลี่ย	0.1046	0.2027	18.73	25.93
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0024	0.0019	0.23	0.18
%RSD				0.70

คำนวณค่า Accuracy จากตารางที่ 8

ค่ารับรองของ CRM เท่ากับ $26.02 \pm 0.05\%TN$

ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ $25.93\%TN$ วิเคราะห์ 10 ซ้ำ

$$\% \text{ Recovery} = (25.93/26.02) \times 100 = 99.64\%$$

เกณฑ์การยอมรับ = 98 - 102% แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ประเมินความแตกต่างโดยใช้ t-test

$$t_{exp} = (26.02 - 25.93) / (0.18 / \sqrt{10}) = 1.63$$

$$df = 10 - 1 = 9 \quad t_{crit} \text{ ที่ } df = 9 \text{ ความเชื่อมั่น } 95 \% \text{ เท่ากับ } 2.262$$

เกณฑ์การยอมรับ $t_{exp} < t_{crit}$ แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

$$\text{ช่วงความเชื่อมั่น} = 25.93 \pm [2.262 \times (0.18/\sqrt{10})] = 25.93 \pm 0.13\%TN$$

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง CRM แคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรท (สูตร 26-0-0)

วิเคราะห์ 10 ซ้ำ 10 วัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก (g)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	0.2042	18.70	26.04
2	0.2183	19.20	26.12
3	0.2202	19.30	26.03
4	0.2060	18.20	26.02
5	0.2039	18.10	26.15
6	0.2040	18.65	25.70
7	0.2011	18.25	25.88
8	0.2052	18.45	25.69
9	0.2309	19.60	26.37
10	0.2180	19.95	25.67
ค่าเฉลี่ย	0.2112	18.84	25.97
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0099	0.638	0.23
% RSD			0.88

Precision หาค่า Intermediate Precision จากตารางที่ 9

$$\begin{aligned} \text{Predicted Horwitz RSD} &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log C)} \\ &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log 0.2597)} \\ &= 1.62 \end{aligned}$$

$$C = \text{concentration ratio} = 25.97/100 = 0.2597$$

$$\begin{aligned} \text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} &= \% \text{ RSD} / \text{Predicted Horwitz RSD} \\ &= 0.88/1.62 = 0.54 \end{aligned}$$

เกณฑ์การประเมิน Horrat < 2 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดใน sample blank ที่เติม CRM แคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรท (สูตร 26-0-0) วิเคราะห์ 10 ซ้ำ 10 วัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก sample blank	น้ำหนัก CRM (กรัม)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	0.1060	0.2138	19.50	25.93
2	0.1020	0.2115	18.50	25.97
3	0.1021	0.2214	19.40	26.02
4	0.1044	0.2049	18.00	25.88
5	0.1073	0.2281	19.20	26.15
6	0.1071	0.2131	19.40	25.97
7	0.1073	0.2281	19.00	25.88
8	0.1062	0.2086	19.30	26.02
9	0.1023	0.2394	22.10	25.89
10	0.1003	0.2334	21.40	25.71
ค่าเฉลี่ย	0.1045	0.2202	19.58	25.94
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0026	0.0116	1.25	0.12
%RSD				0.45

Precision หาค่า Intermediate Precision จากตารางที่ 10

$$\begin{aligned}
 \text{Predicted Horwitz RSD} &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log C)} \\
 &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log 0.2594)} \\
 &= 1.62
 \end{aligned}$$

$$C = \text{concentration ratio} = 25.94/100 = 0.2594$$

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

$$= 0.45 / 1.62 = 0.28$$

เกณฑ์การประเมิน Horrat < 2 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างอ้างอิงรับรอง ระดับความเข้มข้นต่ำ

ตรวจพิสูจน์ความถูกต้องวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยใช้อยู่ในปัจจุบัน (ดัดแปลงจาก AOAC, 2012: TOTAL NITROGEN 955.04) วิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (CRM) ของยูเรีย ระดับความเข้มข้นต่ำ 1.0 % TN ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 11 - 14

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง CRM ยูเรีย ระดับความเข้มข้นต่ำ 1.0 % TN วิเคราะห์ 10 ซ้ำวันเดียวกัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก (g)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	1.4654	5.2	1.0040
2	1.5648	5.6	1.0125
3	1.5126	5.4	1.0101
4	1.4166	5.0	0.9986
5	1.5799	5.6	1.0029
6	1.4413	5.1	1.0012
7	1.5719	5.5	0.9900
8	1.5946	5.6	0.9936
9	1.5081	5.4	1.0131
10	1.4455	5.1	0.9982
ค่าเฉลี่ย	1.5101	5.4	1.0024
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0654	0.23	0.0078
% RSD			0.78

คำนวณค่า Accuracy จากตารางที่ 11

ค่ารับรองของ CRM เท่ากับ 1.0019 %TN

ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ 1.0024%TN วิเคราะห์ 10 ซ้ำ

$$\% \text{ Recovery} = (1.0019/1.0024) \times 100 = 100.05\%$$

เกณฑ์การยอมรับ = 98 - 102% แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ประเมินความแตกต่างโดยใช้ t-test

$$t_{\text{exp}} = (1.0019-1.0024)/(0.0078/\sqrt{10}) = 0.23$$

$$df = 10 - 1 = 9 \quad t_{\text{crit}} \text{ ที่ } df = 9 \text{ ความเชื่อมั่น } 95\% \text{ เท่ากับ } 2.262$$

เกณฑ์การยอมรับ $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

$$\text{ช่วงความเชื่อมั่น} = 1.0024 \pm [2.262 \times (0.0078/\sqrt{10})] = 1.00 \pm 0.01\%TN$$

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดใน sample blank ที่เติม CRM ยูเรียระดับความเข้มข้นต่ำ 1.0 %TN วิเคราะห์ 10 ซ้ำวันเดียวกัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก sample blank	น้ำหนัก CRM (กรัม)	0.2 N HCl	TN (%)
1	0.1022	1.1582	4.1	0.9932
2	0.1012	1.2625	4.5	1.0000
3	0.1002	1.4553	5.2	1.0025
4	0.1023	1.4144	5.0	0.9918
5	0.1033	1.3377	4.8	1.0067
6	0.1026	1.2841	4.6	1.0050
7	0.1030	1.3697	4.9	1.0037
8	0.1006	1.3509	4.8	0.9969
9	0.1022	1.3432	4.8	1.0026
10	0.102	1.2593	4.5	1.0025
ค่าเฉลี่ย	0.1020	1.3235	4.72	1.0005
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0010	0.0855	0.31	0.0050
%RSD				0.50

คำนวณค่า Accuracy จากตารางที่ 12

ค่ารับรองของ CRM เท่ากับ 1.0003 %TN

ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ 1.0005%TN วิเคราะห์ 10 ซ้ำ

$$\% \text{ Recovery} = (1.0005/1.0003) \times 100 = 100.02 \%$$

เกณฑ์การยอมรับ = 98 - 102% แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ประเมินความแตกต่างโดยใช้ t-test

$$t_{\text{exp}} = (1.0003-1.0005)/(0.005/\sqrt{10}) = 0.11$$

$$df = 10 - 1 = 9 \quad t_{\text{crit}} \text{ ที่ } df = 9 \text{ ความเชื่อมั่น } 95 \% \text{ เท่ากับ } 2.262$$

เกณฑ์การยอมรับ $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

$$\text{ช่วงความเชื่อมั่น} = 1.00 \pm [2.262 \times (0.005/\sqrt{10})] = 1.00 \pm 0.01\% \text{ TN}$$

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง CRM ยูเรียระดับความเข้มข้นต่ำ 1 % TN วิเคราะห์ 10 ซ้ำ 10 วัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก (g)	0.2 N HCl (ml)	TN (%)
1	1.1489	4.10	1.0007
2	1.2018	4.00	0.9883
3	1.1693	4.00	1.0076
4	1.0454	3.60	1.0144
5	1.0546	3.75	1.0145
6	1.0318	3.70	1.0086
7	1.1349	4.10	1.0130
8	1.1182	3.80	1.0010
9	1.5000	5.10	1.0015
10	1.6271	5.50	0.9957
ค่าเฉลี่ย	1.2032	4.17	1.0045
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.2000	0.63	0.0086
% RSD			0.86

Precision หาค่า Intermediate Precision จากตารางที่ 13

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

$$= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log 0.100)}$$

$$= 2.64$$

$$C = \text{concentration ratio} = 1.0045/100 = 0.100$$

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

$$= 0.86 / 2.64 = 0.33$$

เกณฑ์การประเมิน Horrat < 2 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดใน sample blank ที่เติม CRM ยูเรียระดับความเข้มข้นต่ำ 1.0 % TN วิเคราะห์ 10 ซ้ำ 10 วัน

ซ้ำที่	น้ำหนัก sample blank	น้ำหนัก CRM (กรัม)	0.2 N HCl	TN (%)
1	0.1053	1.0858	3.60	0.9845
2	0.1059	1.1428	3.80	0.9874
3	0.1065	1.1725	4.00	1.0049
4	0.1060	1.0506	3.40	1.0054
5	0.1037	1.0105	3.60	1.0165
6	0.1040	1.0326	3.70	1.0078
7	0.1020	1.0145	3.40	0.9952
8	0.1015	1.0081	3.40	1.0015
9	0.1035	1.0027	3.40	0.9988
10	0.1073	1.0058	3.40	1.0038
ค่าเฉลี่ย	0.1046	1.0526	3.57	1.0006
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0019	0.0614	0.211	0.0096
%RSD				0.96

Precision ค่า Intermediate Precision จากตารางที่ 14

$$\begin{aligned}
 \text{Predicted Horwitz RSD} &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log C)} \\
 &= 0.66 \times 2^{(1 - 0.5 \log 0.01)} \\
 &= 2.64 \\
 C = \text{concentration ratio} &= 1.00/100 = 0.010 \\
 \text{HORRAT (Horwitz's Ratio)} &= \% \text{RSD} / \text{Predicted Horwitz RSD} \\
 &= 0.96 / 2.64 = 0.36 \\
 \text{เกณฑ์การประเมิน Horrat} &< 2 \quad \text{แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ}
 \end{aligned}$$

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 ทดสอบวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC (2012) มีการประเมินความถูกต้อง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of Detection) ทดสอบโดยใช้ตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ ผลการทดสอบประเมินความถูกต้องจาก 3 วิธี คือ 1. หาค่า Recovery ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ ได้เท่ากับ 100.01%, 99.87% และ 100.05% ตามลำดับ 2. หาค่าความแตกต่างของค่าที่วิเคราะห์ได้กับค่าจริงของ CRM โดยใช้ t-test ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ ได้เท่ากับ 0.20, 1.17 และ 0.23 ตามลำดับ และ 3. ประเมินช่วงความเชื่อมั่นเท่ากับ $46.55 \pm 0.06\% \text{TN}$, $25.99 \pm 0.06\% \text{TN}$ และ $1.00 \pm 0.01\% \text{TN}$ ตามลำดับ ประเมินความแม่นยำโดยใช้สมการ Horwitz's Ratio ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.48, 0.54 และ 0.33 ตามลำดับ การหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (LOD) เท่ากับ 0.2 % TN และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (LOQ) เท่ากับ 0.5% TN ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล

การนำไปใช้ประโยชน์

1. วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีที่ได้รับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แล้ว สามารถนำมาเป็นวิธีวิเคราะห์มาตรฐานของห้องปฏิบัติการ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จ. สุราษฎร์ธานี
2. เป็นการประกันคุณภาพของผลการวิเคราะห์ว่ามี ความถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้
3. นำข้อมูลหลักฐานการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ มาใช้ประกอบการประเมินระบบคุณภาพเพื่อขอการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี คุณอมรา หาญจวนฉนิช คุณวรรณรัตน์ ชุติบุตร คณะที่ปรึกษาจากกลุ่มวิจัยเกษตรเคมีทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาตลอดการดำเนินงาน และ

ขอขอบคุณคณะทำงานกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.7 ที่ร่วมแรงร่วมใจดำเนินงานจนประสบความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

AOAC OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. 2012. METHOD OF FERTILIZER ANALYSIS. Nitrogen (Total) in Fertilizers (Kjeldahl Method) 955.04

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี่ พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 66 หน้า

สุนันทา ชมพูนิช, วรรณรัตน์ ชูติบุตร และอมรา หาญจวนิช. 2549. รายงานเรื่องเต็มผลการทดลองเรื่อง การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทชที่ละลายน้ำได้ในปุ๋ย. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 9 หน้า

อุมาพร สุขม่วงและอารีย์ คชฤทธิ. 2553. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร ความใช้ได้ของวิธีทดสอบ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ. 33 หน้า