

## รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามมาตรฐานสากล
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ย พืช ดิน และน้ำ  
กิจกรรมที่ 1 : พัฒนาเทคนิคระบบการตรวจวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย  
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : พัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดยเทคนิคเฟลมโฟโตเมทรี

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Method Validation on Analysis of Water Soluble Potassium in Fertilizers by Flame Photometric Technique

### 4. คณะผู้ดำเนินงาน

- |                 |                            |                                 |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------|
| หัวหน้าการทดลอง | : นางรัตนาภรณ์ คชวงศ์      | สังกัด กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ. |
| ผู้ร่วมงาน      | : นางสาววรรณรัตน์ ชุตินุตร | สังกัด กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ. |
|                 | : นางสาวภัทราพร คำผล       | สังกัด กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ. |
|                 | : นางสาวจิรพันธ์ ศรีทองกุล | สังกัด กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ. |

### 5. บทคัดย่อ

ศึกษาและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีด้วยเทคนิคเฟลมโฟโตเมทรี (Flame photometry) เพื่อเปรียบเทียบผลของการเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี (Suppressor) ต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงประกอบ ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า และปุ๋ยเชิงผสมแบบเกร็ด จำนวน 37 ตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีค่ามากกว่าวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 25 ตัวอย่าง และจากการเปรียบเทียบความเที่ยง (Precision) โดยใช้สมการของ Horwitz's Ratio พบว่า ค่าความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีไม่ผ่านเกณฑ์กำหนด 2 ตัวอย่าง โดยการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีผลให้ความเที่ยงของค่าวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในตัวอย่างปุ๋ยลดลง 28 ตัวอย่าง ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี พบว่า ช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity) ในการวิเคราะห์หาโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 0-24 ppm เลือกช่วง 0-15 ppm ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient ; r) เท่ากับ 0.9997 เป็นช่วงการใช้งาน (Range) ปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุดที่สามารถทดสอบได้ (Limit of Detection ; LOD) เท่ากับ 0.07 %K<sub>2</sub>O ปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุดที่สามารถรายงานผลได้ (Limit of Quantitation ; LOQ) เท่ากับ 10.0 %K<sub>2</sub>O พิสูจน์ความแม่นยำ (Accuracy) และความเที่ยง โดยการเติมวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material ; CRM) ลงใน Sample blank (Matrix effect) ความเข้มข้นสูง กลาง และต่ำ เท่ากับ 60.34 34.61 และ 10.00

%K<sub>2</sub>O พบว่า การประเมินความแม่นยำโดยหาเปอร์เซ็นต์ Recovery อยู่ในช่วง 98 –102 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น และการประเมินความเที่ยงโดยใช้สมการของ Horwitz's Ratio มีค่าน้อยกว่า 2 ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล

## Abstract

Study and development of analytical water soluble potassium (WK<sub>2</sub>O) in fertilizer by flame photometry techniques to compare the effect of the addition and without of interfering suppressor solution method. In single fertilizer, compound fertilizer and mixed fertilizer of 37 examples. The average amount of WK<sub>2</sub>O from the addition of suppressor is greater than without suppressor statistically significant 25 samples. Comparison of precision by the equation of Horwitz's Ratio, the reliability of the analytical without suppressor method to reduce failed 2 samples and the precision of the determination of WK<sub>2</sub>O decreased in 28 samples. Results of method validation of WK<sub>2</sub>O without suppressor solution method, the linearity of 0-24 ppm and working range of 0. -15 ppm found that correlation coefficients (r) is 0.9997. Limit of Detection (LOD) is 0.07 %K<sub>2</sub>O and Limit of Quantitation (LOQ) is 10.0 %K<sub>2</sub>O. The Matrix effect by addition of Certified Reference Material (CRM) into the sample blank concentrations 60.34, 34.61 and 10.00 %K<sub>2</sub>O were assessed for accuracy by 98-102 %recovery. And to evaluate the precision of the equation Horwitz's Ratio is less than 2 all levels. The bill has passed all acceptance criteria according to international standards.

## 6. คำนำ

การวัดปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (Water soluble potassium ; WK<sub>2</sub>O) ในปุ๋ยเคมีโดยวิธีเฟลมโฟโตเมทรี ซึ่งกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ได้พัฒนาจากวิธีวิเคราะห์ของ AOAC (2016) และ OMAF (1987) นั้นได้ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แล้วว่ามี ความถูกต้องและแม่นยำ เป็นที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล (วรรณรัตน์ และคณะ, 2549) ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Flame photometer) ซึ่งเป็นหลักการอิมิสชันสเปกโทรสโกปี (Emission spectroscopy) โดยให้พลังงานด้วยเปลวไฟทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดของของอะตอมเปลี่ยนจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้นซึ่งเป็นสถานะที่ไม่เสถียร อิเล็กตรอนจึงต้องกลับมาสู่สถานะพื้นที่ไม่เสถียรกว่าและเกิดการปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง โดยเครื่องมือจะทำการวัดปริมาณคลื่นแสงที่ปล่อยออกมา (Intensity of emission) สำหรับการวิเคราะห์โดยหลักการนี้จะเกิดการรบกวนจากการแทรกสอดทางเคมี (Chemical interferences) ได้เสมอ เนื่องจากอุณหภูมิของเปลวไฟที่ใช้แก๊สอะเซทิลีน (Acetylene) เป็นเชื้อเพลิงและใช้อากาศ (Air) เป็นตัวออกซิเดนต์จะอยู่ในช่วง 2,300-2,500 เคลวิน ซึ่งเป็นข้อจำกัดให้ธาตุหลายชนิดที่ไม่สามารถถูกกระตุ้นได้และไปรบกวนการวิเคราะห์ (Interference) เกิดสารประกอบที่แตกตัวยากหรือเกิดแบคกราวด์ (Background) สูง และอาจมีอิทธิพลของแอนไอออน (Anion) ที่รบกวนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะ โดยใน

ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้หลักการเดียวกันนี้สามารถพัฒนาให้มีอุณหภูมิสูงถึง 10,000 เคลวิน และมีความเสถียรกว่า เปลวไฟของเปลวไฟโทมิเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยวิธีนี้ยังคงเป็นเทคนิคแบบเดิมที่สามารถใช้งานได้เหมาะสม ทั้งนี้ต้องระวังการเลือกใช้อุณหภูมิของเปลวไฟและควรมีการเติมสารละลายซึ่งทำให้แอนไอออนที่รบกวนการวิเคราะห์ (Interfering anion) กลายเป็นสารประกอบที่ไม่รบกวนการวิเคราะห์ทั้งในสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน (แม้น และคณะ, 2552) เช่น การเติมกรดไฮโดรคลอริก เพื่อวิเคราะห์โพแทสเซียมและโซเดียมในตัวอย่างซีเมนต์ (Junsomboon and Jakmune, 2011) การเติมสารละลาย EDTA เพื่อวิเคราะห์แคลเซียมในตัวอย่างพืช (Alexander, 1963) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยเคมีโดยใช้เครื่องเปลวไฟโทมิเตอร์ หรือ อะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer : AAS) อาจมีการรบกวนจากฟอสเฟต กรดซัลฟิวริก และ กลีโกลโมเนียม จึงมีการเติมสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตในกรดไฮโดรคลอริกเพื่อลดการรบกวนดังกล่าว (ลัดดาวลัย และคณะ, 2529) และในตัวอย่างปุ๋ยเคมีอาจมีธาตุอาหารพืชหรือสารประกอบที่รบกวนการวิเคราะห์ได้หากมีปริมาณมากกว่าโพแทสเซียมในสัดส่วนดังนี้ คือ โซเดียม:โพแทสเซียม = 2:1 แคลเซียม:โพแทสเซียม = 20:1 แมกนีเซียม:โพแทสเซียม = 20:1 ฟอสเฟต:โพแทสเซียม = 50:1 และ ซัลเฟต:โพแทสเซียม = 100:1 (กิตติพร, 2536) ดังนั้นในการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยสำหรับวิธีมาตรฐานเปลวไฟโทมิเตอร์ หรือ อะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จึงมีการเติมสารละลายเพื่อลดการรบกวนทางเคมี (Interference suppressor solution) 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ในปริมาตรสุดท้ายและระบุไว้ในกรณีที่ตัวอย่างไม่มีสารรบกวนไม่ต้องเติมสารลดการรบกวนทางเคมี (OMAF, 1987) ซึ่งโดยปกติปุ๋ยเคมีควรจะมีสารรบกวนดังกล่าวน้อยกว่าปริมาณโพแทสเซียม ดังนั้นการเติมสารลดการรบกวนทางเคมีอาจไม่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ จากการศึกษาของลัดดาวลัยและคณะ (2529) ซึ่งทำการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยวิธีสกัดตัวอย่างสารเคมีและปุ๋ยด้วยน้ำแล้วทดลองเติมและไม่เติมสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตในกรดไฮโดรคลอริก หรือ สารลดการรบกวนทางเคมีก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS เพื่อเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียม พบว่า ให้ผลวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน จึงมีความเป็นไปได้ว่าการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีอาจยังคงให้ผลวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันและจะช่วยลดต้นทุนการวิเคราะห์หลังได้

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีและทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

## 7. วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

- 1) เครื่องเปลวไฟโทมิเตอร์ (Sherwood model 420)
- 2) เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
- 3) Volumetric flask class A ขนาด 100 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 4) Pipette class A ขนาด 1 2 3 4 5 6 9 10 15 และ 50 มิลลิลิตร

- 5) Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร
- 6) เครื่องเขย่า
- 7) กระดาษกรองเบอร์ 1
- 8) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆที่ใช้ในการปฏิบัติการทดสอบ

#### สารเคมี

- 1) สารมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 1,000 ppm
- 2) Potassium chloride : AR grade
- 3) Potassium chloride : CRM
- 4) Potassium dihydrogen phosphate : SRM
- 5) Hydrochloric acid 36-38 % (HCl) : AR grade
- 6) Calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) : AR grade

#### วิธีการ

1) ศึกษาผลของการเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี

1.1) จัดเตรียมตัวอย่างปุ๋ยเคมีสำหรับการวิเคราะห์ทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ได้แก่ ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด ปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ดผง ปุ๋ยเชิงเดี่ยวและปุ๋ยเชิงประกอบ โดยครอบคลุมความเข้มข้นของโพแทสเซียมใน ต่ำ กลางและสูง

1.2) วิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยเติมสารลดการรบกวนทางเคมีตามวิธีในคู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี กรมวิชาการเกษตร ซึ่งประยุกต์จากวิธีวิเคราะห์ OMAF (1987) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีในสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานตัวอย่างละ 10 ซีซี

1.3) เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของปุ๋ยแต่ละชนิดจากวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี

1.3.1 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี

1.3.1.1) การทดสอบความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี

$\sigma_1^2$  = ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

$\sigma_2^2$  = ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

สมมุติฐาน

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

กำหนดค่านัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

พิจารณาค่า P-value ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ คือ ยอมรับ  $H_0$  ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน ใช้สูตรคำนวณค่า t-Test: Two-sample assuming equal variances แต่ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ คือ ปฏิเสธ  $H_0$  ยอมรับ  $H_1$  มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความแปรปรวนแตกต่างกัน ใช้สูตรคำนวณค่า t-Test: Two-sample assuming unequal variances

1.3.1.2) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี แบบ Independent sample t-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

$\mu_1$  = ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

$\mu_2$  = ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมจากวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

สมมติฐาน

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

กำหนดค่านัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

พิจารณาค่า P-value ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการคำนวณมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ คือ ยอมรับ  $H_0$  ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีน้อยกว่าหรือเท่ากับ วิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี แต่ถ้าค่า P-value ที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ คือ ปฏิเสธ  $H_0$  ยอมรับ  $H_1$  มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมากกว่าวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

1.3.2) การเปรียบเทียบความเที่ยงของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากการวิเคราะห์ของ 2 วิธี โดยใช้สถิติ HorRat (Horwitz's Ratio) เกณฑ์กำหนด <2.0 (AOAC, 2016)

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

$$\% \text{RSD} = (\text{SD} \times 100) / \bar{X}$$

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

2) ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

2.1) การศึกษาหาช่วงความเป็นเส้นตรงและช่วงการใช้งานของวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย

2.1.1) ชั่งตัวอย่างที่มีเนื้อสารชนิดเดียวกับปุ๋ยแต่ตัวไม่มีสารที่ทดสอบ (Sample blank) น้ำหนัก

1.0000 กรัม เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 7 ระดับความเข้มข้นคือ 0 4 8 12 16 20 และ 24 ppm

2.1.2) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย

2.1.3) นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม (Fortified sample blank) กับค่าความเข้มข้นแสงที่อ่านจากเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Reading)

2.1.4) พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรง

2.1.5) ซั่งตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบแล้วเติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 7 ระดับ ในช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง ตามข้อ 2.1.1 ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย

2.1.6) บันทึกผล สร้างกราฟระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียมกับ ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านจากเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์

2.1.7) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เกณฑ์การยอมรับ  $r \geq 0.995$

2.2) การศึกษาหาค่า LOD และ LOQ

2.2.1) ซั่งตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบ น้ำหนัก 1.0000 กรัม

2.2.2) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย

2.2.3) บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

$$LOD = 3 \times S'_0$$

$$LOQ = 10 \times S'_0$$

2.2.4) พิสูจน์ค่าความแม่นยำและความเที่ยงของ LOQ

2.3) การพิสูจน์ค่าความแม่นยำและความเที่ยงของวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยที่ระดับความเข้มข้นสูง กลาง และ ต่ำ

2.3.1) ซั่งตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบและซั่ง CRM ความเข้มข้นสูง กลางและต่ำ เติมลงไปพร้อมกับทำตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบ

2.3.2) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 15 ซ้ำ

2.3.3) บันทึกข้อมูลและคำนวณผล

2.3.4) ประเมินค่าความแม่นยำโดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM เกณฑ์การยอมรับเปอร์เซ็นต์ Recovery 98-102 (AOAC, 2016)

2.3.4) ประเมินค่าความเที่ยงโดย HorRat (Horwitz's Ratio) เกณฑ์การยอมรับน้อยกว่า 2 (AOAC, 2016)

3) สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่าโดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงและความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

เวลาและสถานที่ : ตุลาคม 2558 - กันยายน 2559

: ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 ผลการศึกษาวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีแบบเติมและไม่เติม suppressor

8.1.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากการวิเคราะห์ของ 2 วิธี โดยนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวน (F-test) และใช้สถิติ t-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 1 จากตัวอย่างปุ๋ย 31 สูตร 37 ตัวอย่าง ประเมินโดย one-tailed test พบว่า ปุ๋ยเชิงเดี่ยวและเชิงประกอบ สูตร 0-52-34 13-0-46 และ 0-0-60 ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด สูตร 8-3-15 6-0-30 และ 10-10-35 ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า สูตร 16-16-8 22-5-22 17-17-17 29-5-18 14-7-35 15-5-35 และ 14-7-35 และปุ๋ยเชิงผสมแบบเกร็ดผง สูตร 24-7-7 35-10-5 10-52-17 21-21-21 20-20-20 6-15-40 และ 10-5-40 รวม 20 สูตร 25 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมากกว่า วิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แตกต่างกับการศึกษาของกิตติพร (2536) ซึ่งเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยวิธีตกตะกอน (Gravimetric sodium tetraphenylborate method) ซึ่งมีการเติมสารละลาย EDTA-NaOH เพื่อกำจัดการรบกวน และวิธีเฟลมโฟโตเมตริก (Flame photometric method) ซึ่งไม่มีการเติมสารลดการรบกวน ทดลองในปุ๋ยเคมีเชิงผสม 20 ตัวอย่าง พบว่า ทั้งสองวิธีให้ผลวิเคราะห์ที่สอดคล้องกันแต่การวิเคราะห์ด้วยเฟลมโฟโตมิเตอร์มีค่าสูงกว่า และแตกต่างกับการศึกษาของลัดดาวัลย์ และคณะ (2529) ซึ่งเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซัลเฟต และปุ๋ยเคมีเชิงผสม 3 สูตร พบว่า ผลวิเคราะห์ของทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน

8.1.2 ผลการเปรียบเทียบความเที่ยงของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากการวิเคราะห์ของ 2 วิธี โดยใช้สถิติ HorRat (Horwitz's Ratio) เกณฑ์กำหนดน้อยกว่า 2.0 (AOAC, 2016) ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี มีค่า HorRat ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 1 และ 2 ตัวอย่าง ตามลำดับ และพบว่า ค่า HorRat ของวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีค่าสูงกว่าวิเคราะห์โดยเติมสารลดการรบกวนทางเคมี จำนวน 28 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 37 ตัวอย่าง แสดงว่าการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีผลให้ความเที่ยงของค่าวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในตัวอย่างปุ๋ยเคมีลดลง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณ %WK<sub>2</sub>O ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเต็มและไม่เต็มสารลดการรบกวนทางเคมี

Sample	Suppressor			Non Suppressor			P-value		
	Mean %WK <sub>2</sub> O	SD	HorRat	Mean % WK <sub>2</sub> O	SD	HorRat	F-Test	t-Test one-tail	
<b>ปุ๋ยเชิงเดี่ยว/เชิงประกอบ</b>									
1	0-52-34	34.77	0.27	0.49	34.41	0.44	1.15	0.11	0.03*
2	0-52-34	34.84	0.29	0.55	34.54	0.34	0.98	0.35	0.04*
3	13-0-46	47.01	0.29	0.62	46.62	0.47	1.23	0.11	0.03*
4	13-0-46	45.97	0.36	0.52	45.47	0.38	1.00	0.44	0.01*
5	0-0-50	51.45	0.32	0.42	51.22	0.45	0.61	0.19	0.13
6	0-0-50	51.33	0.51	0.68	51.66	0.55	0.73	0.43	0.12
7	0-0-60	60.15	0.63	0.74	59.21	0.54	0.64	0.35	0.00*
8	0-0-60	60.94	0.28	0.39	60.67	0.33	0.76	0.33	0.04*
9	0-0-60	60.78	0.34	0.39	59.88	0.61	0.71	0.07	0.00*
10	0-0-60	61.77	0.23	0.47	61.11	0.45	0.51	0.04*	0.00*
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด : ต่ำ</b>									
11	10-0-4	4.36	0.03	0.38	4.37	0.06	0.67	0.07	0.25
12	8-8-8	10.47	0.17	0.85	10.54	0.22	1.13	0.23	0.22
13	12-3-3	3.64	0.03	0.43	3.61	0.07	0.85	0.04*	0.14
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด : กลาง</b>									
14	12-9-21	21.31	0.19	0.52	21.25	0.40	1.12	0.03*	0.35
15	8-3-15	13.62	0.21	0.85	13.39	0.20	0.82	0.45	0.02*
16	13-13-21	22.04	0.10	0.27	21.99	0.26	0.72	0.01*	0.33
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด : สูง</b>									
17	6-0-30	23.78	0.29	0.74	23.55	0.23	0.58	0.27	0.05
18	6-0-30	24.20	0.12	0.31	23.79	0.17	0.43	0.20	0.00*
19	10-10-35	30.43	0.46	0.95	29.95	0.28	0.59	0.11	0.01*
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า : ต่ำ</b>									
20	25-9-9	9.77	0.15	0.82	9.68	0.14	0.77	0.43	0.11
21	27-12-6	7.27	0.09	0.65	7.23	0.16	1.15	0.08	0.25
22	16-16-8	7.89	0.06	0.38	7.69	0.26	1.75	0.00*	0.03*
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า : กลาง</b>									
23	22-5-22	21.93	0.20	0.56	21.22	0.37	1.05	0.07	0.00*
24	17-17-17	17.23	0.30	1.58	16.87	0.25	0.87	0.34	0.04*
25	29-5-18	18.43	0.35	1.10	17.64	0.23	0.76	0.15	0.00*

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

\*\* ค่า HorRat เกินเกณฑ์กำหนด (เกณฑ์กำหนด <2.0 (AOAC, 2016))



ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณ %WK<sub>2</sub>O ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี(ต่อ)

Sample	Suppressor			Non Suppressor			P-value $\alpha = 0.05$		
	Mean %WK <sub>2</sub> O	SD	HorRat	Mean %WK <sub>2</sub> O	SD	HorRat	F-Test	t-Test one-tail	
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า : สูง</b>									
26	14-7-35	34.57	0.41	0.77	32.90	0.63	1.22	0.15	0.00*
27	15-5-35	34.70	0.33	0.62	32.85	0.51	0.99	0.14	0.00*
28	14-7-35	36.04	0.75	1.34	34.35	0.60	1.12	0.29	0.00*
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ด ผง : ต่ำ</b>									
29	30-20-10	10.04	0.51	2.74**	9.62	0.46	2.54**	0.39	0.05
30	24-7-7	7.23	0.21	1.50	6.85	0.35	2.62**	0.11	0.01*
31	35-10-5	5.83	0.16	1.37	5.57	0.17	1.49**	0.45	0.04*
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ด ผง : กลาง</b>									
32	10-52-17	17.80	0.23	0.77	17.21	0.27	0.92	0.35	0.00*
33	21-21-21	21.23	0.51	1.44	20.51	0.65	1.88	0.27	0.01*
34	20-20-20	22.09	0.31	0.84	21.51	0.33	0.93	0.42	0.00*
<b>ปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ด ผง : สูง</b>									
35	9-5-45	46.18	0.58	0.85	44.13	0.57	0.86	0.47	0.00*
36	6-15-40	41.96	0.32	0.51	40.33	0.70	1.15	0.03*	0.00*
37	10-5-40	41.16	0.45	0.73	39.97	1.12	1.86	0.01*	0.01*

\* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

\*\* ค่า HorRat เกินเกณฑ์กำหนด (เกณฑ์กำหนด <2.0 (AOAC, 2016))

8.2. ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

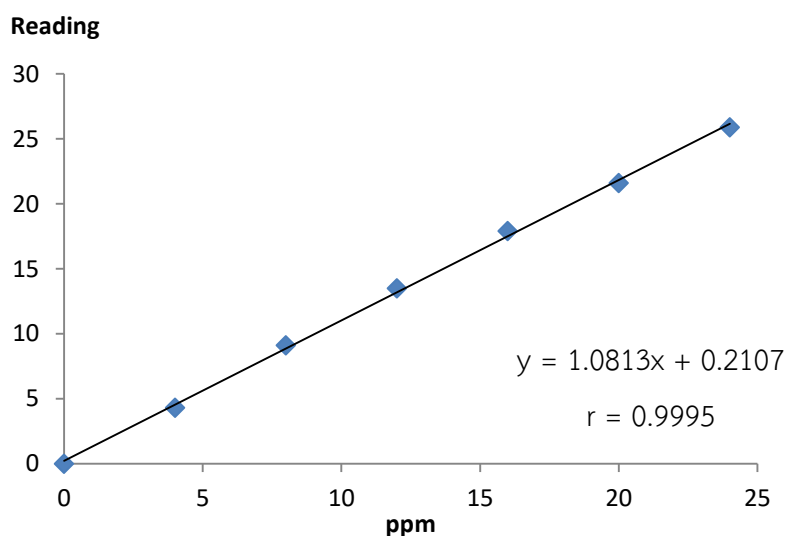
8.2.1 การหาช่วงความเป็นเส้นตรงและช่วงการใช้งาน โดยสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ; ppm (แกน X) และค่าความเข้มของแสงที่อ่านจากเครื่อง (แกน y) เมื่อหาช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง พบว่า อยู่ในช่วง 0-24 ppm (ภาพที่ 1) เลือกเอาช่วง 0-15 ppm เป็นช่วงการใช้งาน นำมาหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น ได้ค่า r เท่ากับ 0.9997 (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มของแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (0-25 ppm)

ppm	0	3	6	9	12	15	20	25	r
Reading	0	3.10	6.30	9.40	12.6	15.4	19.8	25.7	0.9995

ตารางที่ 3 ค่าความเข้มของแสงกับความเข้มข้นของ Fortified sample blank

Sample Blank Weight	1.0063	1.0044	1.0011	1.0017	1.0024	1.0081	1.0045
ppm of fortified sample	0	4	8	12	16	20	24
Reading	0	4.30	9.10	13.5	17.9	21.6	25.9



ภาพที่ 1 แสดงการหาช่วงความเป็นเส้นตรง

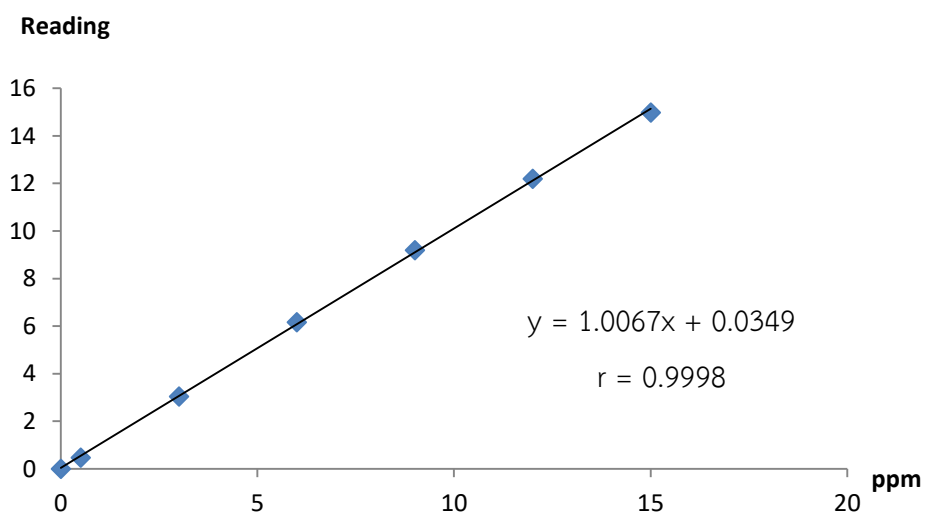
ตารางที่ 4 ค่าความเข้มของแสงกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน (0-15 ppm)

ppm	0	0.5	3	6	9	12	15	r
Reading	0	0.51	3.07	6.11	9.18	12.14	15.11	1.0000



ตารางที่ 5 ค่าความเข้มของแสงกับความเข้มข้นของ Fortified sample blank ที่อยู่ในช่วงการใช้งาน ซ้ำที่ 1-3

Standard (ppm)	Sample blank set 1	Reading set 1	Sample blank set 2	Reading set 2	Sample blank set 2	Reading set 2	Average Reading
0.00	1.0018	0.00	1.0038	0.00	1.0070	0.00	0.00
0.50	1.0039	0.46	1.0087	0.47	1.0069	0.48	0.47
3.00	1.0089	3.00	1.0038	3.06	1.0072	3.07	3.04
6.00	1.0089	6.11	1.0030	6.19	1.0029	6.19	6.16
9.00	1.0089	9.13	1.0092	9.28	1.0060	9.18	9.20
12.00	1.0068	12.19	1.0094	12.27	1.0042	12.14	12.20
15.00	1.0088	14.92	1.0094	15.06	1.0029	14.95	14.98



ภาพที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เต็มสารลดการรบกวนทางเคมี



8.2.2 การหา LOD และ LOQ โดยการทดสอบตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบ คือ โดโลไมท์ (Dolomite)  
 คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบ คือ โดโลไมท์ ; CaMg (CO<sub>3</sub>)

Date (analyte)	Rep	wt.(g)	Reading	ppm	%WK <sub>2</sub> O
7/4/2559	1	1.0079	0.00	-0.0361	-0.0432
8/4/2559	2	1.0029	0.00	0.0096	0.0115
17/4/2559	3	1.0250	0.00	0.0052	0.0062
18/4/2559	4	1.0130	0.00	-0.0279	-0.0331
20/4/2559	5	1.0095	0.00	-0.0364	-0.0434
21/4/2559	6	1.0376	0.02	0.0191	0.0222
23/4/2559	7	1.0170	0.00	0.0100	0.0119
24/4/2559	8	1.0055	0.00	-0.0006	-0.0007
27/4/2559	9	1.0112	0.00	-0.0016	-0.0019
29/4/2559	10	1.0037	0.01	0.0086	0.0104
8/5/2559	11	1.0028	-0.02	0.0111	0.0133
18/5/2559	12	1.0069	0.01	0.0319	0.0382
19/5/2559	13	1.0041	0.01	0.0195	0.0234
21/5/2559	14	1.0054	0.00	-0.0003	-0.0004
27/5/2559	15	1.0077	0.01	-0.0200	-0.0239
	Mean			-0.0005	-0.0006
	SD			0.0207	0.0247
	3S'			0.0600	0.0700
	10S'			0.2100	0.2500

จากการทดลอง พบว่า  $SD = S_0 = 0.0247$

$$S'_0 = \frac{S_0}{\sqrt{n}} = \frac{0.0247}{\sqrt{1}} = 0.0247$$

$$LOD = 3 \times S'_0 = 3 \times 0.0247 = 0.07 \%K_2O = 0.06 \text{ ppm}$$

$$LOQ = 10 \times S'_0 = 10 \times 0.0247 = 0.25 \%K_2O = 0.21 \text{ ppm}$$



### 8.2.3 พิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของ LOQ

เนื่องจากไม่สามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของ LOQ ที่ระดับ 0.25 %K<sub>2</sub>O จึงประมาณค่าและทดสอบที่ความเข้มข้นสูงขึ้นโดยลำดับและสามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงได้ที่ความเข้มข้น 10.0 %K<sub>2</sub>O โดยชั่ง CRM สูตร 0-0-60 น้ำหนัก 8.2817 กรัม ใส่ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันเติมลงใน ในตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบ (CaMg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) แล้วนำไปทดสอบโพแทชที่ละลายน้ำในปุ๋ยที่มีลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) แตกต่างกัน

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความแม่นยำและเที่ยงตรงของ LOQ

Date Analyte	Rep	Sample Blank (g)	Spiked CRM(g)	reading	ppm	%K <sub>2</sub> O
29/9/2016	1	1.0038	1.1408	9.39	9.27	9.79
29/9/2016	2	1.0006	1.1710	9.64	9.52	9.79
29/9/2016	3	1.007	1.2368	10.13	10.00	9.74
29/9/2016	4	1.0084	1.1346	9.39	9.27	9.84
29/9/2016	5	1.0083	1.1464	9.46	9.34	9.81
30/9/2016	6	1.0082	1.1516	9.47	9.35	9.78
30/9/2016	7	1.0096	1.3080	10.98	10.85	9.99
30/9/2016	8	1.0008	1.1352	9.62	9.50	10.08
30/9/2016	9	1.0032	1.1858	9.77	9.65	9.80
30/9/2016	10	1.0004	1.1090	9.17	9.05	9.83
1/10/2016	11	1.0221	1.1332	10.99	10.90	9.86
1/10/2016	12	1.0189	1.3486	11.07	10.98	9.81
1/10/2016	13	1.0203	1.1546	9.44	9.36	9.76
1/10/2016	14	1.0167	1.2605	10.42	10.33	9.87
1/10/2016	15	1.0214	1.2180	9.99	9.90	9.79
Mean						9.84
SD						0.09
% Recovery						98.34
HorRat						0.48

ผลการทดลองพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10.00 %K<sub>2</sub>O สามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของ LOQ ได้



8.2.4 การพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง

**ตารางที่ 8** ผลการทดสอบความแม่นยำและเที่ยงตรงของวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยที่มีลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) แตกต่างกัน และเติม CRM ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 10.0026 %K<sub>2</sub>O

Date Analyte	Rep	Sample	Blank (g)	Spiked CRM (g)	reading	ppm	%K <sub>2</sub> O
29/9/2016	1	1.0038		1.14080	9.39	9.27	9.79
29/9/2016	2	1.0006		1.17100	9.64	9.52	9.79
29/9/2016	3	1.007		1.23680	10.13	10.00	9.74
29/9/2016	4	1.0084		1.13460	9.39	9.27	9.84
29/9/2016	5	1.0083		1.14640	9.46	9.34	9.81
30/9/2016	6	1.0082		1.15160	9.47	9.35	9.78
30/9/2016	7	1.0096		1.30800	10.98	10.85	9.99
30/9/2016	8	1.0008		1.13520	9.62	9.50	10.08
30/9/2016	9	1.0032		1.18580	9.77	9.65	9.80
30/9/2016	10	1.0004		1.10900	9.17	9.05	9.83
1/10/2016	11	1.0221		1.13320	10.99	10.90	9.86
1/10/2016	12	1.0189		1.34860	11.07	10.98	9.81
1/10/2016	13	1.0203		1.15460	9.44	9.36	9.76
1/10/2016	14	1.0167		1.26050	10.42	10.33	9.87
1/10/2016	15	1.0214		1.21800	9.99	9.90	9.79
Mean							9.84
SD							0.09
% Recovery							98.34
HorRat							0.48



ตารางที่ 9 ผลการทดสอบความแม่นยำและเที่ยงตรงของวิธีทดสอบโพแทชที่ละลายน้ำในปุ๋ยที่มีลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) แตกต่างกัน และเติม SRM ที่ระดับความเข้มข้นกลาง  $34.61 \pm 0.012 \%K_2O$

Date Analyte	Rep	Sample Blank (g)	Spiked CRM (g)	reading	ppm	%K <sub>2</sub> O
7/4/2559	1	1.0052	0.2816	8.32	8.25	35.17
8/4/2559	2	1.0086	0.2840	8.19	8.12	34.43
17/4/2559	3	1.0064	0.2819	8.08	8.03	34.32
18/4/2559	4	1.0068	0.2877	8.43	8.32	34.85
20/4/2559	5	1.0015	0.2820	8.25	8.15	34.80
21/4/2559	6	1.0012	0.2866	8.31	8.27	34.77
23/4/2559	7	1.0025	0.2876	8.42	8.41	35.20
24/4/2559	8	1.0016	0.2859	8.27	8.09	34.08
27/4/2559	9	1.0059	0.2841	8.32	8.24	34.95
29/4/2559	10	1.0099	0.2838	8.30	8.25	35.02
8/5/2559	11	1.0046	0.2634	7.61	7.53	34.45
18/5/2559	12	1.0075	0.2626	7.58	7.44	34.11
19/5/2559	13	1.0090	0.2874	8.41	8.38	35.10
21/5/2559	14	1.0036	0.2760	7.88	7.80	34.06
27/5/2559	15	1.0019	0.2615	7.56	7.50	34.56
Mean						34.66
SD						0.40
% Recovery						100.14
HorRat						0.75

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความแม่นยำและเที่ยงตรงของวิธีทดสอบโพแทชที่ละลายน้ำในปุ๋ยที่มีลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) แตกต่างกัน และเติม CRM ที่ระดับความเข้มข้นสูง  $60.39 \pm 0.08 \%K_2O$

Date Analyte	Rep	Sample	Blank (g)	Spiked CRM (g)	reading	ppm	%K <sub>2</sub> O
7/4/2559	1	1.0059		0.2427	12.13	12.03	59.73
8/4/2559	2	1.0000		0.2479	12.17	12.12	58.91
17/4/2559	3	1.0050		0.2426	12.34	12.21	60.64
18/4/2559	4	1.0032		0.2429	12.04	11.87	58.87
20/4/2559	5	1.0066		0.2483	12.49	12.28	59.55
21/4/2559	6	1.0034		0.2409	11.72	11.67	58.36
23/4/2559	7	1.0061		0.2451	12.05	11.99	58.91
24/4/2559	8	1.0089		0.2403	12.12	12.07	60.51
27/4/2559	9	1.0061		0.2407	11.94	11.82	59.18
29/4/2559	10	1.0081		0.2489	12.41	12.32	59.61
8/5/2559	11	1.0168		0.2406	11.83	11.77	58.91
18/5/2559	12	1.0247		0.2469	11.99	11.90	58.05
19/5/2559	13	1.0150		0.2421	11.89	11.79	58.68
21/5/2559	14	1.0250		0.2481	12.18	12.04	58.47
27/5/2559	15	1.0312		0.2447	12.46	12.29	60.51
Mean							59.26
SD							0.81
% Recovery							98.13
HorRat							0.96

8.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าโดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลง

ลำดับ	รายการต้นทุนการวิเคราะห์	บาท/ตัวอย่าง
1	ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ	11.313
2.	สารเคมีและวัสดุวิทยาศาสตร์	356.028
3.	รายจ่ายด้านสาธารณูปโภค	23.780
4.	แรงงาน	106.200
5.	การจัดเตรียมเอกสาร	4.310
	รวม	$1.2 \times (11.313 + 356.028 + 23.780 + 106.200) + 4.31 = 601.0952$

เมื่อพิจารณาต้นทุนการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำของกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี พบว่า มีต้นทุนประมาณ 600 บาทต่อตัวอย่าง ซึ่งในการเตรียมสารลดการรบกวนทางเคมีโดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตละลายในกรดไฮโดรคลอริกมีต้นทุนค่าสารเคมี 5.70 บาทต่อตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 0.95 โดยระหว่างปี 2556-2558 มีตัวอย่างที่วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม 6,346 7,056 และ 5,877 ตัวอย่าง เฉลี่ยเท่ากับ 6,426 ตัวอย่างต่อปี ดังนั้นการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีจะสามารถลดต้นทุนการวิเคราะห์โพแทสเซียมเฉพาะค่าสารเคมีได้เป็นมูลค่าถึง 61,047 บาท

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

9.1 การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในตัวอย่างปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า ปุ๋ยเชิงผสมแบบเกร็ดผง ปุ๋ยเชิงเดี่ยวและปุ๋ยเชิงประกอบ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมากกว่าวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 25 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 37 ตัวอย่าง

9.2 การประเมินค่าความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีไม่ผ่านเกณฑ์กำหนด 2 ตัวอย่าง และการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีผลให้ความเที่ยงของค่าวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในตัวอย่างปุ๋ยเคมีลดลง 28 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 37 ตัวอย่าง โดย**การไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมียังมีแนวโน้มทำให้ผลวิเคราะห์ต่ำและทำให้ความเที่ยงลดลง**

9.3 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

9.3.1 ช่วงที่เป็นเส้นตรงในการทดสอบ อยู่ในช่วง 0-24 ppm เลือกรช่วง 0-15 ppm ซึ่งมีค่า r เท่ากับ 0.9997 เป็นช่วงการใช้งาน

9.3.2 ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD) คือ 0.07 %K<sub>2</sub>O หรือ 0.06 ppm และปริมาณต่ำสุดที่สามารถทดสอบและรายงานผลได้ (LOQ) คือ 10.0 %K<sub>2</sub>O โดยสามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงได้

9.3.3 ความแม่นยำและเที่ยงตรงที่ระดับความเข้มข้นสูง กลาง และต่ำ คือ 60.39 34.61 และ 10.0 %K<sub>2</sub>O อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ การตรวจวิเคราะห์อยู่ในช่วงความเข้มข้น 10 -60 %K<sub>2</sub>O จึงไม่เหมาะสมกับตัวอย่างปุ๋ยที่มีค่าโพแทสเซียมปริมาณต่ำกว่า 10 %K<sub>2</sub>O

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นข้อมูลประกอบการตรวจรับรองห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของเอกชนซึ่งอาจมีการวิเคราะห์แตกต่างไปจากกรรมวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร

## 11. คำขอบคุณ

## 12. เอกสารอ้างอิง

กิตติพร เหล่าแสงธรรม. 2530. การศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดย Flame Photometric Method. กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพมหานคร.

แมน อมรสิทธิ์ อมร เพชรสม ยุวดี เขียววัฒนา อติทยา ศิริภิญญานนท์ ศรีวิไล โอมอภิญญาณ และ อุมภาพร สุขม่วง.

2552. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ Principle and Techniques of Instrumental Analysis Spectroscopy. ชวนพิมพ์ กรุงเทพมหานคร. 676 หน้า.

ลัดดาวลัย มีสุข จันทิรา อริยธัช สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์ และเพ็ญศรี ชูรวาเช 2529. เอกสารวิชาการด้าน ปฐพีวิทยาผลงานวิจัยประจำปี 2529 เล่ม 1. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร.

วรรณรัตน์ ชุตินุตร อมรา หาญจวนนิช และ ชฎาพร คงนาม. 2549. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2549 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร.

Alexander K. E. F. 1963. Flame Photometric Determination of Cations in Cane Leaves and Stalks. Proceeding of The South African Sugar Technologists' Association : 130-133.

Junsomboon J. and Jakmune J. 2011. Determination of Potassium, Sodium and Alkalies in Portland Cement, Fly Ash, Admixtures and Water of Concrete by a Simple Flow Injection Flame Photometric System. Journal of Automate Methods and Management in Chemistry vol 2011 : 1-9.

Official Method of Analysis of AOAC International. 2016. AOAC International Maryland, USA. Official Method 955.06. 20 th ED. p.26-27

Official Method of Analysis of Fertilizers. 1987. The National Institute of Agriculture Sciences Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan. Official Method 4.3.3 p 34-36