

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **ชุดโครงการวิจัย** วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามมาตรฐานสากล
2. **โครงการวิจัย** วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ ปุ๋ย พีช ดิน และน้ำ  
**กิจกรรม** พัฒนาเทคนิคระบบการตรวจวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย  
**กิจกรรมย่อย** -
3. **ชื่อการทดลอง** พัฒนาริธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซิเตรทในปุ๋ยเคมี  
Development and Validation Method of Citrate Insoluble Phosphorus in Chemical Fertilizer
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**  
**หัวหน้าการทดลอง** นางสาวศุภากร ดวนใหญ่ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร  
**ผู้ร่วมงาน** นางสาวจริยา วงศ์ตรี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร  
นางสาววรรณรัตน์ ชุตติบุตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

### 5. บทคัดย่อ

พัฒนาริธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซิเตรทในปุ๋ยเคมี ด้วยเทคนิคใช้ suction และเทคนิคไม่ใช้ suction เพื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซิเตรท (CIP) ในปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยเชิงผสมครบคลุมสูตรต่ำ กลาง และสูง จำนวน 36 ตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยของ  $CIP_2O_5$  ของทั้งสองเทคนิคไม่แตกต่างกัน ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีของสองเทคนิค พบว่า ช่วงความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วงความเข้มข้น 1-9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.9962 และ 0.9971 ช่วงการใช้งานความเข้มข้น 1-7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งช่วงการใช้งานไม่มีผลกระทบจากลักษณะเนื้อสาร (Matrix effect) ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (Limit of Detection; LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of Quantitation; LOQ) ของเทคนิคใช้ suction เท่ากับ 0.027% $CIP_2O_5$  และ 0.090% $CIP_2O_5$  ส่วนเทคนิคไม่ใช้ suction เท่ากับ 0.012% $CIP_2O_5$  และ 0.040% $CIP_2O_5$  จากการหาความเที่ยงของตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลางและสูง พบว่า เทคนิคใช้ suction ได้ค่า HorRat เท่ากับ 1.03, 0.56 และ 1.04 ตามลำดับ และเทคนิคไม่ใช้ suction ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.75, 0.49 และ 0.99 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล ดังนั้นการพัฒนาริธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซิเตรทในปุ๋ยเคมี สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งสองเทคนิค

## Abstract

The purpose this study was to development and validation method of citrate insoluble phosphorus ( $\text{CIP}_2\text{O}_5$ ) in chemical fertilizer. Analysis by use suction filtration and gravity filtration. Comparison techniques during suction filtration and gravity filtration in straight, compound and mixed fertilizer of 36 samples. This average amount of  $\text{CIP}_2\text{O}_5$  analysis of two technique was not different. The range was concentrations from 1-9 mg/kg with correlation coefficient (r) was 0.9962 and 0.9971. The linearity using concentrations from 1-7 mg/kg with correlation coefficient (r) was 1.0000 and 1.0000. Limit of detection was 0.027 % $\text{CIP}_2\text{O}_5$  and 0.012 % $\text{CIP}_2\text{O}_5$ . Limit of quantitation was 0.090% $\text{CIP}_2\text{O}_5$  and 0.040% $\text{CIP}_2\text{O}_5$ . Precision ,the suction filtration that HorRat value was 1.03, 0.56 and 1.04, respectively. The gravity filtration that HorRat value was 0.75, 0.49 and 0.99, respectively. From the result, validation method parameter are acceptable.

## 6. คำนำ

ปุ๋ยเคมีที่มีฟอสฟอรัสทุกชนิดระบุเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ Phosphorus pentoxide ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) รวมถึงในการรับประกันปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในปุ๋ยเคมีด้วย ซึ่งปุ๋ยฟอสฟอรัสมีรูปต่างๆ ได้แก่ ฟอสฟอรัสในรูป  $\text{P}_2\text{O}_5$  ที่ละลายน้ำ (Water soluble  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ฟอสฟอรัสที่ละลายในสารละลายซิเตรท (Citrate soluble  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายซิเตรท (Citrate insoluble  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ต่อพืช (Available  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) และฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี รายงานผลการทดสอบฟอสฟอรัส ในรูปฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ต่อพืช ซึ่งคำนวณจากปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหักด้วยปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายซิเตรท ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายซิเตรท ตามวิธีมาตรฐาน (Georage and Latimer, 2016) ในขั้นตอนการกรองมีการใช้ suction โดยใช้หลักการทำให้ความดันในขวดรองรับ ต่ำกว่าความดันเหนือกรวย ของเหลวจึงไหลผ่านกระดาษกรองได้เร็วยิ่งขึ้น การกรองแบบนี้ใช้ได้กับตะกอนที่มีลักษณะเป็นผลึก แต่ไม่เหมาะสมกับตะกอนที่มีลักษณะอนุภาคละเอียด เพราะแรงดูดจะทำให้ตะกอนเล็กๆ อุดรูกระดาษกรอง และอัดแน่นจนของเหลวไม่สามารถผ่านไปได้ ขณะที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยบางแห่ง วิเคราะห์ตามวิธีตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ราชกิจจานุเบกษา, 2559) ซึ่งขั้นตอนการกรองแบบไม่ใช้ suction เป็นการกรองแบบธรรมดา อาศัยหลักการที่ของเหลวไหลผ่านตัวกลางด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ระยะเวลาที่ใช้ในการกรองก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่างปุ๋ย ซึ่งการกรองแบบธรรมดาสามารถใช้ได้กับตัวอย่างปุ๋ยทุกลักษณะ จะเห็นได้ว่าการกรองทั้งสองเทคนิคมีทั้งข้อดี และข้อจำกัดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบการกรองทั้งสองเทคนิคในตัวอย่างปุ๋ยเคมี ผู้ทำการทดลองจึงสนใจศึกษาการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซิเตรทในปุ๋ยเคมี เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคใช้ suction และเทคนิคไม่ใช้ suction

## 7. วิธีดำเนินการ

### 7.1 อุปกรณ์

- ตัวอย่างปุ๋ยเคมี
- เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น XS 204
- UV-Vis Spectrophotometer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Lambda 45
- อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Shaking water bath) ยี่ห้อ Heto รุ่น SBD 50
- เตาระเหยไฟฟ้า ยี่ห้อ Thermolyne รุ่น RC 2200
- ชุดกรองแบบสุญญากาศ พร้อมอุปกรณ์ประกอบ (Suction pump)
- เครื่องแก้วปริมาตร Class A ได้แก่ Volumetric flask ขนาด 25, 100, 250, 500 และ 2000 มิลลิลิตร และ Pipette ขนาด 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, และ 10 มิลลิลิตร
- กระดาษกรองเบอร์ 1 และ 5
- เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติการทดสอบ

### สารเคมี

- Citric acid ( $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ ), AR grade
- Ammonium hydroxide 28-29% ( $NH_3OH$ ), AR grade
- Ammonium molybdate [ $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ], AR grade
- Ammonium metavanadate ( $NH_4VO_3$ ), AR grade
- Nitric acid 69-70% ( $HNO_3$ ), AR grade
- Perchloric acid 69-72% ( $HClO_4$ ), AR grade
- Potassium dihydrogen phosphate ( $KH_2PO_4$ ), AR grade
- Tricalcium phosphate ( $Ca_3(PO_4)_2$ ), AR grade

### 7.2 วิธีการ

#### 7.2.1 แผนการทดลอง -

#### 7.2.2 การเตรียมตัวอย่างปุ๋ยเคมี

บดนำตัวอย่างปุ๋ยเคมีบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ที่มีรูคัตขนาด 1.0 มิลลิเมตร เตรียมใส่ถุงพลาสติกซิปล็อคอากาศออกให้หมด และปิดถุงให้สนิท เขียนป้ายบ่งชี้ตัวอย่าง

#### 7.2.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่างปุ๋ยเคมี

7.2.3.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่างปุ๋ยเคมี สำหรับวิธีมาตรฐาน (เทคนิคใช้ suction) (George and Latimer, 2016)

- ชั่งตัวอย่างปุ๋ยเคมี จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 ด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

- นำตะกอนตัวอย่างปุ๋ยพร้อมทั้งกระดาษกรองเติมสารละลาย Ammonium citrate ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปตั้งในอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบแช่ที่ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

- กรองด้วยกระดาษเบอร์ 5 โดยล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (น้ำกลั่น) ให้ได้ปริมาตร 350 มิลลิลิตร โดยใช้ suction ปลอ่ยให้ตะกอนตัวอย่างปุ๋ยที่ค้างอยู่บนกระดาษกรองแห้ง

- นำกระดาษกรองพร้อมตะกอน เติมกรดผสม 20 มิลลิลิตร ( $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$  1:1 v/v) ไปย่อยบนเตาระเหยไฟฟ้า ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะใส ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30–40 นาที จากนั้นยกออกจากเตาระเหยไฟฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

- ถ่ายสารละลายตัวอย่างและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100, 250 หรือ 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แช่ให้เข้ากัน

7.2.3.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่างปุ๋ยเคมี สำหรับวิธีตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เทคนิคไม่ใช้ suction (ราชกิจจานุเบกษา, 2559)

- ชั่งตัวอย่างปุ๋ยเคมี จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

- นำตะกอนตัวอย่างปุ๋ยเติมสารละลาย Ammonium citrate ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปตั้งในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

- กรองด้วยกระดาษเบอร์ 5 โดยล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (น้ำกลั่น) ให้ได้ปริมาตร 350 มิลลิลิตร โดยใช้ suction ปลอ่ยให้ตะกอนตัวอย่างปุ๋ยที่ค้างอยู่บนกระดาษกรองแห้ง

- นำกระดาษกรองพร้อมตะกอนเติมกรดผสม 20 มิลลิลิตร ( $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$  1:1 v/v) ไปย่อยบนเตาระเหยไฟฟ้า ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะใส ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30–40 นาที จากนั้นยกออกจากเตาระเหยไฟฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

- ถ่ายสารละลายตัวอย่างและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100, 250 หรือ 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แช่ให้เข้ากัน

7.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซิเตรทในปุ๋ยเคมี

โดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมตริก โมลิบโดวานาเตต (George and Latimer, 2016)

7.2.3.1 การเตรียมสารละลาย Molybdovanadate reagent

- ชั่ง Ammonium molybdate จำนวน 40 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำร้อน (น้ำกลั่น) ปริมาณ 400 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

- ชั่ง Ammonium metavanadate ปริมาณ 2 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 1000 มิลลิลิตร เติมน้ำร้อน (น้ำกลั่น) ปริมาณ 300 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติม 69-72% HClO<sub>4</sub> ปริมาณ 450 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้เย็น

- ค่อยๆ รินผสมสารละลาย Ammonium molybdate ลงในสารละลาย Ammonium metavanadate ใน Volumetric flask ขนาด 2000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เขย่าให้เข้ากัน และถ่ายเก็บไว้ในขวดแก้วสีชา

#### 7.2.3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

- สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (Standard P) 1000 ppm ชั่ง KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 2.1968 กรัม ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน

- สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 ppm ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1000 ppm 10 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

- สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ppm (Working standard) ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 ppm 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

#### 7.2.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี

- นำ Working standard 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ppm เติม Molybdovanadate reagent ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันและทิ้งไว้ 30 นาที

- ปิเปตสารละลายตัวอย่างให้อยู่ในช่วง Working standard ลงใน Volumetric flask ขนาด 25, 100 หรือ 500 มิลลิลิตร แล้วเติม Molybdovanadate reagent ในอัตราส่วน 1 : 10 ของปริมาตร Volumetric flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันและทิ้งไว้ 30 นาที

- นำ Working standard ไปวัดความเข้มของสีด้วย UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นเป็น ppm ของสารกับค่า Absorbance (A) (Standard curve)

- นำสารละลายตัวอย่างปุ๋ยเคมี วัดด้วย UV-Vis Spectrophotometer หาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบกับ Standard curve และบันทึกผลการวิเคราะห์

การคำนวณ

$$\%P = \text{ppm P from standard curve} \times \text{dilution factor} \times 100$$

---

weight of sample(g) x 10<sup>6</sup>

$$\%P_2O_5 = \%P \times 2.2914$$

7.2.4 การเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมีของ 2 เทคนิค ด้วย Paired t-test

นำตัวอย่างปุ๋ยเคมีตัวอย่างเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเคมีเชิงประกอบ และปุ๋ยเคมีเชิงผสม ครอบคลุมสูตรต่ำ กลาง และสูง จำนวน 36 ตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างปุ๋ยเคมีมาวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรท โดยเทคนิคใช้ suction และเทคนิคไม่ใช้ suction

7.2.5 การตรวจสอบความใช้ได้ของเทคนิคใช้ suction และเทคนิคไม่ใช้ suction

7.2.5.1 การหาค่า Range ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี

1) เทคนิคใช้ suction

- ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่ไม่มีสารที่ต้องการศึกษา (Sample blank) ใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-0-6 จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 ด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

- นำตะกอนพร้อมกระดาษกรอง Spike standard P solution 9 ความเข้มข้นได้แก่ 1,2,3,4,5,6,7,8 และ 9 ppmP ความเข้มข้นละ 3 ซีซี นำไปย่อยบนเตาระเหยไฟฟ้าย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะใส จากนั้นยกออกจากเตาระเหยไฟฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

- ถ่ายสารละลายตัวอย่าง และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใสใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน

- กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

- เปิด sample blank ที่ spike standard P แล้วลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยทดสอบที่ความเข้มข้น 1,2,3,4,5,6,7,8 และ 9 ppmP

- นำไปวิเคราะห์ด้วย UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

- Plot กราฟระหว่างความเข้มข้นของ sample blank ที่ spike standard (แกน x) กับ Absorbance (แกน y)

- คำนวณหา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r)

เกณฑ์ยอมรับ :  $r \geq 0.995$  (Eugene *et al*, 2012 )

2) เทคนิคไม่ใช้ suction

- ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่ไม่มีสารที่ต้องการศึกษา (Sample blank) ใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-0-6 จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

- Spike standard P solution 9 ความเข้มข้น ได้แก่ 1,2,3,4,5,6,7,8 และ 9 ppmP ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ นำไปย่อยบนเตาระเหยไฟฟ้า ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะใส จากนั้นยกออกจากเตาระเหยไฟฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- ถ่ายสารละลายตัวอย่าง และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใสใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน
- กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1
- ปิเปต sample blank ที่ spike standard P แล้วลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยทดสอบที่ความเข้มข้น 1,2,3,4,5,6,7,8 และ 9 ppmP
- นำไปวิเคราะห์ด้วย UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร
- Plot กราฟระหว่างความเข้มข้นของ sample blank ที่ spike standard (แกน x) กับ Absorbance (แกน y)
- คำนวณหา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r)  
เกณฑ์ยอมรับ :  $r \geq 0.995$  (Eugene *et al*, 2012 )

7.2.5.2 การหาค่า Linearity ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี

1) เทคนิคใช้ suction

- ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่ไม่มีสารที่ต้องการศึกษา (Sample blank) ใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-0-6 จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 ด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- นำตะกอนพร้อมกระดาษกรอง Spike standard P solution 7 ความเข้มข้น ได้แก่ 1,2,3,4,5,6 และ 7 ppmP ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ นำไปย่อยบนเตาระเหยไฟฟ้า ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะใส จากนั้นยกออกจากเตาระเหยไฟฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- ถ่ายสารละลายตัวอย่าง และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใสใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้า
- กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1
- ปิเปต sample blank ที่ spike standard P แล้วลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยทดสอบที่ความเข้มข้น 1,2,3,4,5,6 และ 7 ppmP
- นำไปวิเคราะห์ด้วย UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร
- Plot กราฟระหว่างความเข้มข้นของ sample blank ที่ spike standard (แกน x) กับ Absorbance (แกน y)
- คำนวณหา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r)

เกณฑ์ยอมรับ :  $r \geq 0.995$

## 2) เทคนิคไม่ใช้ suction

- ชั่งตัวอย่างปุยที่ไม่มีสารที่ต้องการศึกษา (Sample blank) ใช้ปุยปุ๋ยเคมี สูตร 15-0-6 จำนวน 1.xxxx กรัม ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
- Spike standard P solution 7 ความเข้มข้น ได้แก่ 1,2,3,4,5,6 และ 7 ppmP ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ นำไปย่อยบนเตาระเหยไฟฟ้า ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้น เหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะใส จากนั้นยกลงจากเตาระเหยไฟฟ้า ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- ถ่ายสารละลายตัวอย่าง และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นใสใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้า
- กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1
- ปิด sample blank ที่ spike standard P แล้วลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยทดสอบที่ความเข้มข้น 1,2,3,4,5,6 และ 7 ppmP
- นำไปวิเคราะห์ด้วย UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร
- Plot กราฟระหว่างความเข้มข้นของ sample blank ที่ spike standard (แกน x) กับ Absorbance (แกน y)
- คำนวณหา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r)

เกณฑ์ยอมรับ :  $r \geq 0.995$

### 7.2.6 ทดสอบผลของ matrix effect โดยเปรียบเทียบความชันของกราฟมาตรฐานระหว่าง

Standard P กับ Spiked Standard P ลงใน sample blank เกณฑ์การยอมรับความชันแตกต่างกันไม่เกิน 10% (NATA Technical Note 17, 2018)

### 7.2.7 การหาค่า Limit of Detection (LOD) ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี

- วิเคราะห์ Sample blank 10 ซ้ำ ชั่งปุ๋ยเคมี สูตร 15-0-6 จำนวน 1.xxxx กรัม ทดสอบตามวิธีมาตรฐานและวิธีตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- คำนวณหา %CIP, ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ Sample blank
- คำนวณค่า LOD , LOQ (Eurachem, 2014)

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad \text{LOD} &= 3S_0' \\ \text{LOQ} &= 10S_0' \\ S_0' &= \frac{S_0}{\sqrt{n}} \end{aligned}$$

### 7.2.8 การหาค่า Precision ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลาย



- แอมโมเนียมซัลเฟตในปุ๋ยเคมีที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง
- ชั่งตัวอย่างปุ๋ยเคมี ที่มีปริมาณความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 10 ช้ำ
- ดำเนินการเตรียมสารละลายตัวอย่าง และวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างตามวิธีมาตรฐานและวิธีตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- บันทึกข้อมูล และคำนวณผล
- การประเมินค่า Precision ในเกณฑ์การประเมิน : ใช้ HorRat (George and Latimer, 2016)

$$\text{HorRat (r)} = \frac{\text{RSD}(r)}{\text{PRSD}(R)}$$

เกณฑ์ยอมรับ HorRat (r)  $\leq$  1.3

RSD(r) และ PRSD(R) คำนวณจากสูตรดังนี้

$$\begin{aligned} \text{RSD}(r) &= \frac{\text{SD}}{\bar{x}} \times 100 \\ \text{PRSD}(R) &= 2C^{-0.15} \quad (C = \frac{\bar{x}}{100}) \end{aligned}$$

### 7.3 เวลาและสถานที่

เวลา	เริ่มต้นตุลาคม 2560 สิ้นสุดกันยายน 2561
สถานที่ทำการทดลอง	กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การศึกษาผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตในตัวอย่างปุ๋ยเคมี โดยเทคนิคใช้ suction และเทคนิคไม่ใช้ suction ครอบคลุมสูตร ต่ำ กลาง สูง

จากตัวอย่างปุ๋ยเคมี จำนวน 36 ตัวอย่าง (ตารางที่ 1) พบว่า ค่าเฉลี่ยของ CIP ของเทคนิคไม่ใช้ suction มีมากกว่าเทคนิคใช้ suction จำนวน 22 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของ CIP ของเทคนิคใช้ suction มีมากกว่าเทคนิคไม่ใช้ suction จำนวน 22 ตัวอย่าง และมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน จำนวน 6 ตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตของทั้งสองเทคนิค มาทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนและใช้สถิติ Paired t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เทคนิคทั้งสองวิธี มีค่า  $t_{exp} < t_{crit}$  แสดงว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตในตัวอย่างปุ๋ยเคมี ที่ความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง ของทั้งสองเทคนิคไม่แตกต่างกัน



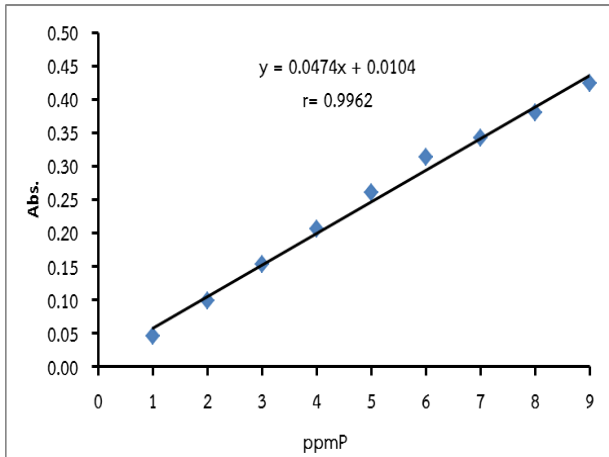
ตารางที่ 1 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตในตัวอย่งปุ๋ยเคมี ครอบคลุมความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 12 ตัวอย่าง

ลำดับที่	ความเข้มข้นต่ำ			ความเข้มข้นกลาง			ความเข้มข้นสูง		
	สูตร	%CIP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		สูตร	%CIP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		สูตร	%CIP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		เทคนิคใช้ suction	เทคนิคไม่ใช่ suction		เทคนิคใช้ suction	เทคนิคไม่ใช่ suction		เทคนิคใช้ suction	เทคนิคไม่ใช่ suction
1	0-3-0	26.43	25.25	8-24-24	0.08	0.04	3-40-40	0.01	0.05
2	12-3-6	0.00	0.01	8-26-26	0.01	0.12	9-57-8	0.02	0.03
3	3-9-9	0.03	0.03	30-18-10	0.00	0.03	0-35-40	0.01	0.03
4	18-8-8	0.26	0.27	21-21-21	0.00	0.03	8-48-16	0.03	0.05
5	5-10-40	0.00	0.01	9-18-17	0.00	0.00	10-52-10	0.03	0.05
6	15-5-20	0.01	0.03	16-16-16	0.08	0.09	0-40-54	0.02	0.05
7	15-5-30	0.00	0.01	13-13-21	0.04	0.01	8-50-15	0.03	0.05
8	12-3-42	0.00	0.00	20-20-20	0.00	0.03	4-41-27	0.03	0.04
9	16-3-8	0.05	0.01	18-18-18	0.00	0.02	16-45-0	0.26	0.18
10	8-4-0	3.55	3.12	9-16-36	0.00	0.01	10-52-17	0.04	0.04
11	10-3-0	0.07	0.06	15-15-15	0.00	0.00	6-32-32	0.04	0.02
12	9-3-27	0.00	0.01	19-19-19	0.00	0.02	0-45-0	0.23	0.23

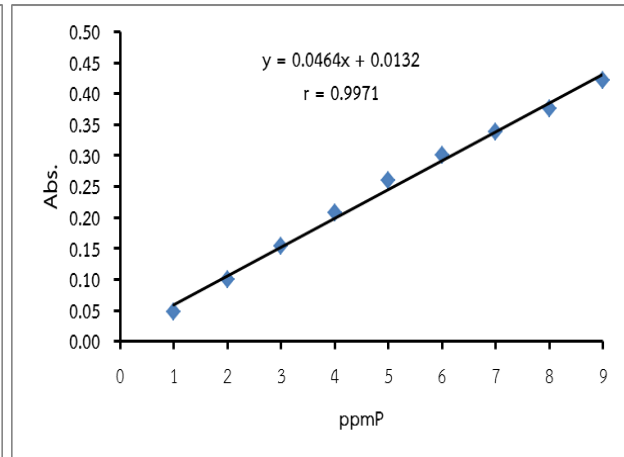
## 8.2 การตรวจสอบความใช้ได้ของเทคนิคใช้ suction และเทคนิคไม่ใช้ suction

8.2.1 การหาค่า Range ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียม ซิเตรทในปุ๋ยเคมี

ผลการวัดสารละลายมาตรฐานที่เตรียม 9 ความเข้มข้น คือ 1,2,3,4,5,6,7,8 และ 9 ppmP ของเทคนิคใช้ suction ได้ค่า Correlation Coefficient (r) เท่ากับ 0.9962 (ภาพที่ 1ก) และเทคนิคไม่ใช้ suction ได้ค่า Correlation Coefficient (r) เท่ากับ 0.9971 (ภาพที่ 1ข)



ภาพที่ 1ก เทคนิคใช้ suction

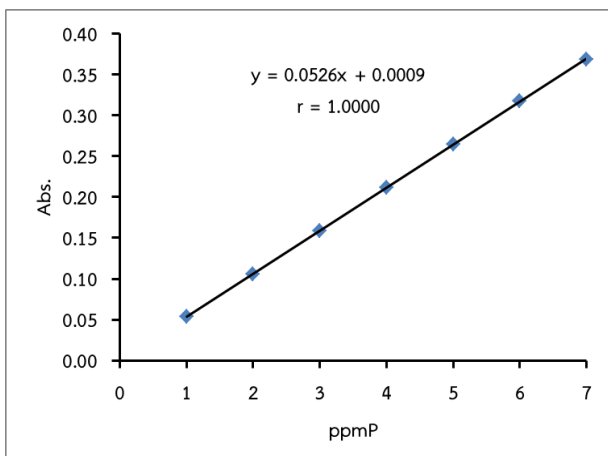
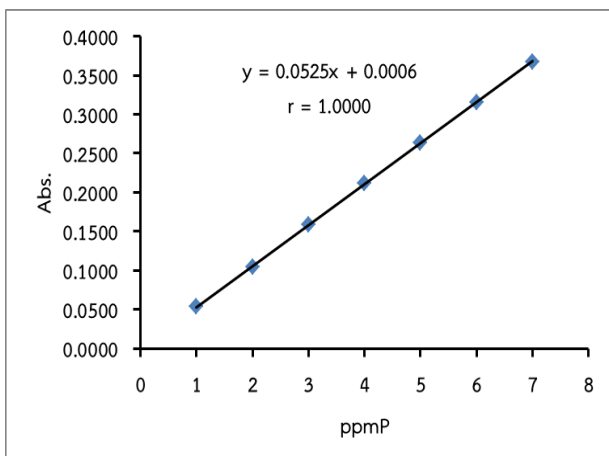


ภาพที่ 1ข เทคนิคไม่ใช้ suction

ภาพที่ 1 การหาช่วงความเป็นเส้นตรง (Range) ของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียม ซิเตรทในปุ๋ยเคมี ทั้งสองเทคนิค

8.2.2 การหาค่า Linearity ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียม ซิเตรทในปุ๋ยเคมี

เลือกช่วงความเข้มข้น 1-7 ppmP เป็นช่วงการใช้งานมาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยเทคนิค ใช้ suction ได้ค่า Correlation Coefficient (r) เท่ากับ 1.0000 (ภาพที่ 2ก) และเทคนิคไม่ใช้ suction ได้ค่า Correlation Coefficient (r) เท่ากับ 1.0000 (ภาพที่ 2ข)



ภาพที่ 2ก เทคนิคใช้ suction

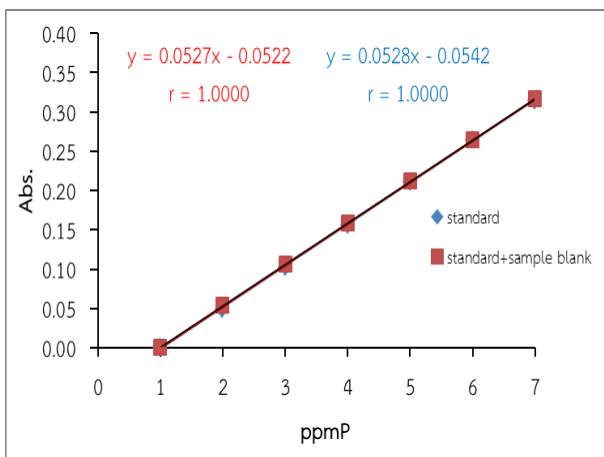
ภาพที่ 2ข เทคนิคไม่ใช้ suction

ภาพที่ 2 การหา Linearity ของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี ทั้งสองเทคนิค

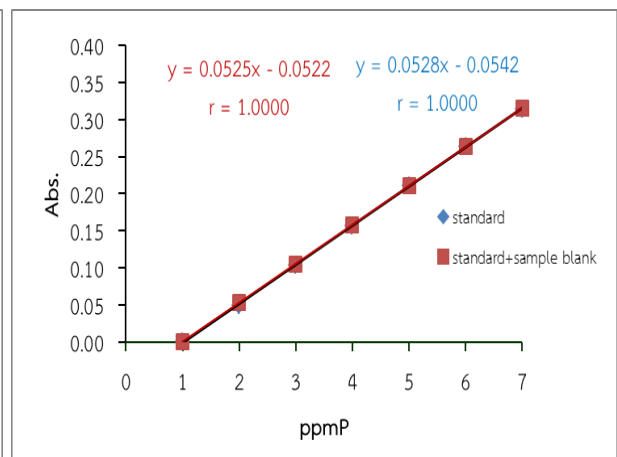
8.2.3 ทดสอบผลของ matrix effect โดยเปรียบเทียบความชันของกราฟมาตรฐานระหว่าง

Standard P กับ Spiked Standard P ลงใน sample blank

ผลการเปรียบเทียบความชันของกราฟมาตรฐานระหว่าง Standard P กับ Spiked Standard P ลงใน sample blank ที่ความเข้มข้น 7 ระดับ พบว่า ความชันของกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0528 และความชันของกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัสที่เติม sample blank โดยเทคนิคใช้ suction เท่ากับ 0.0527 (ภาพที่ 3ก) ซึ่งมีความแตกต่างกัน 0.19% และความชันของกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัสที่เติม sample blank โดยเทคนิคไม่ใช้ suction เท่ากับ 0.0525 (ภาพที่ 3ข) ซึ่งมีความแตกต่างกัน 0.57% แสดงว่ากราฟทั้งสองมีความชันต่างกันไม่เกินเกณฑ์ยอมรับที่ 10% ดังนั้นกราฟมาตรฐานในช่วง 1-7 ppmP จึงไม่มีผลกระทบจากลักษณะเนื้อสาร



ภาพที่ 3ก เทคนิคใช้ suction



ภาพที่ 3ข เทคนิคไม่ใช้ suction

ภาพที่ 3 การทดสอบทดสอบผลของ matrix effect ของกราฟมาตรฐานระหว่าง Standard P กับ Spiked Standard P ลงใน sample blank ทั้งสองเทคนิค

8.2.4 การหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (Limit of Detection; LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of Quantitation; LOQ) ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยเคมี Sample blank (สูตร 15-0-6) จำนวน 10 ซ้ำ คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ตารางที่ 2) จากการทดลอง พบว่าเทคนิคใช้ suction ได้ค่า SD = 0.009

$$SD = S_0' = \frac{S_0}{\sqrt{n}} = \frac{0.009}{\sqrt{1}} = 0.009$$

$$LOD = 3S_0' = 3 \times 0.009 = 0.027\% \text{CIP}_2\text{O}_5$$

$$LOQ = 10S_0' = 10 \times 0.009 = 0.090\% \text{CIP}_2\text{O}_5$$

เทคนิคไม่ใช้ suction ได้ค่า SD = 0.004

$$SD = S_0' = \frac{S_0}{\sqrt{n}} = \frac{0.009}{\sqrt{1}} = 0.004$$

$$LOD = 3S_0' = 3 \times 0.004 = 0.012\% \text{CIP}_2\text{O}_5$$

$$LOQ = 10S_0' = 10 \times 0.004 = 0.040\% \text{CIP}_2\text{O}_5$$

8.2.5 การหาค่า Precision ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตในปุ๋ยเคมีที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยที่ระดับความเข้มข้นต่ำ สูตร 12-12-17 ที่ระดับความเข้มข้นกลางและสูง สูตร 0-3-0 (ตารางที่ 3) เพื่อนำมาหาค่า Precision ประเมินความเที่ยงโดยใช้สมการของ Horwitz's Ratio เทคนิคใช้ suction ได้ค่า HorRat เท่ากับ 1.03, 0.56 และ 1.04 ตามลำดับ และเทคนิคไม่ใช้ suction ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.75, 0.49 และ 0.99 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล

ตารางที่ 2 การหาปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (Limit of Detection ; LOD)

Replicate	%CIP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	เทคนิคใช้ suction	เทคนิคไม่ใช้ suction
1	0.012	0.026
2	0.020	0.018
3	0.017	0.025
4	0.015	0.020
5	0.017	0.019
6	0.016	0.020
7	0.013	0.021
8	-0.001	0.017
9	-0.001	0.012
10	-0.003	0.023
Mean	0.010	0.020
SD	0.009	0.004
LOD	0.027	0.012
LOQ	0.090	0.040



ตารางที่ 3 การหาค่าความเที่ยง (Precision) ของวิธีทดสอบปริมาณฟอสฟอรัสไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรท โดยเทคนิค suction และเทคนิคไม่ใช้ suction ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง (ความเข้มข้นต่ำ สูตร 12-12-17 ความเข้มข้นกลางและสูง สูตร 0-3-0)

Replicate	ความเข้มข้นต่ำ		ความเข้มข้นกลาง		ความเข้มข้นสูง	
	%CIP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		%CIP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		%CIP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	เทคนิคใช้ suction	เทคนิคไม่ใช้ suction	เทคนิคใช้ suction	เทคนิคไม่ใช้ suction	เทคนิคใช้ suction	เทคนิคไม่ใช้ suction
1	0.27	0.27	17.98	16.57	26.35	28.01
2	0.29	0.29	17.71	17.06	25.71	27.10
3	0.28	0.28	17.69	17.13	26.85	27.83
4	0.26	0.26	17.63	17.09	26.69	28.32
5	0.29	0.29	17.24	17.29	27.25	27.84
6	0.28	0.28	17.32	17.28	27.66	27.58
7	0.30	0.30	17.73	17.07	27.29	27.24
8	0.26	0.26	17.71	17.29	25.54	26.11
9	0.27	0.27	17.20	17.16	26.87	28.25
10	0.29	0.29	17.37	16.88	26.89	27.98
Mean	0.28	0.28	17.56	17.08	26.71	27.63
SD	0.01	0.01	0.26	0.22	0.68	0.66
%RSD	3.57	3.57	1.48	1.29	2.55	2.39
HorRat	1.03	0.75	0.56	0.49	1.04	0.99



## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี

1. การเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี ของสองเทคนิค โดยนำตัวอย่างปุ๋ยเคมีเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยเคมีเชิงผสม ครอบคลุมสูตรต่ำ กลาง และสูง จำนวน 36 ตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยของ CIP ของเทคนิคไม่ใช้ suction มีมากกว่าเทคนิคใช้ suction

2. การตรวจสอบความใช้ได้ของเทคนิคใช้ suction และเทคนิคไม่ใช้ suction

2.1 ค่า Range และค่า Linearity ของเทคนิคใช้ suction มีค่า Correlation Coefficient (r) เท่ากับ 0.9962 และ 1.0000 และเทคนิคไม่ใช้ suction มีค่า Correlation Coefficient (r) เท่ากับ 0.9971 และ 1.0000

2.2 การหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (Limit of Detection; LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (Limit of Quantitation; LOQ) ของเทคนิคใช้ suction เท่ากับ 0.027 และ 0.090 และเทคนิคไม่ใช้ suction LOD เท่ากับ 0.012 และ LOQ เท่ากับ 0.040

2.3 การหาค่า Precision ของวิธีปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี ของทั้งสองเทคนิค จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยที่ระดับความเข้มข้นต่ำ สูตร 12-12-17 ที่ระดับความเข้มข้นกลางและสูง สูตร 0-3-0 โดยเทคนิคใช้ suction ได้ค่า HorRat เท่ากับ 1.03, 0.56 และ 1.04 ตามลำดับ และเทคนิคไม่ใช้ suction ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.75, 0.49 และ 0.99 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล

จากการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี พบว่า เทคนิคการใช้ suction และเทคนิคไม่ใช้ suction มีค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมีไม่แตกต่างกันและมีความเที่ยง ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซีเตรทในปุ๋ยเคมี จึงสามารถเลือกใช้เทคนิคใดเทคนิคหนึ่งได้

### ข้อเสนอแนะ

1. ตัวอย่างปุ๋ยที่มีลักษณะอนุภาคละเอียด การกรองโดยเทคนิคใช้ suction ใช้เวลานาน เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กไปอุดตันรูกระดาดกรอง อาจส่งผลทำให้ปั๊มสูญญากาศเกิดชำรุดเสียหายได้ เพราะต้องใช้งานตลอดระยะเวลาที่กรอง สำหรับการกรองโดยเทคนิคไม่ใช้ suction ใช้เวลานานอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ทำให้อุณหภูมิของน้ำกลั่นไม่คงที่ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำกลั่นอาจมีผลต่อการทดสอบ

2. ตัวอย่างปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของกระดูกสัตว์ การย่อยตัวอย่างปุ๋ยต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมาก เนื่องจากกระดูกสัตว์มีไขมัน อาจเกิดการกระเด็นระหว่างการย่อยตัวอย่าง

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ห้องปฏิบัติการได้วิธีวิเคราะห์ทางเลือกที่ให้ผลวิเคราะห์ที่มีความเที่ยง

## 11. เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 หน้า.
- ราชกิจจานุเบกษา. 2559. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ.2559. เล่ม 134 ตอนพิเศษ 2 ง 4 มกราคม 2560.
- Eugene, W.R., B.B. Rodger, D.E. Andrew and S.C. Lenore. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22<sup>nd</sup> ed. Washington, DC.USA.
- Eurachem. 2014. The Fitness for Purpose of Analytical Methods A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. 2<sup>nd</sup> ed. 2014. ISBN 978-91-87461-59-0.From [www.eurachem.org](http://www.eurachem.org).
- NATA Technical Note 17. 2018. General Accreditation Guidance - Validation and verification of quantitative and qualitative test methods.
- George, W. and Jr. Latimer. 2016. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 20<sup>th</sup> ed.2016. AOAC International., Maryland. USA.