



กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนามาตรฐานการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช

สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดิน

เพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล

Research and Development of Analysis Standard for Soil, Water,
Fertilizer, Plant, Plant Growth Regulators and Soil Conditioner
as the International Reference Laboratory

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวจรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์

Ms. Charirat Kusonwiriya Wong

ปี 2564

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปผู้บริหาร

ชื่อเรื่องภาษาไทย วิจัยและพัฒนามาตรฐานการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโต พืช และสารปรับปรุงดินเพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ Research and development of analysis standard for soil, water, fertilizer, plant, plant growth regulators and soil conditioner as the international reference laboratory

1. คณะผู้วิจัย

จรีรัตน์	กุศลวิริยะวงศ์	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	หัวหน้าโครงการวิจัย
วรรณรัตน์	ชุตินบุตร	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
สาธิตา	โพธิ์น้อย	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
จริยา	วงศ์ตรี	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
พงศ์พิศ	แก้วสุข	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
สงกรานต์	มะลิสอน	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
ชฎาพร	คงนาม	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
สุพิศสา	ทองเขียว	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
ทองจันทร์	พิมพ์เพชร	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
ศุภกชญา	ทาทาร	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
ญาณธิชา	จิตต์สะอาด	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
นันทกานต์	ขุนโหร	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
ศุภากร	ดวนใหญ่	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
สุภา	โพธิ์จันทร์	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
จิตติรัตน์	ชูชาติ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
เจนจิรา	เทเวศร์วรกุล	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
พจมาลย์	ภูสาร	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
สุวลักษณ์	ไชยทอง	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
อาธิยา	ปุ่นประโคน	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
เพชรรัตน์	ศิริวิ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
กัญธณนา	คล้ายแก้ว	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
กอรီอะ	บิลหาลี	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
ดวงพร	ธีระพิทยาพงศ์	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	
สุภานันท์	จันทร์ประจบ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	

อำนาจ	เยี่ยมวิจารณ์	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กัลยกร	โปร่งจันทิก	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
จิตรรา	เกาะแก้ว	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
พิรุณ	ติระพัฒน์	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8
เยาวลักษณ์	แสงแก้ว	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8
สร้อยญา	ช่วงพิมพ์	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8

2. หน่วยงาน กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
โทรศัพท์: 0-2579-8600

3. งบประมาณ ปีงบประมาณ 2564 จำนวน 5,193,352 บาท

4. ระยะเวลาทำวิจัย ระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2562 ถึง 30 กันยายน 2564
ขยายเวลา 3 เดือน เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัส Covid-19
ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2564 ถึงวันที่ 30 ธันวาคม 2564

5. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานเดียวภายในประเทศมีหน้าที่ให้บริการตรวจวิเคราะห์ และควบคุม ดูแลคุณภาพ ปุ๋ย สารปรับปรุงดิน และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช ซึ่งเป็นการบังคับใช้กฎหมายตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 ปัจจุบัน ความต้องการใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทยยังคงเพิ่มสูงขึ้น โดยปี 2558 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูงถึง 4,653,060 ตัน มูลค่าประมาณ 56,708 ล้านบาท วัตถุอันตรายทางการเกษตร ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และเคมีเกษตร จำนวน 149,459 ตัน (ปริมาณสารสำคัญ 79,037 ตัน) มูลค่ากว่า 19,302 ล้านบาท และในปี 2560 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมี 5,821,559 ตัน มูลค่าการนำเข้า 57,803 ล้านบาท โครงการวิจัยและพัฒนา มาตรฐานการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดิน เพื่อเป็น ห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อพัฒนาความสามารถของห้องปฏิบัติการกรมวิชาการเกษตรให้เป็น ห้องปฏิบัติการอ้างอิงโดยการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆ ใน ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ดิน พืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานวิธีทดสอบของ ประเทศไทย และรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เพื่อให้ห้องปฏิบัติการเป็นที่ ยอมรับในระดับสากล และใช้เป็นข้อมูลเชิงวิชาการอ้างอิงตามกฎหมายโดยการพัฒนาเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของ ปริมาณธาตุอาหารรับรองในปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์เคมี เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมคุณภาพปุ๋ยที่กำหนดในท้องตลาด พัฒนาวีธีตรวจวิเคราะห์เพื่อยืนยันทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณของธาตุอาหารที่ให้ผลการทดสอบที่รวดเร็ว แม่นยำ และวิจัยเพื่อหาข้อมูลสารออกฤทธิ์ขั้นต่ำของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ได้จากพืช เพื่อใช้ในการควบคุมตาม พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 เพื่อให้เกษตรกรได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพ ตรงตามสูตร และ สร้างความเป็นธรรมให้กับผู้ประกอบการ และรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร

นอกจากนี้ ปัจจุบันประเทศไทยมีห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อยู่มากกว่า 40 ห้องปฏิบัติการ กรมวิชาการเกษตร จำเป็นต้องพัฒนาเพื่อให้เป็นห้องปฏิบัติการต้นแบบในการตรวจวิเคราะห์ และควบคุมคุณภาพของวิเคราะห์ของ ห้องปฏิบัติการอื่นๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ จึงจำเป็นต้องพัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรองภายใน ตาม มาตรฐาน ISO Guide 35 และเป็นการเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการกรมวิชาการเกษตรเข้าสู่มาตรฐาน ISO/IEC 17034 ทำให้ตัวอย่างอ้างอิงที่ได้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล และยังเป็นการลดการนำเข้าตัวอย่างอ้างอิงจาก ต่างประเทศ ในแต่ละปีแต่ละห้องปฏิบัติการต้องจัดซื้อตัวอย่างอ้างอิงมากกว่า 500,000 บาท หรือคิดมูลค่าทั้ง ประเทศมากกว่า 20,000,000 บาทต่อปี

6. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) ศึกษาเพื่อกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และ ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อสนับสนุน กำกับ ควบคุม และดูแล ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และศึกษาข้อมูลสารออกฤทธิ์ขั้นต่ำของสารควบคุมการ เจริญเติบโตพืชที่ได้จากพืชตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562
- 2) พัฒนาริธี และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ดิน น้ำ วัตถุเคมีทาง การเกษตร และธาตุอาหารพืชในพืช ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017
- 3) ศึกษาวิธีวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และสารปรับปรุง ดิน ประเภทปุ๋ยโดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
- 4) พัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรองของดินและปุ๋ย ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17034

7. ขอบเขตการศึกษา

พัฒนาความสามารถของห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงในการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดิน โดยการพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ หา สมบัติต่างๆ ในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ดิน พืช และวัตถุเคมีทางการเกษตร โดยเทคนิคอินดักทีฟลิคิฟเปิล พลาสมาสเปกโตรเมทรี (ICP-OES) และเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ ลิกวิด โครมาโทกราฟี (HPLC) เป็นต้น โดยการ ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ต้องมีการตรวจสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity) ช่วงของการวัด (Working range) ความคงทนของวิธี (Ruggedness/ Robustness) ตามมาตรฐาน Eurachem (2014) และ ISO/IEC 17025:2017 เพื่อกำหนดเป็นวิธีวิเคราะห์มาตรฐานของประเทศไทย และนำค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบมากำหนดเกณฑ์ คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และปุ๋ยอินทรีย์ โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการเตรียม ตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ประกอบการนำไปใช้ควบคุม คุณภาพปุ๋ย ควบคุมการผลิต และจำหน่ายปุ๋ยให้มีคุณภาพ รวมทั้งพัฒนาเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงคุณภาพในการพิสูจน์หาเอกลักษณ์ของ องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ รวมทั้งสารปรับปรุงดิน หาองค์ประกอบทางเคมีของสารแต่ละ ชนิดในปุ๋ย หรือสารปรับปรุงดิน เพื่อเป็นการลดข้อจำกัดของการวิเคราะห์ทางเคมี ที่ไม่สามารถแยกองค์ประกอบ ของไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ได้ และยังเป็นการยืนยันความถูกต้องของการวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อให้สารวัตรเกษตร นำไปบังคับใช้ กำกับ ควบคุม และดูแลคุณภาพปุ๋ยที่จำหน่ายในท้องตลาด ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไข

เพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และวิจัยเพื่อหาข้อมูลสารออกฤทธิ์ขึ้นต่ำของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ได้จากพืช เพื่อใช้ในการควบคุมตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมกับผู้ประกอบการ และรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร นอกจากนี้ ยังเป็นการสร้างระบบประกันคุณภาพผลวิเคราะห์ด้วยการพัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรองตามมาตรฐาน ISO Guide 35 โดยการให้ค่ากำหนดด้วยเทคนิค Inductively coupled plasma–isotope dilution mass spectrometry (ICP–IDMS) และเป็นการเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการเข้าสู่มาตรฐาน ISO/IEC 17034 เพื่อให้ห้องปฏิบัติการในประเทศไทยมีมาตรฐานเดียวกัน เป็นที่น่าเชื่อถือ และยอมรับในระดับสากล

8. สรุปผลการศึกษา

1) ได้เกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมี ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์เคมี จำนวน 8 เกณฑ์ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันในปุ๋ยเคมี อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี และคลอไรด์ในปุ๋ยเคมี โดยการนำค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ ที่เกิดขึ้นของข้อมูลผลการวิเคราะห์ โดยพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เป็นองค์ประกอบในกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนของผลวิเคราะห์ การศึกษาและกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และปุ๋ยอินทรีย์ โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน Eurachem (2019) สามารถนำไปกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งมีความสำคัญในการบ่งชี้ว่าปริมาณธาตุอาหารรับรองที่ระบุผ่านเกณฑ์คลาดเคลื่อนขั้นต่ำ เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพปุ๋ย ตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่จำหน่ายในท้องตลาดได้เพื่อให้ผู้ประกอบการนำไปใช้ควบคุมคุณภาพปุ๋ย ควบคุมการผลิต และจำหน่ายปุ๋ยให้มีคุณภาพ

2) ได้เทคนิควิธีการวิเคราะห์ ดิน น้ำ ปืช ปุ๋ย ปุ๋ยชีวภาพ และผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตรที่มีความถูกต้องและแม่นยำ โดยการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity) ช่วงของการวัด (Working range) ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) และความคงทนของวิธี (Ruggedness) ผ่านเกณฑ์การยอมรับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 จำนวน 20 วิธี ดังนี้

ตัวอย่าง	รายการทดสอบ
พืช	1. โบรอน
ดิน	1. โบรอน 2. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 3. โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 4. เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ 5. ซิลิคอน
น้ำ	1. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด
ปุ๋ยเคมี	1. โบรอน 2. ฟอสฟอรัสทั้งหมด
ปุ๋ยชีวภาพ	1. ปริมาณและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์

ตัวอย่าง	รายการทดสอบ
ผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร	2. การจัดจำแนกจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์
	1. กรดอะมิโน
	2. ฮอร์โมน Indole acetic acid (IAA)
	3. ฮอร์โมน Gibberellic acid (GA ₃)

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เป็นการยืนยันถึงวิธีการที่นำมาใช้ในการทดสอบว่ามีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ สามารถสอบกลับ สร้างความเชื่อมั่นด้านการตรวจวิเคราะห์ และลดข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นจากการบังคับใช้กฎหมายของกรมวิชาการเกษตร และการนำวิธีมาตรฐาน และวิธีวิเคราะห์ที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ตามมาตรฐานสากล มาใช้สำหรับวิเคราะห์เพื่อให้บริการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตของกรมวิชาการเกษตร ทำให้มั่นใจได้ว่าห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตรมีมาตรฐานเดียวกัน

3) ได้สมการในการทำนายสมบัติ องค์ประกอบและพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ในปุ๋ยเคมี ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี สารปรับดินปูนขาวโดโลไมท์ และปุ๋ยมาร์ลด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ โดยให้ผลการทำนายที่มีค่าความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดกรองตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทำให้สามารถลดปริมาณตัวอย่าง และลดการใช้สารเคมี และมลพิษที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ

4) ได้ตัวอย่างอ้างอิงรับรองที่มีเป็นที่ยอมรับในระดับสากลผลิตขึ้นเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO/IEC 17034 และ ISO Guide 35 จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างดินและปุ๋ยอ้างอิงที่มีค่ากำหนดของเหล็ก และทองแดงทั้งหมดจากเทคนิค Inductively coupled plasma–isotope dilution mass spectrometry (ICP–IDMS) ซึ่งเป็น Primary method เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง สามารถตรวจสอบย้อนกลับไปยังระบบหน่วยสากล (SI) และตัวอย่างอ้างอิงรับรองที่ได้ สามารถนำมาใช้ในการประกันคุณภาพผลการทดสอบซึ่งทำให้ห้องปฏิบัติการของประเทศไทยมีมาตรฐานเดียวกัน และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล นอกจากนี้ ยังเป็นการเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการเข้าสู่มาตรฐาน ISO/IEC 17034 ทำให้กรมวิชาการเกษตรเป็นศูนย์กลางของวัสดุอ้างอิงรับรองของตัวอย่างปุ๋ยและดินของประเทศไทย

9. ผลงานวิจัยที่เกิดขึ้นจริง การเผยแพร่ผลงานวิจัย และการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- นำวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด มาใช้ในการประเมินความเค็มของน้ำโดยการใช้ค่าคงที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือชนิดต่างๆ ที่ละลายในน้ำ ตามโครงการ TCP/THA/3702 “Managing saline water intrusion impact on nutrient uptake and growth of orchids” ภายใต้การสนับสนุนขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO)
- ตัวอย่างอ้างอิงรับรองเป็นผลงานนำไปใช้ประโยชน์สู่กลุ่มเป้าหมายเพื่อใช้ประโยชน์ในการเกษตรของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ประจำปี 2565 สำหรับห้องปฏิบัติการต่างๆ นำไปใช้ในการประกันคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการ ตามหนังสือกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ที่ กษ 0916/1349 ลงวันที่ 6 กันยายน 2564

- 3) ขยายขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ในการวิเคราะห์โบรอนในปุ๋ยเคมี ตามเอกสารใบรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ ที่ อว. 0303/3156 ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2565
- 4) นำวิธีวิเคราะห์โบรอนในดินและพืช มาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ ในกรณีพิพาทของโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่เกษตรกรรม ตามหนังสือขอความอนุเคราะห์วิเคราะห์ตัวอย่างของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 6 ที่ กษ 0922/65 ลงวันที่ 12 มกราคม 2565
- 5) นำวิธีวิเคราะห์แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และวิธีวิเคราะห์เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน มาใช้เป็นวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการในการให้บริการวิเคราะห์ของหน่วยงาน
- 6) ข้อมูลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี และวิเคราะห์ดินมาใช้เป็นข้อเสนอแนะเชิงเทคนิค ให้กับห้องปฏิบัติการต่างๆ ที่เข้าร่วมโปรแกรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาห้องปฏิบัติการให้มีมาตรฐานเดียวกัน
- 7) นำเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS) มาประยุกต์ใช้ในการตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตัวอย่างปุ๋ย
- 8) ห้องปฏิบัติการมีความพร้อมในการขยายขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO 17025 ในการวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ตามเอกสารใบรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ ที่ อว. 0303/3156 ณ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2565

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยวิจัยและพัฒนามาตรฐานการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดินเพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาเพื่อกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และปุ๋ยอินทรีย์ 2) พัฒนาวิธี และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ดิน น้ำ วัตถุเคมีทางการเกษตร และธาตุอาหารพืชในพืช 3) ศึกษาวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และสารปรับปรุงดิน ประเภทปุ๋ยโดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ 4) พัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรองของดินและปุ๋ย ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2562 - ธันวาคม 2564 จากผลการศึกษา เกณฑ์คลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ของไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 2.3 - 25.8%, ฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 4.3 - 9.6%, โพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1.6 - 10.2% ในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์, แคลเซียมออกไซด์เท่ากับ 3.1 - 8.6%, แมกนีเซียมออกไซด์ เท่ากับ 1.8 - 8.0%, กำมะถันทั้งหมด เท่ากับ 3.2 - 11.9%, คลอไรด์ เท่ากับ 0.7 - 11.9% ในตัวอย่างปุ๋ยเคมี และอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี เท่ากับ 1.6 - 6.4% ตามลำดับ และการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี พบว่า ครอบคลุมโบรอนในปุ๋ยเคมีตั้งแต่ 0.004 - 17.48%, โบรอนในพืช 6.75 - 27.0 mg/kg, โบรอนในดิน 0.05 - 1.90 mg/kg, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 10.84 - 91.93 mg/kg, โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 16.44 - 424.78 mg/kg, โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 18.06 - 1,063.24 mg/kg, แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 15.28 - 3,601.38 mg/kg, แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 18.15 - 1,760.56 mg/kg, เหล็กที่เป็นประโยชน์ในดิน 6.17 - 198.89 mg/kg, แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ในดิน 1.63 - 202.15 mg/kg, สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน 0.97 - 12.48 mg/kg, ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน 1.01 - 13.12 mg/kg, ซีลีคอนในดิน 8.00 - 370 mg/kg, ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ 0.97 - 61.49%, 0.48 - 10.07% ตามลำดับ, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดในน้ำ 46 - 7195 mg/L, ฮอร์โมนพืช Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีทางการเกษตร 0.013 - 5.00 mg/L และ 0.125-5.00 mg/L ตามลำดับ และการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และยูเรียไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ความแม่นยำในช่วง 80 - 120% และประเมินค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 15.0% มีความแม่นยำในช่วง 80 - 120% รวมทั้งใช้จัดจำแนกปุ๋ยขาว ปุ๋ยโดโลไมท์ และปุ๋ยมาร์ล โดยใช้การทดสอบ CaO, MgO, CCE และ pH ความแม่นยำอยู่ในช่วง 90 - 115% และพัฒนาตัวอย่างปุ๋ยและดินอ้างอิงมีค่ากำหนดของเหล็กทั้งหมดเท่ากับ 12,478±1,075 และ 8,340±298 mg/kg และทองแดงทั้งหมดเท่ากับ 1,028±68 และ 42.83±4.08 mg/kg ตามลำดับ จากผลการวิจัยที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดวิธีวิเคราะห์มาตรฐานเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ และสร้างระบบประกันคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการ เป็นการยกระดับ และพัฒนาศักยภาพของห้องปฏิบัติการให้เป็นห้องอ้างอิงของประเทศไทย ทำให้ผลการทดสอบที่ได้เป็นที่ยอมรับ น่าเชื่อถือ และลดข้อโต้แย้งที่เกิดจากการการบังคับใช้กฎหมายของกรมวิชาการเกษตร

Abstract

The project of research and development of analysis standard for soil, water, fertilizer, plant, plant growth regulators and soil conditioner as the international reference laboratory was conducted to 1) study uncertainty of the content of nutrients in chemical fertilizer, organic-chemical fertilizer and organic fertilizer 2) develop and validate method analysis of chemical fertilizer, organic fertilizer, bio-organic fertilizer, soil, water, agrochemical product and plant nutrients 3) study method analysis of nitrogen components in chemical fertilizer, organic fertilizer and soil conditioner especially in lime using near infrared spectroscopy (NIR) 4) establish certified reference materials of fertilizer and soil. The project was proceeded from October 2019 – December 2021. This study revealed that the uncertainty of total nitrogen, total phosphorus and total potassium in organic fertilizer analysis ranged from 2.3 - 25.8%, 4.3 - 9.6%, 1.6 -10.2%, respectively. In chemical fertilizer, uncertainty of calcium oxide, magnesium oxide, total sulphur and chloride analysis equalled 3.1 - 8.6%, 1.8 - 8.0%, 3.2 - 11.9% and 0.7 - 11.9%, respectively. The uncertainty of organic matter content in organic-chemical fertilizer was 1.6 - 6.4%. In addition, analysis methods were validated consisting 0.004 – 17.48%, boron in chemical fertilizer, 6.75 – 27.0 mg/kg boron in plant, 0.05 – 1.90 mg/kg boron in soil, 10.84 – 91.93 mg/kg available phosphorus in soil, 16.44 – 424.78 mg/kg exchangeable potassium in soil, 18.06 – 1,063.24 mg/kg exchangeable sodium in soil, 15.28 – 3,601.38 mg/kg, exchangeable calcium in soil, 18.15 – 1,760.56 mg/kg exchangeable magnesium in soil, 6.17 – 198.89 mg/kg available iron in soil, 1.63 – 202.15 mg/kg available manganese in soil, 0.97 – 12.48 mg/kg available zinc in soil, 1.01 – 13.12 mg/kg available copper in soil, 8.00 – 370 mg/kg silicon in soil, 0.97 – 61.49% and 0.48 – 10.07% total phosphorus in chemical and organic fertilizer, respectively. Furthermore, 46 – 7195 mg/L of total dissolved solid in water, 0.013 - 5.00 mg/L and 0.125-5.00 mg/L Indole acetic acid (IAA) and Gibberellic acid (GA₃) in agrochemical products were also validated. Ammonium nitrate and urea analysis using NIR approaches were examined and found that these approaches accurated approximately 80 – 120 %. Similarly, NIR accurately evaluated organic matter content in organic-chemical fertilizer more than 15.0% approximately 80 – 120%. Additionally, CaO, MgO, CCE and pH were accurately evaluated in lime, dolomite and marl at 90 – 115%. Total iron and Total copper were certified 12,478±1,075 and 1,028±68 mg/kg in fertilizer reference materials and 8,340±298 mg/kg and 42.83±4.08 mg/kg in soil reference materials. Finally, this project substantially defined the standard method and developed the internal quality assurance thus enhancing the potential of laboratory as the Thailand reference laboratory.

Moreover, the reliable and inevitable results deduct the controversies causing by law enforcement of the Department of Agriculture.

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนามาตรฐานการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดินเพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากกรมวิชาการเกษตร และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงาน และงบประมาณ เป็นอย่างดียิ่งมาโดยตลอด นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร นายยงยุทธ ไข่แก้ว อดีตผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร นางสาวพนิดา ไชยยันต์บุรณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ และนางสาววรรณรัตน์ ชุติบุตร ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ และแนวทางการจัดทำงานวิจัย จึงทำให้โครงการวิจัยดังกล่าวสมบูรณ์ด้วยดี ทำยนี้ ขอขอบคุณนักวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ ประกอบด้วย กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยพืชวัตถุเคมีการเกษตรและนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 ที่ร่วมมือในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสาวจรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์

หัวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนามาตรฐานการตรวจวิเคราะห์ดิน

น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุง

ดินเพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร.....	3
บทคัดย่อ.....	9
Abstract	10
กิตติกรรมประกาศ	12
สารบัญ	13
สารบัญตาราง	14
บทที่ 1 บทนำ.....	15
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน.....	18
บทที่ 3 ผลการศึกษา.....	63
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	86
เอกสารอ้างอิง.....	88
ภาคผนวก	89

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 ค่าความไม่แน่นอนของขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (SAMPLING) การวิเคราะห์ (ANALYTICAL) และค่าความไม่แน่นอนรวม (TOTAL) ของการทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด และคลอไรด์ในปุ๋ยเคมี.....	64
ตารางที่ 2-1 สรุปการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบด้วยเทคนิคอินดักทีฟฟลิคซ์เปิลพลาสมาสเปคโตรเมทรี 67	
ตารางที่ 3-1 ผลสรุปทางสถิติของการพัฒนาสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์หองค์ประกอบของไนโตรเจนในรูปต่างๆ ในปุ๋ยเคมี อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี และสารปรับปรุงดิน ประเภทปุ๋ยโดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NEAR INFRARED SPECTROSCOPY; NIRS)	70
ตารางที่ 4-1 ค่ากำหนดและค่าความไม่แน่นอนของเหล็กและทองแดงทั้งหมดในตัวอย่างดินและปุ๋ยอ้างอิง.....	73
ตารางที่ 5-1 ร้อยละของตัวอย่างปุ๋ยที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ผ่านเกณฑ์ เมื่อทดสอบด้วยวิธี 1.10.01, AOAC 963.03 และ 993.31	74
ตารางที่ 5- 2 สรุปการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์และวิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์การจำแนกปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์.....	76
ตารางที่ 5-3 สรุปการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด กรดอะมิโน และฮอร์โมน IAA และ GA ₃ ในผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร.....	78
ตารางที่ 5-4 ผลวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืชในส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่อง HPLC.....	79
ตารางที่ 5-5 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้กับปริมาณฮอร์โมนพืช IAA และ GA ₃	79

บทที่ 1 บทนำ

1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืชเครื่องจักรกลการเกษตรและเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากลบนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

พันธกิจ

- 1) สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรสู่กลุ่มเป้าหมาย
- 2) กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิตพัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
- 3) อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืชแมลงและจุลินทรีย์
- 4) กำกับดูแลและพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน

ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง

เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุก ระดับและทุกมิติ

ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน

เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์

คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสาร ภาษาอังกฤษ

และภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม

สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและ สังคม เพิ่มโอกาส

ให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของ ประชาชนให้เป็นมิตร

ต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ

การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และโปรตรระบุแผนงาน/
โครงการให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.

โปรแกรมตามแผน ววน.	ชื่อแผนงานที่ได้รับอนุมัติ	งบประมาณ (บาท)
แพลตฟอร์มที่ 3 : การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขัน โปรแกรมที่ 12 : โครงสร้างพื้นฐานทางคุณภาพและบริการเศรษฐกิจนวัตกรรม	แผนงานที่ 26. แผนงานวิจัยพัฒนาวิธีการตรวจสอบเพื่อการรับรองมาตรฐานปัจจัยการผลิตและสินค้าพืช แผนงานย่อยที่ 1 วิจัยและพัฒนามาตรฐานการตรวจวิเคราะห์พืชและปัจจัยการผลิตเพื่อการเกษตรมั่นคง <u>โครงการที่ 1 วิจัยและพัฒนามาตรฐานการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดินเพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล</u>	5,193,352
	รวมทั้งสิ้น	5,193,352

4. รายละเอียดโครงการ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานเดียวภายในประเทศมีหน้าที่ให้บริการตรวจวิเคราะห์ และควบคุม ดูแลคุณภาพปุ๋ย สารปรับปรุงดิน และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช ซึ่งเป็นการบังคับใช้กฎหมายตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 ปัจจุบัน ความต้องการใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทยยังคงเพิ่มสูงขึ้น โดยปี 2558 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูงถึง 4,653,060 ตัน มูลค่าประมาณ 56,708 ล้านบาท วัตถุอันตรายทางการเกษตร ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และเคมีเกษตร จำนวน 149,459 ตัน (ปริมาณสารสำคัญ 79,037 ตัน) มูลค่ากว่า 19,302 ล้านบาท และในปี 2560 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมี 5,821,559 ตัน มูลค่าการนำเข้า 57,803 ล้านบาท โครงการวิจัยและพัฒนามาตรฐานการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดินเพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อพัฒนาความสามารถของห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตรให้เป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงโดยการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆ ในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ดิน พืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานวิธีทดสอบของประเทศไทย และรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 เพื่อให้ห้องปฏิบัติการเป็นที่ยอมรับในระดับสากล และใช้เป็นข้อมูลเชิงวิชาการอ้างอิงตามกฎหมาย โดยการพัฒนาเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองในปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์เคมี เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมคุณภาพปุ๋ยที่จำหน่ายในท้องตลาด รวมทั้ง การพัฒนาวิธีตรวจวิเคราะห์เพื่อยืนยันทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณของธาตุอาหารที่ให้ผลการทดสอบที่รวดเร็ว แม่นยำ และวิจัยเพื่อหาข้อมูลสารออกฤทธิ์ขั้นต่ำของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ได้จากพืช เพื่อใช้ในการควบคุมตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 เพื่อให้เกษตรกรได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพ ตรงตามสูตร และสร้างความเป็นธรรมให้กับผู้ประกอบการ และรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร

นอกจากนี้ ปัจจุบันประเทศไทยมีห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ด้านปัจจัยการผลิต อยู่มากกว่า 40 ห้องปฏิบัติการ กรมวิชาการเกษตรจำเป็นต้องพัฒนาห้องปฏิบัติการเพื่อให้เป็นห้องปฏิบัติการต้นแบบในการตรวจวิเคราะห์ และควบคุมคุณภาพของวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอื่นๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ จึงจำเป็นต้องพัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรองภายใน ตามมาตรฐาน ISO Guide 35 และเป็นการเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการกรมวิชาการเกษตรเข้าสู่มาตรฐาน ISO/IEC 17034 ทำให้ตัวอย่างอ้างอิงที่ได้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล และยังเป็น การลดการนำเข้าตัวอย่างอ้างอิงจากต่างประเทศ ในแต่ละปีแต่ละห้องปฏิบัติการต้องจัดซื้อตัวอย่างอ้างอิง มากกว่า 500,000 บาท หรือคิดมูลค่าทั้งประเทศมากกว่า 20,000,000 บาทต่อปี

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ศึกษาเพื่อกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อสนับสนุน กำกับ ควบคุม และดูแล ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และศึกษาข้อมูลสารออกฤทธิ์ขั้นต่ำของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ได้จากพืชตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562
- 2) พัฒนาวิธี และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ดิน น้ำ วัตถุเคมีทางการเกษตร และธาตุอาหารพืชในพืช ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017
- 3) ศึกษาวิธีวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ และสารปรับปรุงดิน ประเภทปุ๋ยโดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
- 4) พัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรองของดินและปุ๋ย ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17034

ขอบเขตการศึกษา

พัฒนาความสามารถของห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงในการตรวจวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดิน โดยการพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ หากสมบัติต่างๆ ในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ดิน พืช และวัตถุเคมีทางการเกษตร โดยเทคนิคอินดักทีฟฟลูออโรสเปกโตรเมทรี (ICP-OES) และเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ ลิกวิด โครมาโทกราฟี (HPLC) เป็นต้น โดยการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี ต้องมีการตรวจสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity) ช่วงของการวัด (Working range) ความคงทนของวิธี (Ruggedness/ Robustness) ตามมาตรฐาน Eurachem (2014) และ ISO/IEC 17025:2017 เพื่อกำหนดเป็นวิธีวิเคราะห์มาตรฐานของประเทศไทย และนำค่าความไม่แน่นอนของการทดสอบมากำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และปุ๋ยอินทรีย์ โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ประกอบการนำไปใช้ควบคุมคุณภาพปุ๋ย ควบคุมการผลิต และจำหน่ายปุ๋ยให้มีคุณภาพ รวมทั้งพัฒนาเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงคุณภาพในการพิสูจน์หาเอกลักษณ์หาองค์ประกอบทางเคมีของไนโตรเจนแต่ละชนิดในปุ๋ยเคมี เพื่อเป็นการลดข้อจำกัดของการวิเคราะห์ทางเคมี ที่ไม่สามารถแยกองค์ประกอบของไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ได้ รวมทั้งหาเอกลักษณ์ของสารปรับปรุงดิน ประเภทปุ๋ยเพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของการวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อให้สารวัตรเกษตรนำไปบังคับใช้ กำกับ ควบคุม และดูแลคุณภาพปุ๋ยที่จำหน่ายในท้องตลาด ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่

2) พ.ศ. 2550 และวิจัยเพื่อหาข้อมูลสารออกฤทธิ์ชั้นต่ำของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชที่ได้จากพืช เพื่อใช้ในการควบคุมตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมกับผู้ประกอบการ และรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร นอกจากนี้ ยังเป็นการสร้างระบบประกันคุณภาพผลวิเคราะห์ด้วยการพัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรองตามมาตรฐาน ISO Guide 35 โดยการให้ค่ากำหนดด้วยเทคนิค Inductively coupled plasma–isotope dilution mass spectrometry (ICP–IDMS) และเป็นการเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการเข้าสู่มาตรฐาน ISO/IEC 17034 เพื่อให้ห้องปฏิบัติการในประเทศไทยมีมาตรฐานเดียวกัน เป็นที่น่าเชื่อถือ และยอมรับในระดับสากล

นิยามศัพท์

- 1) ห้องปฏิบัติการอ้างอิงสากล (International Reference Laboratory)
- 2) เกณฑ์คลาดเคลื่อน (Uncertainty)
- 3) ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation)
- 4) สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy; NIRS)
- 5) สารปรับปรุงดิน (Soil Conditioner)
- 6) แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโต (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR)
- 7) อินดักทีฟลีคทีฟเปิลพลาสมาส-ไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมทรี (Inductively Coupled Plasma-Isotope Dilution Mass Spectrometry; ICP-IDMS)

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

1.วิธีการดำเนินการวิจัย

กิจกรรมวิจัยที่1 การกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีอินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์ ประกอบด้วย 6 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1.1 ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากค่าความไม่แน่นอนของการวัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Sucrose, AR grade
- 2) EDTA, RM
- 3) วัสดุอ้างอิงรับรอง ได้แก่ Calcium Ammonium Nitrate, (CRM-BCR No.178) และ Urea, (CRM-BCR No.179)

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Combustion instrument
- 2) Tin Foil
- 3) Tin Capsule

4) Volumetric flask Class A ขนาด 100 มิลลิลิตร

5) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์
2. จัดเตรียมปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการวิเคราะห์ครอบคลุมที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม (A))
3. ตรวจสอบใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Combustion
 - 3.1 หาความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) โดยชั่ง Sample blank (ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในระดับต่ำ เติมสารมาตรฐานไนโตรเจน 7 ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ช้ำ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้ พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรง คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$
 - 3.2 หาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยวิเคราะห์ Sample blank ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ 10 ช้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$$LOD = 3S_0'$$
$$LOQ = 10S_0'$$
 - 3.3 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ และ LOQ ที่เติมลงในตัวอย่างปุ๋ยที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ช้ำและต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์หาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio)
4. การประเมินค่า คำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ด้วย Combustion method
5. แบ่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ (A) เป็น 2 ส่วน (A1, A2) ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำปุ๋ยอินทรีย์ A1, A2 มาแบ่งเป็น 4 ส่วน ตาม Eurachem (2019) และบดตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 8 ส่วน นำตัวอย่างที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์ ตัวอย่างละ 2 คน คนละ 2 ช้ำ
6. คำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนเตรียมตัวอย่าง และขั้นตอนวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์
7. คำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์
8. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและรวบรวมตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ จังหวัดราชบุรี นครปฐม นนทบุรี สุพรรณบุรี ปทุมธานี กาญจนบุรี ชัยนาท นครราชสีมา สระบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Ammonium molybdate $[(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O]$, AR grade
- 2) Ammonium metavanadate (NH_4VO_3) , AR grade
- 3) Nitric acid 69-70 % (HNO_3) , AR grade
- 4) Perchloric acid 69-72% $(HClO_4)$, AR grade
- 5) Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) , AR grade
- 6) วัสดุอ้างอิงรับรอง ได้แก่ Ammonium dihydrogen phosphate (SRM 194a) และ Natural moroccanphosphate rock (BCR-032)

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร
- 2) Pipette Class A ขนาด 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 15, 20 และ 25 มิลลิลิตร
- 3) Volumetric flask Class A ขนาด 100, 250, 500 และ 2000 มิลลิลิตร
- 4) Spectrophotometer
- 5) Hot plate
- 6) กระจกทรงเบอร์ 1
- 7) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 8) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์
2. จัดเตรียมปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการวิเคราะห์ โดยให้ครอบคลุมปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่างตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม (A)

3. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วยวิธี Spectrophotometric Molybdovanadophosphate โดยใช้กรดเปอร์คลอริก และไนตริกอัตรา 1:1 ในการย่อยสลายตัวอย่างปุ๋ย
 - 3.1. หาความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) โดยชั่ง Sample blank (ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในระดับต่ำ เติมน้ำมาตรฐานฟอสฟอรัส 7 ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ช้ำ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมน้ำมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้ พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรงคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$
 - 3.2. หาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยวิเคราะห์ Sample blank ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ 10 ช้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$LOD = 3S_0'$$

$$LOQ = 10S_0'$$
 - 3.3. พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้นสูง และ LOQ ที่เติมลงในตัวอย่างปุ๋ยที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ช้ำและต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio)
 4. แบ่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ (A) เป็น 2 ส่วน (A1,A2) ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำปุ๋ยอินทรีย์ A1,A2 มาแบ่งเป็น 4 ส่วนตาม Eurachem(2019) และบดตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 8 ส่วน นำตัวอย่างที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 คน คนละ 2 ช้ำ
 5. นำผลที่ได้มาคำนวณทางสถิติและใช้ข้อมูลประเมินค่าความไม่แน่นอนจากการสุ่ม
 6. รวบรวมแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนและประเมินค่าความไม่แน่นอนของส่วนประกอบจากแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนต่างๆ แล้วคำนวณหาความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด
 7. คำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์
 8. สรุปและรายงานผล
- การบันทึกข้อมูล
- ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P₂O₅) หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)
- ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี
- สถานที่ดำเนินการ
1. สถานที่สำรวจและรวบรวมตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ จังหวัดราชบุรี นครปฐม นนทบุรี สุพรรณบุรี ปทุมธานี กาญจนบุรี ชัยนาท นครราชสีมา สระบุรี
 2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 1.3 ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Calcium carbonate (CaCO_3), AR Grade
- 2) Hydrochloric acid 36-38% (HCl), AR Grade
- 3) Nitric acid 69-70% (HCl), AR Grade
- 4) Perchloric acid 69-70% (HCl), AR Grade
- 5) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 1000 mg/L
- 6) แก๊สอะเซทิลีน (Acetylene)
- 7) วัสดุอ้างอิงรับรอง ได้แก่ Potassium Chloride (KCl) และ Potassium Dihydrogen Phosphate (KH_2PO_4)

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Flame photometer
- 2) Hot plate
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 5) เครื่องเขย่า
- 6) กระจกกรองเบอร์ 1
- 7) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์
2. จัดเตรียมปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการวิเคราะห์ โดยให้ครอบคลุมปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม (A)
3. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมด โดยวิธี Flame photometric โดยใช้กรดเปอร์คลอริก และไนตริกอัตรา 1:1 ในการย่อยสลายตัวอย่างปุ๋ย
 - 3.1 การหาช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) โดยชั่ง Sample blank (ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในระดับต่ำ เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 7 ระดับความเข้มข้น คือ 0, 4, 8, 12, 15, 20, 24 ppm) ชั่ง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2551) นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียมกับค่าความเข้มข้นแสง (Emission intensity) ที่อ่านจากเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์

(Reading) พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรง แล้วชั่ง Sample blank เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 7 ระดับ ในช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง 3 ซ้ำ ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ สร้างกราฟระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียมกับ ค่าเฉลี่ยของ Reading คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$

3.2 ขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยชั่ง Sample blank น้ำหนัก 1.xxxx กรัม ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$LOD = 3S_0'$$

$$LOQ = 10S_0'$$

3.3 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ และ LOQ ที่เติมลงในตัวอย่างปุ๋ยที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำและต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM เกณฑ์การยอมรับ % Recovery 95-105 (Eurachem, 2014; AOAC, 2016) และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio) เกณฑ์การยอมรับ < 2 (AOAC, 2016)

4. แบ่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ (A) เป็น 2 ส่วน (A1,A2) ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำปุ๋ยอินทรีย์ A1,A2 มาแบ่งเป็น 4 ส่วน ตาม Eurachem (2019) และบดตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 8 ส่วน นำตัวอย่างที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 คน คนละ 2 ซ้ำ
5. นำผลที่ได้มาคำนวณทางสถิติและใช้ข้อมูลประเมินค่าความไม่แน่นอนจากการสุ่ม
6. รวบรวมแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนและประเมินค่าความไม่แน่นอนของส่วนประกอบจากแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนต่างๆ แล้วคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์
7. คำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์
สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total-K₂O) หน่วยเป็น เปอร์เซนต์ (%)

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและรวบรวมตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ จังหวัดราชบุรี นครปฐม นนทบุรี สุพรรณบุรี ปทุมธานี กาญจนบุรี ชัยนาท นครราชสีมา สระบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 1.4 ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม

ออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันในปุ๋ยเคมีด้วยเทคนิคอินดักทีฟลิคัฟเฟิลพลาสมา

สเปคโตรเมทรี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) สารละลายมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน
- 2) ก๊าซอาร์กอน
- 3) ก๊าซไนโตรเจน

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)
- 2) Hot plate
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 4) เครื่องบดตัวอย่างพร้อมอุปกรณ์
- 5) ตู้ดูดไอกรด
- 6) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์
2. คัดเลือก รวบรวมตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถัน ระดับต่างๆให้ครอบคลุม 5 ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง พร้อมกับรวบรวมข้อมูลของตัวอย่าง
3. เตรียมตัวอย่างปุ๋ย ตัวอย่างละ 1 kg จำนวน 2 ถัง แต่ละถังแบ่งตามกรรมวิธีแบ่งตัวอย่างปุ๋ย ซึ่ง 1 ถังแบ่งเป็น 4 ส่วน (2 ถัง จะได้ 8 ส่วน) บดตัวอย่างที่ได้ทั้ง 8 ส่วน
4. การประเมินค่า คำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (Sampling precision) และวิเคราะห์ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถัน (Analytical precision) ในปุ๋ยเคมีด้วยเทคนิคอินดักทีฟพลาสมาสเปคโตรเมทรี
 - 4.1 จัดเตรียมปุ๋ยเคมีสำหรับการวิเคราะห์ ครอบคลุมที่มีปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม (A)
 - 4.2 แบ่งตัวอย่างปุ๋ยเคมี (A) เป็น 2 ส่วน (A1, A2) ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำปุ๋ยเคมี A1, A2 มาแบ่งเป็นตัวอย่างละ 4 ส่วน (Eurachem, 2019) และบดตัวอย่างปุ๋ยเคมีทั้ง 8 ส่วน นำตัวอย่างที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 คน คนละ 2 ซ้ำ ตามกรรมวิธีทดสอบ
5. วิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ แบบต่างวัน เพื่อหาค่าความเที่ยง
6. นำผลที่ได้มาคำนวณทางสถิติและใช้ข้อมูลประเมินค่าความไม่แน่นอนจากการสุ่ม
7. รวบรวมแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนและประเมินค่าความไม่แน่นอนของส่วนประกอบจากแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนต่างๆ แล้วคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถัน

- กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันในปุ๋ยเคมี
- สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันในปุ๋ยเคมี หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

- สถานที่สำรวจและรวบรวมตัวอย่างปุ๋ยเคมี จังหวัดราชบุรี นครปฐม นนทบุรี สุพรรณบุรี ปทุมธานี กาญจนบุรี ชัยนาท นครราชสีมา สระบุรี
- ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 1.5 ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1,10-paraphenatroline, AR grade
- Ammonium ferrous sulphate, AR grade
- Potassium dichromate, AR grade
- Sulfuric acid 98%, AR grade

วัสดุอุปกรณ์

- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- เครื่องบดตัวอย่างพร้อมอุปกรณ์
- ตุ้ตูดไอกรด
- เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

- จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์ รวมทั้งสำรวจและรวบรวมตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมี
- ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุด้วยวิธี Walkley and Black โดยการหาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) และพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยใช้วิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) หรือวัสดุอ้างอิง หรือสารมาตรฐาน ที่ระดับความเข้มข้นสูง กลาง ต่ำ และ LOQ นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามที่มาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (2016)
- การประเมินค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในปุ๋ย

อินทรีย์เคมี

- 3.1 จัดเตรียมปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการวิเคราะห์ ครอบคลุมที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม (A)
- 3.2 แบ่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมี (A) เป็น 2 ส่วน (A1, A2) ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำปุ๋ยอินทรีย์เคมี A1, A2 มาแบ่งเป็นตัวอย่างละ 4 ส่วน (Eurachem, 2007) และบดตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมีทั้ง 8 ส่วน นำตัวอย่างที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 คน คนละ 2 ชั่วโมง
4. นำผลที่ได้มาคำนวณทางสถิติและใช้ข้อมูลประเมินค่าความไม่แน่นอนจากการสุ่ม
5. รวบรวมแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนและประเมินค่าความไม่แน่นอนของส่วนประกอบจากแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนต่างๆ แล้วคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์
6. กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี
7. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี หน่วยเป็น เปอร์เซนต์ (%)

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและรวบรวมตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมี จังหวัดราชบุรี นครปฐม นนทบุรี สุพรรณบุรี ปทุมธานี กาญจนบุรี ชัยนาท นครราชสีมา สระบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 1.6 ศึกษาเกณฑ์คลาดเคลื่อนจากค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์คลอไรต์ในปุ๋ยเคมี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Potassium chromate
- 2) Sodium chloride
- 3) สารละลายมาตรฐาน Silver nitrate

วัสดุอุปกรณ์

- 1) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 2) เครื่องบดตัวอย่างพร้อมอุปกรณ์
- 3) ตู้ดูดไอกรด
- 4) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติ

ทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการ

วิเคราะห์ รวมทั้งสำรวจและรวบรวมตัวอย่างปุ๋ยเคมี

2. ตรวจสอบใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์คลอไรด์ด้วยวิธี Argentometric

2.1. หาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยวิเคราะห์ Sample blank ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบปริมาณคลอไรด์ในปุ๋ยเคมี 7 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$LOD = 3S_0'$$

$$LOQ = 10S_0'$$

2.2. พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้นสูง กลาง ต่ำ และ LOQ ที่เติมลงในตัวอย่างปุ๋ยที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) ดำเนินการทดสอบตามวิธีคลอไรด์ในปุ๋ยเคมี โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ และต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio) ประเมินค่าคำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และวิเคราะห์คลอไรด์ในปุ๋ยเคมี

3. จัดเตรียมปุ๋ยเคมีสำหรับการวิเคราะห์ ครอบคลุมที่มีปริมาณคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม (A)
4. แบ่งตัวอย่างปุ๋ยเคมี (A) เป็น 2 ส่วน (A1, A2) ส่วนละ 1 กิโลกรัม แล้วนำปุ๋ยเคมี A1, A2 มาแบ่งเป็นตัวอย่างละ 4 ส่วน (Eurachem, 2007) และบดตัวอย่างปุ๋ยเคมีทั้ง 8 ส่วน นำตัวอย่างที่ได้ไปดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 คน คนละ 2 ซ้ำ
5. นำผลที่ได้มาคำนวณทางสถิติและใช้ข้อมูลประเมินค่าความไม่แน่นอนจากการสุ่ม
6. รวบรวมแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนและประเมินค่าความไม่แน่นอนของส่วนประกอบจากแหล่งที่มาของความไม่แน่นอนต่างๆ แล้วคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์
7. คำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณคลอไรด์ในปุ๋ยเคมี
8. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณคลอไรด์ หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและรวบรวมตัวอย่างปุ๋ยเคมี จังหวัดราชบุรี นครปฐม นนทบุรี สุพรรณบุรี ปทุมธานี นครราชสีมา สระบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

กิจกรรมวิจัยที่ 2 พัฒนา และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี ดิน และพืช ด้วยเทคนิคอินดิกทีฟลิคัฟเฟิลพลาสมาสเปคโตรเมทรี ประกอบด้วย 7 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 2.1 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โบรอนในปุ๋ยเคมีด้วยเทคนิคอินดิกทีฟ

พลีคัพเปิลพลาสมาสเปคโตรเมทรี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Hydrochloric acid 36 - 38% (HCl), AR grade
- 2) สารละลายมาตรฐานโบรอน ความเข้มข้น 1000 mg/L
- 3) ก๊าซอาร์กอน ชนิดบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับ 99.995%
- 4) ก๊าซไนโตรเจน ชนิดบริสุทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับ 99.999%
- 5) วัสดุอ้างอิงรับรอง ได้แก่ Borate Ore (SRM 1835) และ Boric acid (SRM 973)

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)
- 2) เครื่องซังไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3) เครื่องเขย่า
- 4) เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องใช้ในการทดสอบ และจัดหาวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material: CRM) ที่มีค่า Certified Value และ Uncertainty และตัวอย่างปุ๋ยเคมี
2. หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ในการวิเคราะห์โบรอนในดิน เช่น Wavelength, Sample flow rate, Nebulizer flow rate, Plasma flow rate และ plasma scanning เป็นต้น
3. ศึกษาการรบกวนของธาตุเหล็ก และธาตุอื่นๆ ที่มีผลต่อปริมาณโบรอนในการวัดด้วยเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง
4. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โบรอนในปุ๋ยเคมีโดยวิธี Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic method
 - 4.1. ความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) โดยซัง Sample blank เติมสารมาตรฐานโบรอน 7 ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซัง นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้ พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรง คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$
 - 4.2. หาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยวิเคราะห์ Sample blank ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบปริมาณโบรอน 10 ซัง บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$$\text{LOD} = 3S_0'$$
$$\text{LOQ} = 10S_0'$$
 - 4.3. พิสูจน์ความแม่นยำ (Accuracy) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified

Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง และ LOQ ที่เติมลงในตัวอย่างปุ๋ยที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโบรอนในปุ๋ย โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำและต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Accuracy โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio)

5. ตรวจสอบความคงทนของวิธีทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติ (Ruggedness) เช่น ปริมาณกรดที่ใช้ย่อย ความเร็วรอบในการเขย่า อุณหภูมิ เป็นต้น
6. สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่า โดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ของการวิเคราะห์ โดย Azomethine H method และ Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic method ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลง และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณโบรอน หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ระยะเวลา และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 2.2 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โบรอนในดินด้วยเทคนิคอินดักทีฟลิคฟเปลลาสมาสเปคโตรเมทรี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Boric acid (H_3BO_3), AR grade
- 2) Calcium chloride ($CaCl_2$), AR grade
- 3) สารละลายมาตรฐานโบรอน ความเข้มข้น 1000 mg/L
- 4) วัสดุอ้างอิงรับรอง ได้แก่ GBW 07416a Red soil, GBW 07416a Paddy soil และ NCS DC 85113 Black soil
- 5) ก๊าซอาร์กอน

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)
- 2) Hot plate
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 5) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องใช้ในการทดสอบ และจัดหาวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่มีค่า Certified Value และ Uncertainty และตัวอย่างดินที่มีระดับความเข้มข้นโบรอน ต่ำ กลาง สูง
2. หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ในการวิเคราะห์โบรอนในดิน เช่น Wavelength, Sample flow rate, Nebulizer flow rate, Plasma flow rate และ plasma scanning เป็นต้น
3. ศึกษาการรบกวนของธาตุหลัก ที่มีผลต่อปริมาณโบรอนในการวัดด้วยเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง
4. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โบรอนในดิน ที่สกัดด้วยวิธี Hot-Water Soluble Boron และวัดปริมาณด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic method ดังนี้
 - 4.1 Linearity / range ทดสอบโดยการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโบรอน ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน อย่างน้อย 7 ความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ประเมินค่า correlation coefficient; r ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง response และปริมาณความเข้มข้นของโบรอน ($r \geq 0.995$)
 - 4.2 หาค่า Trueness และ precision โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโบรอน โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ และต่างวันเวลา ประเมินผลการทดสอบ จาก % Recovery และ HorRat (Eurachem, 2014; AOAC, 2016)
 - 4.3 หาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยใช้ค่า Standard deviation ของการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีโบรอนปริมาณน้อยจำนวน 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร

$$\text{LOD} = 3S_0'$$

$$\text{LOQ} = 10S_0'$$
 - 4.4 นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (2016)
5. ตรวจสอบความคงทนของวิธีทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติ (Ruggedness) เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ความเร็วรอบในการเขย่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการกรอง เป็นต้น
6. สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความแม่นยำ ความสะอาดรวดเร็ว และความคุ้มค่า โดยวิเคราะห์ต้นทุนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer)

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณ โบรอน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะเวลา และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิต

การทดลองที่ 2.3 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โบรอนในพืชด้วยเทคนิคอินดักทีฟลิคฟเปลพลาสมาสเปคโตรเมทรี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Hydrochloric acid, AR grade
- 2) สารละลายมาตรฐานโบรอน ความเข้มข้น 1000 mg/L
- 3) วัสดุอ้างอิงรับรอง ได้แก่ CRM – Peach leaves (NIST-1547)

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)
- 2) Silica crucibles
- 3) Muffle furnace
- 4) Volumetric flask Class ขนาด 50, 1000 มิลลิลิตร
- 5) กระดาษกรองเบอร์ 1
- 6) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 7) เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
2. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โบรอนในพืช

2.1 หาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของวิธีวิเคราะห์ (Range) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโบรอน ความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นละ 1 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรงคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$

2.2 หาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานที่นำมาใช้งาน (Linearity) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโบรอน ความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรงคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$

2.3 หาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยวิเคราะห์ Sample blank จำนวน 10 ซ้ำ ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโบรอนในพืชด้วยเทคนิคอินดักทีฟลิคฟเปลพลาสมาสเปคโตรเมทรี บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$LOD = \text{mean}_{bl} + 3S_{bl}$$

$$LOQ = \text{mean}_{bl} + 10S_{bl}$$

2.4 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และ สูง โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ในวัน เวลา ที่แตกต่างกัน นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio)

2.5 วิเคราะห์ความคงทนของวิธีวิเคราะห์โบรอนในพืชด้วยเทคนิคอินดักทีฟพลาสมาสเปกโตรเมทรี อย่างน้อย 3 พารามิเตอร์

3. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณ โบรอน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะเวลา และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยพืช วัสดุเคมีการเกษตรและนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

การทดลองที่ 2.4 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินด้วยเทคนิคอินดักทีฟพลาสมาสเปกโตรเมทรี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 1000 mg/L
- 2) โซเดียมโบคาร์บอเนต
- 3) ก๊าซอาร์กอน

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)
- 2) เครื่องซังไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 3) เครื่องเขย่า
- 4) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน เช่น Wavelength, Sample flow rate, Nebulizer flow rate, Plasma flow rate และ plasma scanning เป็นต้น
2. ตรวจสอบความคงทนของวิธีทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติ (Ruggedness) เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ความเร็วรอบในการเขย่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการกรอง เป็นต้น
3. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่สกัดด้วย 0.01 M CaCl₂ และวัด

ปริมาณโดยวิธี Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic ดังนี้

3.1 Linearity / range ทดสอบโดยการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เพิ่มสารมาตรฐานฟอสฟอรัสที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างน้อย 7 ความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ประเมินค่า correlation coefficient; r ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง response และปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัส ($r \geq 0.995$)

3.2 หาค่า Trueness และ precision โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบฟอสฟอรัส โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ และต่างวันเวลา ประเมินผลการทดสอบ จาก % Recovery และ HorRat (Eurachem, 2014; AOAC, 2016)

3.3 หาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยใช้ค่า SD- standard deviation ของการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีฟอสฟอรัสปริมาณน้อย จำนวน 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร

$$\text{LOD} = 3S_0'$$

$$\text{LOQ} = 10S_0'$$

3.4 นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (2016)

4. สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่า โดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลง และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณ ฟอสฟอรัส หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะเวลา และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.5 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินด้วยเทคนิคอินดักทีฟพลาสมาสเปกโตรเมทรี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Ammonium acetate, AR grade
- 2) Ammonium hydroxide, AR grade
- 3) Acetic acid, AR grade
- 4) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม 1000 mg/L

5) ก๊าซอาร์กอน

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)
- 2) pH meter
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 4) เครื่องเขย่า
- 5) เครื่องแก้วและวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องใช้ในการทดสอบ และจัดหาวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่มีค่า Certified Value และ Uncertainty และตัวอย่างดิน
2. หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ในการวิเคราะห์โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน
3. ศึกษาการรบกวนกันของธาตุโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในการวัดด้วยเครื่อง ICP ในเวลาเดียวกัน ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง
4. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน โดยสกัดดิน ด้วย NH_4OAc pH 7.0 และ วัด ปริมาณ ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic ดังนี้
 - 4.1 Linearity / range ทดสอบโดยการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างน้อย 7 ความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ประเมินค่า correlation coefficient; r ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง response และปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ($r \geq 0.995$)
 - 4.2 หาค่า Trueness และ precision โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 7 ซ้ำ และต่างวันเวลา ประเมินผลการทดสอบ จาก % Recover y และ HorRat (Eurachem, 2014; AOAC, 2016)
 - 4.3 หาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยใช้ค่า SD- standard deviation ของการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมปริมาณน้อย จำนวน 7 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร
$$\text{LOD} = 3S_0'$$
$$\text{LOQ} = 10S_0'$$
 - 4.4 นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (2016)

5. ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะและสิ่งแวดล้อมของวิธีโดยการตรวจสอบความคงทนของวิธีทดสอบ โดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติ (Ruggedness) จำนวน 7 ตัวแปร 8 การทดลอง การทดลองละ 4 ซ้ำ
6. สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่า โดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลง และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์
7. สรุปและรายงานผล

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณ โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) ระยะเวลา และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.6 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดินด้วยเทคนิคอินดักทีฟพลาสมาสเปกโตรเมทรี

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Calcium chloride, AR grade
- 2) Diethylenetriaminepenta acetic acid (DPTA), AR grade
- 3) Triethanolamine, AR grade
- 4) สารละลายมาตรฐานเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง 1000 mg/L
- 5) ก๊าซอาร์กอน

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer (ICP-OES)
- 2) pH meter
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 4) เครื่องเขย่า

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องใช้ในการทดสอบ และจัดหาวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่มีค่า Certified Value และ Uncertainty และตัวอย่างดิน
2. หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ในการวิเคราะห์ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน
3. ศึกษาการรบกวนกันของธาตุ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในการวัดด้วยเครื่อง ICP ในเวลาเดียวกัน ที่

ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง

4. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยสกัดดินด้วย DTPA pH 7.3 และวัดปริมาณด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic ดังนี้
 - 4.1 Linearity / range ทดสอบโดยการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เตรียมสารมาตรฐานเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างน้อย 7 ความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ประเมินค่า correlation coefficient; r ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง response และปริมาณความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ($r \geq 0.995$)
 - 4.2 หาค่า Trueness และ precision โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น กลาง และสูง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 7 ซ้ำและต่างวันเวลา ประเมินผลการทดสอบ จาก % Recovery และ HorRat(Eurachem, 2014; AOAC, 2016)
 - 4.3 หาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยใช้ค่า SD- standard deviation ของการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงปริมาณน้อย จำนวน 7 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร
$$LOD = 3S_0'$$
$$LOQ = 10S_0'$$
 - 4.4 นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามที่มาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (2016)
 5. ตรวจสอบความคงทนของวิธีทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงสถานะเพียงเล็กน้อยจากสถานะปกติ (Ruggedness) โดยมี 7 ตัวแปร 8 การทดลอง
 6. สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่า โดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลง และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์
 7. สรุปและรายงานผล
- การบันทึกข้อมูล
- ปริมาณ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)
- ระยะเวลา และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ
- ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี
- สถานที่ดำเนินการ
- ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
- การทดลองที่ 2.7 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ซิลิคอนในดินด้วยเทคนิคอินดักทีฟลิคฟเปิดพลาสมาสเปคโตรเมทรี**
- สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Sodium acetate (NaOAc), AR grade
- 2) สารละลายมาตรฐานซิลิคอน 1000 mg/L
- 3) วัสดุอ้างอิงรับรอง ได้แก่ GBW 07417a Paddy soil, NSC DC 85113 Black soil และ GBW 07412a Brown soil
- 4) ก๊าซอาร์กอน

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer (ICP-OES)
- 2) pH meter
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 5) เครื่องเขย่า

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องใช้ในการทดสอบ และจัดหาวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่มีค่า Certified Value และ Uncertainty และตัวอย่างดิน
2. หาสถานะที่เหมาะสมของเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ในการวิเคราะห์ซิลิคอนในดิน
3. ศึกษาการรบกวนกันของธาตุซิลิคอน ในการวัดด้วยเครื่อง ICP ในเวลาเดียวกัน ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง
4. ตรวจสอบความคงทนของวิธีทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงสถานะเพียงเล็กน้อยจากสถานะปกติ (Ruggedness) เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ความเร็วรอบในการเขย่า อุณหภูมิ ระยะเวลาการกรอง เป็นต้น
5. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ซิลิคอน โดยสกัดดินด้วย 1 M NaOAc pH 4.0 และวัดปริมาณด้วยเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer ดังนี้)
 - 5.1 Linearity / range ทดสอบโดยการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานซิลิคอน ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างน้อย 7 ความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ประเมินค่า correlation coefficient; r ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Response และปริมาณความเข้มข้นของซิลิคอน ($r \geq 0.995$)
 - 5.2 หาค่า Trueness และ precision โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบซิลิคอน โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ และต่างวันเวลา ประเมินผลการทดสอบ จาก % Recovery และ HorRat (Eurachem, 2014; AOAC, 2016)
 - 5.3 หาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยใช้ค่า SD- standard deviation ของการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีซิลิคอนปริมาณน้อย จำนวน 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร

$$\text{LOD} = 3S_0'$$

$$\text{LOQ} = 10S_0'$$

5.4 นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามที่มาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (2016)

6. สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่า โดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลง และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

7. สรุปและรายงานผล

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณซิลิคอนในดิน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะเวลา และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมวิจัยที่ 3 พัฒนารูปแบบการวิเคราะห์และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ย และสารปรับปรุงดินโดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) ประกอบด้วย 5 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 3.1 วิเคราะห์คุณสมบัติและวิเคราะห์องค์ประกอบของไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Boric acid (H_3BO_3), AR grade
- 2) Ethyl alcohol 90 - 95% ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), AR grade
- 3) Hydrochloric acid 36 -38% (HCl), AR grade
- 4) Magnesium Oxide (MgO), AR grade
- 5) Methyl red, AR grade
- 6) Methylene blue, AR grade
- 7) Pumice stone granular
- 8) Sodium carbonate (Na_2CO_3), AR grade
- 9) Devarda alloy, AR grade
- 10) Sodium hydroxide (NaOH), Commercial grade หรือ AR grade
- 11) Copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), AR grade

- 12) Potassium sulfate (K_2SO_4), AR grade
- 13) Salicylic acid [$C_6H_4(OH).COOH$], AR grade
- 14) Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$), AR grade
- 15) Sulfuric acid 93 - 98% (H_2SO_4), AR grade
- 16) Zinc granular, AR grade
- 17) สารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก (HCl) 1 N

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Near Infrared Spectrometer
- 2) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3) เครื่องบดตัวอย่าง
- 4) เครื่องย่อย และกลั่นไนโตรเจน
- 5) เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. ศึกษาและรวบรวมเอกสารหาข้อมูลเพื่อนำมาพิจารณาคูณลักษณะทางเทคนิคที่สำคัญขององค์ประกอบไนโตรเจน ซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนียมไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี
2. จัดหาแม่ปุ๋ยแอมโมเนียมไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน พร้อมกับรวบรวมข้อมูลของตัวอย่าง
3. วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีพ.ศ. 2559
4. วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIRS โดยนำตัวอย่างปุ๋ยที่ทราบปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน มาวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) โดยเทตัวอย่างปุ๋ยเคมี ใส่ลงใน Petri dish ให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง NIRS โดยใช้แสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร เพื่อเก็บสเปกตรัม
5. นำสเปกตรัม (Spectrum) ที่ได้มาปรับปรุง (pre-treatment) โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความยาวคลื่นจำเพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของแอมโมเนียมไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน
6. สร้างและปรับปรุงสมการทำนายเพื่อใช้ประเมินผลโดยหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 800 - 2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร และปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปNIRCaของเครื่อง NIR (BuchiNIRFlex N-500, Switzerland)
7. ประเมินประสิทธิภาพ และตรวจสอบความใช้ได้ของสมการ โดยใช้ตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ และปรับปรุงสมการ
8. ตรวจสอบประเมินเพื่อแยกชนิดขององค์ประกอบของไนโตรเจนของปุ๋ยเคมีในเบื้องต้น (qualitative) และวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (quantitative) ของปุ๋ยเคมีโดยใช้สมการทำนายผล

9. สรุปและเขียนรายงาน

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธีห้องปฏิบัติการและโดยเทคนิค NIRS
ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 3.2 วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมีด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Ferrous sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) หรือ Ammonium ferrous sulfate ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- 2) O-phenanthroline indicator ($\text{C}_{18}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), AR grade
- 3) Potassium dichromate ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), AR grade
- 4) Sulfuric acid 93 - 98% (H_2SO_4), AR grade

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Near Infrared Spectrometer
- 2) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3) เครื่องบดตัวอย่าง
- 4) เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. ศึกษาและรวบรวมเอกสารหาข้อมูลเพื่อนำมาพิจารณาคูณลักษณะทางเทคนิคที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยเคมี
2. เก็บรวบรวมและเตรียมตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ระดับความเข้มข้นอินทรีย์วัตถุครอบคลุมทุกระดับความเข้มข้น พร้อมกับรวบรวมข้อมูลของตัวอย่าง
3. วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุตาม ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559 วิธีทดสอบ 1.28.01
4. วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIRS โดยนำตัวอย่างปุ๋ยที่ทราบปริมาณอินทรีย์วัตถุมาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) โดยเทตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมี ใส่ลงใน Petri dish ให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง NIRS โดยใช้แสงที่มีความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร เพื่อเก็บสเปกตรัม
5. สร้างและปรับปรุงสมการทำนายเพื่อใช้ประเมินผลโดยหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 780 - 2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร และ

ปริมาณอินทรีย์วัตถุของตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NIRCal ของเครื่อง NIR (Buchi NIRFlex N-500, Switzerland)

- ประเมินประสิทธิภาพ และตรวจสอบความใช้ได้ของสมการ โดยปรับปรุงสมการให้มีค่าความสัมพันธ์ (R) กับค่าการดูดกลืนแสงของปริมาณอินทรีย์วัตถุ สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard of Calibration : SEC) และค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard of Error of Prediction: SEP) ต่ำ และค่าอัตราส่วนระหว่าง SD กับ SEP (Ratio of Prediction to Deviation, RPD) สูง แล้วนำสมการไปประเมินปริมาณอินทรีย์วัตถุในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมี จนแน่ใจว่าสมการมีประสิทธิภาพในการประเมิน
- วิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative) ของปุ๋ยอินทรีย์เคมีโดยใช้สมการทำนายผล
- สรุปและเขียนรายงาน

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธีห้องปฏิบัติการและโดยเทคนิค NIRS

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 3.3 พิสูจน์เอกลักษณ์ และหาสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารปรับปรุงดินชนิดปุณขาว โดยเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) สารมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม 1000 mg/L
- 2) Nitric acid 63 - 65% (HNO₃), AR grade
- 3) pH Buffer 4, 7 และ 10

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Near Infrared Spectrometer
- 2) pH Meter
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 4) ตู้อบ
- 5) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. ศึกษาหาข้อมูลเพื่อนำมาพิจารณาคูสมบัติที่สำคัญของปุณขาว รวบรวมตัวอย่างปุณขาว และตัวอย่างสารปรับปรุงดินประเภทปุณชนิดอื่นที่จำหน่ายทั่วไป เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ
2. วัดการดูดกลืนแสงสารปรับปรุงดินชนิดปุณขาวและตัวอย่างสารปรับปรุงดินประเภทปุณชนิดอื่น ด้วยเครื่อง NIRS

แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) โดยใช้แสงที่มีความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร

3. นำสเปกตรัม (Spectrum) ที่ได้มาหาความยาวคลื่นจำเพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของปูนขาว
4. เปรียบเทียบความแตกต่างของสเปกตรัมของปูนขาวและตัวอย่างสารปรับปรุงดินประเภทปูนชนิดอื่น
5. วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพตามคุณสมบัติที่สำคัญของปูนขาว เช่น Calcium carbonate equivalent (CCE), ปริมาณ CaO, pH และความชื้น
6. วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIRS โดยนำตัวอย่างสารปรับปรุงดินชนิดปูนขาวที่มีค่าทางเคมีและกายภาพมาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) ที่ความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร
7. สร้างและปรับปรุงสมการทำนายผลสำหรับการจัดจำแนกชนิดปูนและสมการประเมินผลทางเคมีเพื่อใช้ประเมินผล โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 800 - 2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร ของตัวอย่างชนิดปูน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NIRCa ของเครื่อง NIR (BuchiNIRFlex N-500, Switzerland)
8. ทดสอบสมการและปรับปรุงสมการทำนายผลการจัดจำแนกชนิดปูนและสมการประเมินผลค่าทางเคมีของปูนขาว โดยใช้ตัวอย่างทวนสอบ และปรับแก้สมการ
9. สรุปและรายงานผล

การบันทึกข้อมูล

ค่า CCE, ปริมาณ CaO, pH และความชื้น โดยวิธีห้องปฏิบัติการและโดยเทคนิค NIRS

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและเก็บตัวอย่างปูนขาว จังหวัดนครราชสีมา จันทบุรี นครปฐม ปทุมธานี นครนายก พระนครศรีอยุธยา นนทบุรี ราชบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 3.4 พิสูจน์เอกลักษณ์ และหาสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารปรับปรุงดินชนิดโดโลไมท์ โดยเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) สารมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม 1000 mg/L
- 2) Nitric acid 63 - 65% (HNO₃), AR grade
- 3) pH Buffer 4, 7 และ 10

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Near Infrared Spectrometer

- 2) pH Meter
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 4) ตู้อบ
- 5) ตะแกรงร่อน
- 6) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. ศึกษาหาข้อมูลเพื่อนำมาพิจารณาคุณสมบัติที่สำคัญของโดโลไมท์ รวบรวมตัวอย่างโดโลไมท์และตัวอย่างสารปรับปรุงดินประเภทปูนชนิดอื่นที่กำหนดทั่วไป เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ
2. วัดการดูดกลืนแสงสารปรับปรุงดินชนิดโดโลไมท์และตัวอย่างสารปรับปรุงดินชนิดอื่น ด้วยเครื่อง NIRS แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) โดยใช้แสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร
3. นำสเปกตรัม (Spectrum) ที่ได้มาหาความยาวคลื่นจำเพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของโดโลไมท์
4. เปรียบเทียบความแตกต่างของสเปกตรัมของโดโลไมท์และตัวอย่างสารปรับปรุงดินประเภทปูนชนิดอื่น
5. วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพตามคุณสมบัติที่สำคัญของโดโลไมท์ เช่น Calcium carbonate equivalent (CCE), ปริมาณ CaO, pH และความชื้น
6. วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIRS โดยนำตัวอย่างสารปรับปรุงดินชนิดโดโลไมท์ที่มีค่าทางเคมีและกายภาพมาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) ที่ความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร
7. สร้างและปรับปรุงสมการทำนายผลสำหรับการจัดจำแนกชนิดปูนและสมการประเมินผลค่าทางเคมีของโดโลไมท์ โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 780 - 2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NIRCal ของเครื่อง NIR (BuchiNIRFlex N-500, Switzerland)
8. ทดสอบและปรับปรุงสมการการจัดจำแนกชนิดปูนและสมการทำนายผลค่าทางเคมีของโดโลไมท์ โดยใช้ตัวอย่างทวนสอบ พร้อมทั้งปรับแก้สมการ
9. สรุปและรายงานผล

การบันทึกข้อมูล

ค่า CCE, ปริมาณ CaO, pH ความชื้น และขนาดอนุภาค โดยวิธีห้องปฏิบัติการและโดยเทคนิค NIRS

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและเก็บตัวอย่างปูนขาว จังหวัดนครราชสีมา จันทบุรี นครปฐม ปทุมธานี นครนายก พระนครศรีอยุธยา นนทบุรี ราชบุรี

- ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 3.5 พิสูจน์เอกลักษณ์ และหาสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารปรับปรุงดินชนิดปุ๋ยมาร์ล โดยเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Nitric acid 63 - 65% (HNO_3), AR grade
- 2) pH Buffer 4, 7 และ 10
- 3) สารมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม 1000 mg/L

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Near Infrared Spectrometer
- 2) pH Meter
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 4) ตู้อบ
- 5) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. ศึกษาหาข้อมูลเพื่อนำมาพิจารณาคุณสมบัติที่สำคัญของปุ๋ยมาร์ล รวบรวมตัวอย่างปุ๋ยมาร์ล และตัวอย่างสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยมาร์ลชนิดอื่นที่จำหน่ายทั่วไป เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ
2. วัดการดูดกลืนแสงสารปรับปรุงดินชนิดปุ๋ยมาร์ลและตัวอย่างสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยมาร์ลชนิดอื่น ด้วยเครื่อง NIRS แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) โดยใช้แสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร
3. นำสเปกตรัม (Spectrum) ที่ได้มาหาความยาวคลื่นจำเพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของปุ๋ยมาร์ล
4. เปรียบเทียบความแตกต่างของสเปกตรัมของปุ๋ยมาร์ลและตัวอย่างสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยมาร์ลชนิดอื่น
5. วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพตามคุณสมบัติที่สำคัญของปุ๋ยมาร์ล เช่น Calcium carbonate equivalent (CCE), ปริมาณ CaO, pH และความชื้น
6. วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIRS โดยนำตัวอย่างสารปรับปรุงดินชนิดปุ๋ยมาร์ลที่มีค่าทางเคมีและกายภาพมาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) ที่ความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร
7. สร้างและปรับปรุงสมการทำนายผลสำหรับการจัดจำแนกชนิดปุ๋ยมาร์ลและสมการประเมินผลทางเคมีเพื่อใช้

ประเมินผลโดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 800 - 2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร ของตัวอย่างชนิดปุ๋ย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NIRCa ของเครื่อง NIR (BuchiNIRFlex N-500, Switzerland)

8. ทดสอบสมการและปรับปรุงสมการทำนายผลการจัดจำแนกชนิดปุ๋ยและสมการประเมินผลค่าทางเคมีของปุ๋ยมาร์ล โดยใช้ตัวอย่างทวนสอบ และปรับแก้สมการ
9. สรุปและรายงานผล

การบันทึกข้อมูล

ค่า CCE, ปริมาณ CaO, pH และความชื้น โดยวิธีห้องปฏิบัติการและโดยเทคนิค NIRS

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและเก็บตัวอย่างปุ๋ยขาว จังหวัดนครราชสีมา จันทบุรี นครปฐม ปทุมธานี นครนายก พระนครศรีอยุธยา นนทบุรี ราชบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

กิจกรรมวิจัยที่ 4 พัฒนตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (Certified reference materials) ด้วยวิธีมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard method)

ประกอบด้วย 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 4.1 ศึกษาหาค่ากำหนดของเหล็กทั้งหมด และทองแดงทั้งหมดในตัวอย่างดินอ้างอิงด้วยเทคนิค Inductively coupled plasma-isotope dilution mass spectrometry (ICP-IDMS)

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Nitric acid (69-70%), HNO₃, AR grade
- 2) Hydrochloric acid (36-38%), HCl, AR grade
- 3) Hydrogen peroxide (30%), H₂O₂, AR grade
- 4) Argon (99.995%)
- 5) ⁶⁵Cu in 1 M nitric acid (ERM – AE633)
- 6) ⁵⁶Fe solution (IRMM-634)

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively coupled plasma mass spectrometer
- 2) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3) เครื่อง Digestion Block

4) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
2. เตรียมตัวอย่างอ้างอิง
 - 2.1 บดตัวอย่างดิน จากนั้นร่อนตัวอย่างที่บดได้ทั้งหมดด้วยตะแกรงขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร
 - 2.2 นำตัวอย่างที่ร่อนแล้วทั้งหมดมาคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง และตักใส่ขวดขนาด 10 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่น และกำหนดหมายเลขตัวอย่างในแต่ละขวด
3. ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างอ้างอิง โดยการสุ่มตัวอย่างแบบ Random จำนวน 10 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดง ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ประเมินผลทางสถิติและคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (U_{bb}) ตามแนวทางของ ISO Guide 35
4. ทดสอบความเสถียรของตัวอย่างอ้างอิง
 - 4.1 การทดสอบความเสถียรระยะสั้น (Short-term stability) ซึ่งพิจารณาอุณหภูมิที่ใช้ในการขนส่ง โดยเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างในช่วงเวลา 0, 7, 14, 21 และ 30 วัน ครั้งละ 5 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดง และนำผลวิเคราะห์มาประเมินทางสถิติ และคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (U_{sts}) ตามแนวทางของ ISO Guide 35
 - 4.2 การทดสอบความเสถียรระยะยาว (Long-term stability) โดยเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิควบคุม เป็นระยะเวลา 12 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างในช่วงเวลา 0, 1, 3, 6 และ 12 เดือน ครั้งละ 5 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดง และนำผลวิเคราะห์มาประเมินทางสถิติ และคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (U_{lts}) ตามแนวทางของ ISO Guide 35
5. หาค่ากำหนดของตัวอย่างอ้างอิง โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดงด้วยวิธี Isotope dilution mass spectrometry
6. ประเมินความไม่แน่นอนของตัวอย่างอ้างอิง ตามแนวทาง ISO Guide 35 ดังสมการ

$$U_{RM} = k \sqrt{U_{char}^2 + U_{bb}^2 + U_{lts}^2 + U_{sts}^2}$$

- โดย U_{RM} คือ ค่าความไม่แน่นอนขยายของตัวอย่างอ้างอิง
 U_{char} คือ ค่าความไม่แน่นอนจากการหาค่ากำหนดของตัวอย่างอ้างอิง
 U_{bb} คือ ค่าความไม่แน่นอนจากความเป็นเนื้อเดียวกัน
 U_{lts} คือ ค่าความไม่แน่นอนจากความเสถียรระยะยาว
 U_{sts} คือ ค่าความไม่แน่นอนจากความเสถียรระยะสั้น

7. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณทองแดง และเหล็ก หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 4.2 ศึกษาหาค่ากำหนดของเหล็กทั้งหมด และทองแดงทั้งหมดในตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิงด้วยเทคนิค Inductively coupled plasma-isotope dilution mass spectrometry (ICP-IDMS)

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Nitric acid (69-70%), HNO₃, AR grade
- 2) Hydrochloric acid (36-38%), HCl, AR grade
- 3) Hydrogen peroxide (30%), H₂O₂, AR grade
- 4) Argon (99.995%)
- 5) ⁶⁵Cu in 1 M nitric acid (ERM – AE633)
- 6) ⁵⁶Fe solution (IRMM-634)

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Inductively coupled plasma mass spectrometer
- 2) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3) เครื่อง Digestion Block
- 4) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์
2. เตรียมตัวอย่างอ้างอิง
 - 2.1 บดตัวอย่างปุ๋ยเคมี จากนั้นร่อนตัวอย่างที่บดได้ทั้งหมดด้วยตะแกรงขนาด 40 เมช
 - 2.2 นำตัวอย่างที่ร่อนแล้วทั้งหมดมาคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง และตักใส่ขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่น และกำหนดหมายเลขตัวอย่างในแต่ละขวด
3. ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างอ้างอิง โดยการสุ่มตัวอย่างแบบ Random จำนวน 10 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดง ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ประเมินผลทางสถิติและคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (Ubb) ตามแนวทางของ ISO Guide 35
4. ทดสอบความเสถียรของตัวอย่างอ้างอิง
 - 4.1 การทดสอบความเสถียรระยะสั้น (Short-term stability) ซึ่งพิจารณาอุณหภูมิที่ใช้ในการขนส่ง โดยเก็บ

ตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างในช่วงเวลา 0, 7, 14, 21 และ 30 วัน ครั้งละ 5 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดง และนำผลวิเคราะห์มาประเมินทางสถิติ และคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน(Usts)ตามแนวทางของ ISO Guide 35

- 4.2 การทดสอบความเสถียรระยะยาว (Long-term stability) โดยเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิควบคุม เป็นระยะเวลา 12 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างในช่วงเวลา 0, 1, 3, 6 และ 12 เดือน ครั้งละ 5 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดง และนำผลวิเคราะห์มาประเมินทางสถิติ และคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (Ulbs)ตามแนวทางของ ISO Guide 35
5. หาค่ากำหนดของตัวอย่างอ้างอิง โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและทองแดงด้วยวิธี Isotope dilution mass spectrometry
6. ประเมินความไม่แน่นอนของตัวอย่างอ้างอิง ตามแนวทาง ISO Guide 35 ดังสมการ

$$U_{RM} = k \sqrt{U_{char}^2 + U_{bb}^2 + U_{lbs}^2 + U_{sts}^2}$$

- โดย URM คือ ค่าความไม่แน่นอนขยายของตัวอย่างอ้างอิง
- Uchar คือ ค่าความไม่แน่นอนจากการหาค่ากำหนดของตัวอย่างอ้างอิง
- Ubb คือ ค่าความไม่แน่นอนจากความเป็นเนื้อเดียวกัน
- Ulbs คือ ค่าความไม่แน่นอนจากความเสถียรระยะยาว
- Usts คือ ค่าความไม่แน่นอนจากความเสถียรระยะสั้น

7. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณทองแดง และเหล็ก หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

กิจกรรมวิจัยที่ 5 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ วัสดุปรับปรุงดินน้ำ สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และธาตุอาหารในพืช และผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตรประกอบด้วย 8 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 5.1 เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมีด้วยวิธีโดยตรงและวิธีโดยอ้อม

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Ammonium hydroxide 28 - 29% $\text{NH}_3(\text{NH}_4\text{OH})$, AR grade
- 2) Ammonium metavanadate (NH_4VO_3), AR grade
- 3) Ammonium molybdate [$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$], AR grade
- 4) Citric acid ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$), AR grade
- 5) Nitric acid 69 - 70% (HNO_3), AR grade
- 6) Perchloric acid 69 - 72% (HClO_4), AR grade
- 7) Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4), AR grade

วัสดุอุปกรณ์

- 1) UV-Visible spectrophotometer
- 2) Hot plate
- 3) Suction pump
- 4) Shaker water bath
- 5) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 6) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างปุ๋ยที่ใช้สำหรับการศึกษา ซึ่งในที่นี้จะจำแนกปุ๋ยเป็น 3 ชนิด คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และปุ๋ยหินฟอสเฟต ในการศึกษาเลือกตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่มี % ClP_2O_5 ต่ำ (12-60-0) กลาง (11-44-0) และ สูง (0-40-0) ปุ๋ยอินทรีย์เคมี (x-3-x), (6-7-0), (8-4-0) และปุ๋ยหินฟอสเฟต จำนวนสูตรละ 4 ซ้ำ นำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
2. ศึกษาวิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ด้วยวิธีโดยตรง (Direct extraction method)(AOAC, 2016)
3. นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปวัดปริมาณฟอสฟอรัสโดย Molybdovanadophosphoric method ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm.
4. เปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี ด้วยโปรแกรมทางสถิติ พร้อมทั้งสรุปผล เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับห้องปฏิบัติการ

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%) ระยะเวลา และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ
ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทาง
การเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร

การทดลองที่ 5.2 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ย สวพ. 8

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Ammonium molybdate $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, AR grade
- 2) Ammonium metavanadate (NH_4VO_3) , AR grade
- 3) Nitric acid 69-70 % (HNO_3) , AR grade
- 4) Perchloric acid 69-72% (HClO_4) , AR grade
- 5) Hydrochloric acid 36-38 % (HCl) , AR grade
- 6) Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) , AR grade
- 7) วัสดุอ้างอิงรับรอง ได้แก่ Ammonium dihydrogen phosphate (SRM 194a) และ Western phosphate rock (SRM 694)

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Spectrophotometer
- 2) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 3) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์
2. จัดเตรียมวัสดุอ้างอิงปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ ที่ระดับต่ำ กลาง และสูง
3. วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ย โดยใช้วิธี 1) Official method of analysis of fertilizer (1987) 2) Standard methods for the Examination of water and wastewater (1998) และ 3) ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559 กรรมวิธีที่ 1.09.01 วิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรองและตัวอย่างปุ๋ย 3 ชนิด คือ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ความเข้มข้นต่ำ กลาง และ สูง จำนวนสูตรละ 7 ซ้ำ
4. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โดยตรวจสอบ ดังนี้
 - 4.1 หาความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐาน

ฟอสฟอรัส ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนอย่างน้อย 7 ความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ประเมินค่า correlation coefficient; r ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง response และปริมาณความเข้มข้นของ ฟอสฟอรัส ($r \geq 0.995$)

4.2 หาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยใช้ค่า SD- standard deviation ของการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีฟอสฟอรัส จำนวน 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร

$$\text{LOD} = 3S_0'$$

$$\text{LOQ} = 10S_0'$$

4.3 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision) โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมี และตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบฟอสฟอรัส โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ และต่างวัน เวลา ประเมินผลการทดสอบ จาก % Recovery และ HorRat < 2 (Eurachem, 2014; AOAC, 2016)

4.4 นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามที่มาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (2016)

5. สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมประเมินความคุ้มค่า โดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลง และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

การบันทึกข้อมูล

บันทึกปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 5.3 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) เชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure culture)
- 2) อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรมาตรฐาน

วัสดุอุปกรณ์

- 1) เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 2) จานเพาะเชื้อที่มีอาหารเฉพาะสำหรับสกุลแบคทีเรียที่จะนับปริมาณ
- 3) ตู้ปลอดเชื้อ (safety laminar flow)
- 4) แท่งแก้วสามเหลี่ยม (spreader)
- 5) เครื่องดูดสารละลายอัตโนมัติ (pipette) ขนาด 0.1 และ 1 มิลลิลิตร

- 6) ตู้บ่มเชื้อ (incubator)
- 7) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave)
- 8) ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
- 9) เครื่องเขย่า (shaker)
- 10) เครื่องผสมสารเคมีแบบปั่น (vortex)
- 11) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- 12) เครื่อง Gas Chromatograph

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. การวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

นำเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์อ้างอิงมาทำการเลี้ยงในอาหารเหลวสูตรจำเพาะ ทำการศึกษาประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยเทคนิค Acetylene Reduction Assay (ARA) ตามวิธีการของ Hardy *et al.* (1973) แล้วนำตัวอย่างแก๊สที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) จำนวน 3 ซ้ำ คำนวณหาปริมาณแก๊สเอทิลีน โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของเอทิลีนมาตรฐานจากสูตรดังนี้

$$\text{อัตราการตรึงไนโตรเจน} = (10^3 \times B \times V) / (250 \times \text{Std.} \times A \times 22.4)$$

B = พื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่าง

V = ปริมาตรของขวดกรวยแก้วที่ใช้เก็บตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

Std. = พื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยของแก๊สอะเซทิลีนมาตรฐาน

A = เวลาที่ใช้ในการรีดิวซ์แก๊สอะเซทิลีนเป็นชั่วโมง

หน่วยเป็นไมโครโมลของเอทิลีน (C₂H₄) ต่อชั่วโมง เมื่อใช้เอทิลีนมาตรฐานที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน (250 มิลลิลิตร) นำข้อมูลอัตราการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์ และเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนที่ดีที่สุดไปใช้ในการทดลองต่อไป

2. วิธีการนับปริมาณจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic

2.1 เตรียมอาหารแข็งปราศจากไนโตรเจนตามสูตรจำเพาะ ใส่จานเพาะเชื้อข้ามคืน

2.2 เจือจางตัวอย่างโดยใช้น้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อ ระดับความเจือจาง 10⁻¹ ถึง 10⁻⁵

2.3 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้ว ระดับความเจือจางละ 0.1 มิลลิลิตร หยดบนผิวหน้าอาหารในจานเพาะเชื้อ แล้วเกลี่ยด้วยแท่งแก้วสามเหลี่ยมฆ่าเชื้อให้กระจายสม่ำเสมอ ทิ้งผิวหน้าอาหารในจานเพาะเชื้อ จนผิวหน้าอาหารแห้ง ระดับความเจือจางละ 3 จาน (ซ้ำ)

2.4 คำนวณจำนวนเชื้อแล้วบ่มที่อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมแต่ละสกุล

3. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี

3.1 จัดเตรียมปุ๋ยชีวภาพสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ (ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม)

3.2 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic ด้วยวิธี Viable plate count พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิง (Reference Material; RM) ที่

ระดับความเข้มข้นสูง และ LOQ ที่เติมลงในตัวอย่างปฏิกิริยาที่มีเนื้อสารต่างกัน (Matrix effect) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโทรเจนทั้งหมดในปฏิกิริยา โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 10 ซ้ำและต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM เกณฑ์การยอมรับ % Recovery มากกว่า 80 และประเมินค่า Precision โดย %CV น้อยกว่า 10

3.3 การประเมินค่าคำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic ด้วยวิธี Viable plate count ที่วัดได้จากเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ 2 คน โดยใช้ Student's t-test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.4 คำนวณค่าความไม่แน่นอนตั้งแต่ขั้นตอนเตรียมตัวอย่าง และขั้นตอนวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic

4. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์กลุ่ม aerobic หน่วยเป็น CFU

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 5.4 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการจัดจำแนกจุลินทรีย์ในปฏิกิริยาชีวภาพฟิสิกส์

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) เชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure culture)
- 2) เชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์อ้างอิง (reference strain)
- 3) สารเคมี (DNA ladder, Safe dye, TBE buffer)
- 4) ไพร์เมอร์ (primer)
- 5) เอนไซม์ Taq polymerase
- 6) ชุดสกัดดีเอ็นเอ (DNA extraction Kit)
- 7) ชุดทำความสะอาดสารพันธุกรรม (DNA purification Kit)
- 8) อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
- 9) Bacterial Test Standard (BTS)
- 10) α -Cyano-4-hydroxycinnamic acid (HCCA)
- 11) 70% Formic acid

วัสดุอุปกรณ์

- 1) เครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม (PCR)
- 2) เครื่องถ่ายภาพเจล (Gel documentation)
- 3) เครื่อง Gel electrophoresis

- 4) เครื่อง MALDI-TOF MS
- 5) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)
- 6) ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. การจัดจำแนกด้วยเทคนิคอนุชีววิทยา (Molecular identification)
 - 1.1 นำเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์บริสุทธิ์เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว ปั่นตกตะกอนเพื่อเก็บเซลล์
 - 1.2 สกัดดีเอ็นเอเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ต่าง ๆ ตามวิธีการของชุดสกัด Genomic DNA Mini Kit (Tissue) (Geneaid Biotech Ltd., Taiwan)
 - 1.3 เพิ่มปริมาณชิ้นส่วนยีน 16S rDNA ที่ต้องการโดยวิธี Polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ fd1 (5' AGAGTTTGATCCTGGCTCAG 3') และ rP2 (5'-ACGGCTACCTTGTTAC GAC TT-3') (Weisburg et al., 1991) จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่อง PCR โดยมีลำดับของปฏิกิริยา (PCR reaction condition) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1	94 องศาเซลเซียส 3 นาที	}	จำนวน 1 รอบ	
ขั้นตอนที่ 2	94 องศาเซลเซียส 30 วินาที		}	จำนวน 35 รอบ
	50 องศาเซลเซียส 30 วินาที			
	72 องศาเซลเซียส 1 นาที			
ขั้นตอนที่ 3	72 องศาเซลเซียส 10 นาที		จำนวน 1 รอบ	

ตรวจสอบ PCR product ด้วยเครื่อง agarose gel electrophoresis

- 1.4 หาลำดับนิวคลีโอไทด์ของชิ้นส่วนยีน 16S rDNA ที่ได้จากการเพิ่มจำนวนด้วยเครื่อง DNA Sequencer
 - 1.5 นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับความคล้ายคลึงกันกับสายพันธุ์ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของ The National Center for Biotechnology Information (NCBI) (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/) ด้วย Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)
 - 1.6 นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อจุลินทรีย์ในฐานข้อมูลที่มีเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงกันมากที่สุด (% similarity) กับลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์อ้างอิง มาสร้างแผนภูมิวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) ด้วยวิธี Neighbor-joining โดยใช้โปรแกรม MEGA 6.0 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลวิวัฒนาการทางพันธุกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบแต่ละสายพันธุ์ว่ามีความใกล้เคียงกับเชื้อชนิดใดในฐานข้อมูล และบ่งบอกชนิด (species) ของเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์อ้างอิง
2. การจัดจำแนกโดยใช้เครื่อง MALDI-TOF MS
 - 2.1 ใช้ไม้จิ้มฟันที่นิ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ และโคลนเชื้อจุลินทรีย์ เกลี่ยเชื้อลงบน Target plate โคลนได้ละ 2 จุด รอให้ตัวอย่างแห้งประมาณ 10-15 นาที ในตู้ปลอดเชื้อ
 - 2.2 หยด 70% Formic acid จำนวน 1 ไมโครลิตร รอให้ตัวอย่างแห้งประมาณ 15-30 นาที ในตู้ปลอดเชื้อ
 - 2.3 หยด HCCA จำนวน 1 ไมโครลิตร เป็นลำดับสุดท้าย รอให้ตัวอย่างแห้งโดยสังเกตตัวอย่างจะมีลักษณะเป็น

คราบสีขาว

2.4 ใช้ BTS เป็น Calibration

2.5 นำ Target plate เข้าเครื่องวิเคราะห์ชนิดจุลินทรีย์

3. การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์

3.1 การทดสอบความถูกต้อง (trueness)

3.1.1 ทดสอบหาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์อ้างอิง โดยวิธีทางอณูชีวโมเลกุลด้วยการทำ Polymerase chain reaction (PCR) ด้วยไพรเมอร์ fD1 และ rP2 และหาลำดับเบสเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับความคล้ายคลึงกันกับสายพันธุ์โรโซเปียมที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของ The National Center for Biotechnology Information (NCBI) (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/) โดยการทำให้ BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) search รายงานผลการจำแนกชนิด และเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงกัน (% similarity)

3.1.2 ทดสอบหาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์อ้างอิง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ชนิดจุลินทรีย์ Bruker รุ่น Maldi Biotyper ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ โดยทดสอบในวันและสภาวะเดียวกัน คำนวณความคล้ายคลึงกัน (score value) ของชนิดโรโซเปียมที่ทำการทดสอบกับชนิดของเชื้อโรโซเปียมในฐานข้อมูล และรายงานผลการจำแนกชนิด

3.1.3 นำผลการจำแนกชนิดเชื้อจุลินทรีย์อ้างอิงที่ได้จากวิธีที่ 3.1.1 และ 3.1.2 มาเปรียบเทียบกัน

3.2 การทดสอบความเที่ยง (Precision) ของเครื่อง MALDI-TOF MS

3.2.1 ความทำซ้ำได้ (Repeatability)

ทดสอบหาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ จำนวน 2 ชนิด (species) โดยการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธี Direct Transfer ทำการทดสอบ 10 ซ้ำ โดยทดสอบในวันและสภาวะเดียวกัน นำค่า score value ของชนิดเชื้อจุลินทรีย์ ที่ทำการทดสอบกับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ในฐานข้อมูล มาหาค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) โดย %CV จะต้องมามีค่า ≤ 10 จึงยอมรับและประเมินการผ่านเกณฑ์

3.2.2 การทดสอบโดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ 2 คน (Intermediate precision: between-analyst variation)

ทดสอบหาชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ 1 ชนิด (species) ทำการทดสอบ 20 ซ้ำ โดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ 2 คน โดยทดสอบในวันและสภาวะเดียวกัน นำคะแนนความคล้ายคลึงกันของชนิดเชื้อจุลินทรีย์ ที่ทำการทดสอบกับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ในฐานข้อมูล มาหาค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) โดย %CV จะต้องมามีค่า ≤ 10 จึงยอมรับและประเมินการผ่านเกณฑ์ และเปรียบเทียบคะแนนความคล้ายคลึงกันของชนิดโรโซเปียมที่วัดได้จากผู้ทดสอบทั้ง 2 คน โดยใช้ Student's t-test ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ชื่อ-สกุลทางวิทยาศาสตร์ของจุลินทรีย์ % similarity และค่า score value

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 5.5 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และหาค่าคงที่เพื่อประเมินความเค็มของน้ำทางการเกษตร

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Sodium chloride (NaCl), AR grade
- 2) Potassium sulfate (K_2SO_4), AR grade
- 3) Magnesium sulfate ($MgSO_4$), AR grade
- 4) Potassium chloride (KCl), AR grade
- 5) Calcium chloride ($CaCl_2$), AR grade
- 6) TDS/ Conductivity standards 47 ppm TDS standard/ 100 $\mu S/cm$
- 7) TDS/ Conductivity standards 692 ppm TDS standard/ 1413 $\mu S/cm$
- 8) TDS/ Conductivity standards 7230 ppm TDS standard/ 12.9 mS/cm

วัสดุอุปกรณ์

- 1) Oven
- 2) Electrical conductivity
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 4) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการสำรวจ และ จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ และจัดหาวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM)
2. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) ตามวิธีของ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWWA APHA, 2017) ดังนี้
 - 2.1 หาค่า Trueness และ precision โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ระดับ ต่ำ กลาง สูง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) โดยทำการทดสอบระดับละ 10 ซ้ำ และต่างวันเวลา ประเมินผลการทดสอบ จาก % Recovery และ HorRat < 2 (Eurachem, 2014; AOAC, 2016)
 - 2.2 หาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยใช้ค่า SD- standard deviation ของการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ปริมาณน้อย จำนวน 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูลคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณค่า LOD และ LOQ จากสูตร

$$\text{LOD} = 3S_0'$$

$$\text{LOQ} = 10S_0'$$

2.3 นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน AOAC Official Methods of Analysis (2016)

3. สํารวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างน้ำตามข้อมูลสภาพแวดล้อมทั่วไป และลักษณะทางการเกษตร จากแหล่งน้ำผิวดิน และใต้ดิน ในบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ลุ่มแม่น้ำท่าจีน เป็นต้น
4. วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำทางการเกษตร และตัวอย่างน้ำที่เตรียมขึ้นที่ประกอบด้วยเกลือชนิดต่างๆ เช่น เกลือ Mg, K, Na, Cl, และ SO_4^{2-} ซึ่งเป็นเกลือที่พบบ่อยมากในแหล่งน้ำทางการเกษตร โดยวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณแอมโมเนียม โปแทสเซียม โซเดียม คลอไรด์ และซัลเฟต
5. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolve Solid; TDS) ค่าการนำไฟฟ้า และชนิดของเกลือที่ละลายน้ำ และหาค่าคงที่
6. นำค่าคงที่ที่ได้มาประเมินความถูกต้อง เพื่อใช้ทำนายค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณและชนิดเกลือที่ละลายได้ในน้ำ
7. พัฒนาค่าแนะนำการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นของเกษตรกร
8. สรุปและเขียนรายงาน

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) ปริมาณเกลือต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ พิกัดจุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำ ข้อมูลพื้นที่เก็บตัวอย่างน้ำ ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. พื้นที่ลุ่มแม่น้ำบริเวณภาคกลาง ได้แก่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ลุ่มแม่น้ำท่าจีน จ. นครปฐม สมุทรสาคร
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 5.6 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Acetonitrile HPLC grade
- 2) ชุดเตรียมอนุพันธ์กรดอะมิโน ประกอบด้วย 6-aminoquinoly-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) , Borate buffer และ Acetonitrile
- 3) สารละลายบัฟเฟอร์สำหรับเตรียม Mobile phase (Eluent A)
- 4) สารมาตรฐานกรดอะมิโน ได้แก่ Aspartic acid, Glutamic acid, Proline, Phenylalanine และ Tryptophan

วัสดุอุปกรณ์

- 1) High performance liquid chromatograph (HPLC) ที่ติดตั้งตัวตรวจวัดชนิด Fluorescence
- 2) Desiccator
- 3) Ultrasonic bath
- 4) Volumetric Flask Class A ขนาด 10 mL
- 5) Autopipette ขนาด 10-100 , 20-200 และ 1000 uL
- 6) Vial ขนาด 2 mL
- 7) Syringe filter ชนิด PVDF Hydrophilic 0.45 um
- 8) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 5 ตำแหน่ง
- 9) อุปกรณ์การกรอง ได้แก่ pump เครื่องแก้วกรองสาร ขนาดปริมาตร และกระดาษกรอง 0.22 ไมโครเมตร

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์
2. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์กรดอะมิโน
3. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วยวิธี HPLC
 - 3.1. หาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยวิเคราะห์ Sample blank ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบ 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\text{LOD} = 3S_0'$$

$$\text{LOQ} = 10S_0'$$
 - 3.2. หาความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) โดยเตรียม Sample blank (ตัวอย่างที่มีกรดอะมิโนในระดับต่ำ เติมสารมาตรฐานกรดอะมิโน 5 ชนิด จำนวน 7 ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้ พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรงคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$
 - 3.3. พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์สารมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นสูง และ LOQ ที่เติมลงในตัวอย่าง (Matrix effect) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบกรดอะมิโน ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำและต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio)
 - 3.4. ทดสอบความคงทนของวิธี (ruggedness) โดยปรับเปลี่ยนสภาวะที่มีผลกระทบต่อทดสอบกรดอะมิโนอย่างน้อย 3 สภาวะ
4. คำนวณผลการทดสอบ ประเมินผล และรวบรวมผลการทดลอง
5. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณ กรดอะมิโน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร จังหวัดราชบุรี ปทุมธานี นนทบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์หิววิจัยพืช วัตถุเคมีการเกษตรและนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

การทดลองที่ 5.7 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) ในผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) สารมาตรฐาน Gibberellic acid ความบริสุทธิ์ 97.9%
- 2) สารมาตรฐาน Indole acetic acid (IAA) ความบริสุทธิ์ 99.6%
- 3) Methanol, HPLC grade
- 4) Ortho-phosphoric acid, AR grade
- 5) Formic acid, AR grade

วัสดุอุปกรณ์

- 1) High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) ที่ติดตั้งตัวตรวจวัดชนิด PDA
- 2) pH-Meter
- 3) Ultrasonic bath
- 4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 5 ตำแหน่ง
- 5) ชุดสกัดสาร
- 6) ขวดวัดปริมาตรขนาด 10, 50, 100, 200 และ 1000 mL
- 7) ปิเปต ขนาด 1, 2, 3, 4 และ 5 mL
- 8) บีกเกอร์ ขนาด 10, 100, 150 และ 250 mL
- 9) กระจกตวง ขนาด 100, 500 และ 1,000 mL
- 10) Nylon syringe filter ขนาด 0.45 um
- 11) Syringe ขนาด 5.0 mL
- 12) ชุดกรอง Mobile phase
- 13) Vial ขนาด 2.0 mL
- 14) Nylon membrane filter ขนาด 0.22 um

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง สอบเทียบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการ

วิเคราะห์

2. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃)
3. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) ด้วยวิธี HPLC
 - 3.1 หาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) โดยวิเคราะห์ Sample blank ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบ 10 ซ้ำ บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$$LOD = 3S_0'$$
$$LOQ = 10S_0'$$
 - 3.2 หาความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) โดยเตรียม Sample blank (ตัวอย่างที่มีสาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) ในระดับต่ำ) เติมน้ำมาตรฐาน Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) จำนวน 7 ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมน้ำมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้ พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรงคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient : r) เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$
 - 3.3 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์สารมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นสูง และ LOQ ที่เติมลงในตัวอย่าง (Matrix effect) ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบสาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำและต่างวันเวลา นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติ ประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM และประเมินค่า Precision โดย HorRat (Horwitz's Ratio)
 - 3.4 ทดสอบความคงทนของวิธี (ruggedness) โดยปรับเปลี่ยนสภาวะที่มีผลกระทบต่อสาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) อย่างน้อย 3 สภาวะ

4. คำนวณผลการทดสอบ ประเมินผล และรวบรวมผลการทดสอบ

5. สรุปและรายงานผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณสาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564 รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร จังหวัดราชบุรี ปทุมธานี นนทบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยพืช วัตถุเคมีการเกษตรและนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

การทดลองที่ 5.8 ศึกษาหาปริมาณฮอร์โมน indole acetic acid (IAA) gibberellic acid (GA₃) และธาตุอาหารในกล้วยน้ำว้า

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

- 1) Ethyl acetate
- 2) Hydrochloric acid (HCl)
- 3) Formic acid
- 4) Acetic acid
- 5) Acetone nitrile
- 6) Methanol
- 7) โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต

วัสดุอุปกรณ์

- 1) high performance liquid chromatograph (HPLC)
- 2) Ultrasonic bath
- 3) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 5 ตำแหน่ง
- 4) อุปกรณ์การกรอง (filtration apparatus)
- 5) Solid phase extraction (cartridges)
- 6) Nylon membranefilter ขนาด 0.2 และ 0.45 ไมโครเมตร
- 7) Nylon syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร
- 8) Syringe
- 9) Vial ขนาด 4 มิลลิลิตร สีขาวพร้อมฝาปิด
- 10) Volumetric pipette class A ขนาด 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร
- 11) Volumetric flask class A ขนาด 10, 50 และ 100 มิลลิลิตร
- 12) เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

แบบและวิธีการทดลอง -

วิธีการปฏิบัติทดลอง

1. จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง ตรวจสอบเครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการวิเคราะห์
2. เตรียมตัวอย่างกล้วยโดยแยกส่วนต่างๆ คือ ผลสุก (เปลือก, เนื้อ) ผลดิบ (เปลือก, เนื้อ) ลำต้นเทียม (ลำต้นเหนือดิน) ใบ ปลีของกล้วย หน่อกล้วย โดยแบ่งส่วนสำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและฮอร์โมนพืช
3. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างกล้วย (ธาตุอาหารหลัก, รอง, เสริม) ด้วยวิธีวิเคราะห์พืชที่มีในห้องปฏิบัติการ
4. เตรียมตัวอย่างกล้วยเพื่อสกัดสาร indole acetic acid (IAA) และ gibberellic acid (GA₃) ตามกรรมวิธีการสกัดตัวอย่างโดยวิธี liquid liquid extraction
5. ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์โดยการทำ accuracy และ precision ในขั้นตอนของการสกัด ด้วยสารมาตรฐาน indole acetic acid (IAA) และ gibberellic acid (GA₃)

6. วิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมน indole acetic acid (IAA) และ gibberellic acid (GA₃) ที่ได้จากการสกัด โดยเครื่อง HPLC
7. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างกล้วย (ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม) ด้วยวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์พืชที่มีในห้องปฏิบัติการ
8. สร้างสมการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ ฮอร์โมน indole acetic acid (IAA) และ gibberellic acid (GA₃) และปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้า
9. สรุปผลการทดลอง และเขียนรายงาน

การบันทึกข้อมูล

ปริมาณสาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg)

ระยะเวลาดำเนินการเริ่มต้น 2563 สิ้นสุด 2564รวม 2 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. สถานที่สำรวจและเก็บตัวอย่างกล้วย จังหวัดราชบุรี ปทุมธานี นนทบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยพืช วัตถุประสงค์การเกษตรและนิเวศวิทยาเทคนิคการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

3.การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

- ไม่มี มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่.....
- เปลี่ยนแปลงงบประมาณ การโอนเปลี่ยนหมวดเงินภายในโครงการ 20%
- เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

3.1.1 ผลการกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีอินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์

ประกอบด้วย 8 รายการทดสอบ ได้แก่ 1) ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ 2) ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ 3) โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ 4) แคลเซียมออกไซด์ในปุ๋ยเคมี 5) แมกนีเซียมออกไซด์ในปุ๋ยเคมี 6) กำมะถันในปุ๋ยเคมี 7) อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี 8) คลอไรด์ในปุ๋ยเคมี จากการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการเตรียมตัวอย่าง ($%U_{\text{Sampling}}$) และค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ ($%U_{\text{Analytical}}$) และนำมาคำนวณเป็นค่าความไม่แน่นอนรวม ($%U_{\text{Total}}$) ผลการทดสอบตามตารางที่ 1-1 พบว่า

ค่าความไม่แน่นอนจากการสุ่มตัวอย่าง ($%U_{\text{Sampling}}$) ปุ๋ยอินทรีย์ ในรายการทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด ช่วงความเข้มข้น 0.3 - 10.1% เท่ากับ 1.8-12.4%, รายการทดสอบฟอสฟอรัสทั้งหมด ช่วงความเข้มข้น 0.3 - 7.3% เท่ากับ 2.0 - 5.5%, รายการทดสอบโพแทสเซียมทั้งหมด ช่วงความเข้มข้น 0.59 - 5.96% เท่ากับ 0.4 - 3.9%, และตัวอย่างปุ๋ยเคมี ในรายการทดสอบแคลเซียมออกไซด์ ช่วงความเข้มข้น 0.6-34.8% เท่ากับ 0.0 - 2.7%, แมกนีเซียมออกไซด์ ช่วงความเข้มข้น 0.7-28.3% เท่ากับ 0.0 - 1.5%, กำมะถันทั้งหมด ช่วงความเข้มข้น 0.6-22.0% เท่ากับ 0.0 - 1.0%, การทดสอบคลอไรด์ ช่วงความเข้มข้น 6.5 - 67.4% เท่ากับ 0.0 - 11.0% และการทดสอบอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี ช่วงความเข้มข้น 14.9-69.1% เท่ากับ 1.0 - 3.6% ตามลำดับ

ค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ ($%U_{\text{Analytical}}$) ปุ๋ยอินทรีย์ ในรายการทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด ช่วงความเข้มข้น 0.3 - 10.1% เท่ากับ 1.5 - 22.6%, รายการทดสอบฟอสฟอรัสทั้งหมด ช่วงความเข้มข้น 0.3 - 7.3% เท่ากับ 2.0 - 8.4%, รายการทดสอบโพแทสเซียมทั้งหมด ช่วงความเข้มข้น 0.59 - 5.96% เท่ากับ 1.5 - 9.6%, และตัวอย่างปุ๋ยเคมี ในรายการทดสอบแคลเซียมออกไซด์ ช่วงความเข้มข้น 0.6-34.8% เท่ากับ 1.1 - 4.3%, แมกนีเซียมออกไซด์ ช่วงความเข้มข้น 0.7-28.3% เท่ากับ 1.0 - 4.6%, กำมะถันทั้งหมด ช่วงความเข้มข้น 0.6-22.0% เท่ากับ 1.8 - 6.3%, การทดสอบคลอไรด์ ช่วงความเข้มข้น 6.5 - 67.4% เท่ากับ 0.7 - 4.7% และการทดสอบอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี ช่วงความเข้มข้น 14.9-69.1% เท่ากับ 1.3 - 5.2% ตามลำดับ

และเมื่อนำมาประเมินค่าความไม่แน่นอนรวม ($%U_{\text{Total}}$) ปุ๋ยอินทรีย์ ในรายการทดสอบไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 2.3 - 25.8%, ฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 4.3 - 9.6%, โพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1.6 - 10.2%, ตัวอย่างปุ๋ยเคมี ในรายการทดสอบแคลเซียมออกไซด์เท่ากับ 3.1 - 8.6%, แมกนีเซียมออกไซด์ เท่ากับ 1.8 - 8.0%, กำมะถันทั้งหมด เท่ากับ 3.2 - 11.9%, คลอไรด์ เท่ากับ 0.7 - 11.9% และการทดสอบอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี เท่ากับ 1.6 - 6.4% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความไม่แน่นอนรวมของปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี และแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด และคลอไรด์ในปุ๋ยเคมีที่ได้จากงานวิจัยนี้ กับประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมีตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย

พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2552 พบว่า สอดคล้องกันโดยที่ปริมาณธาตุอาหาร 3% จะมีค่าความไม่แน่นอนรวมไม่เกิน 13.3% (ตาราง 1-1)

ตารางที่ 1-1 ค่าความไม่แน่นอนของขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (Sampling) การวิเคราะห์ (Analytical) และค่าความไม่แน่นอนรวม (Total) ของการทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด และคลอไรด์ในปุ๋ยเคมี

รายการทดสอบ	ความเข้มข้น (%)	Measurement uncertainty (%U)		
		Sampling	Analytical	Total
ปุ๋ยอินทรีย์				
ไนโตรเจนทั้งหมด	0.3 - 10.1	1.8 - 12.4	1.5 - 22.6	2.3 - 25.8
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	0.3 - 7.3	2.0 - 5.5	2.0 - 8.4	4.3 - 9.6
โพแทสเซียมทั้งหมด	0.6 - 6.0	0.4 - 3.9	1.5 - 9.6	1.6 - 10.2
ปุ๋ยอินทรีย์เคมี				
อินทรีย์วัตถุ	14.9 - 69.1	1.0 - 3.6	1.3 - 5.4	1.6 - 6.4
ปุ๋ยเคมี				
แคลเซียมออกไซด์	0.6 - 34.8	0.0 - 2.7	1.1 - 4.3	3.1 - 8.6
แมกนีเซียมออกไซด์	0.7 - 28.3	0.0 - 1.5	1.0 - 4.6	1.8 - 8.0
กำมะถันทั้งหมด	0.6 - 22.0	0.0 - 1.0	1.8 - 6.3	3.2 - 11.9
คลอไรด์	6.5 - 67.4	0.0 - 11.0	0.7 - 4.7	0.7 - 11.9

3.1.2 ผลการพัฒนา และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี ดิน และพืช ด้วยเทคนิคอินดักทีฟ พลิกพีเปิลพลาสติกสเปคโตรเมทรี

ประกอบด้วย 13 รายการการทดสอบ ได้แก่ 1) โบรอนในปุ๋ยเคมี 2) โบรอนในดิน 3) โบรอนในพืช 4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 5) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 6) โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 7) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 8) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 9) เหล็กที่เป็นประโยชน์ในดิน 10) แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ในดิน 11) สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน 12) ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน 13) ซิลิคอนที่สกัดในดิน สรุปผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ตามตารางที่ 2-1

โบรอนในปุ๋ยเคมี ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 1.0000 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 1.0000 ได้ LOD = 0.002%, LOQ = 0.004% ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี %recovery เท่ากับ 100.0%, 99.6% และ 100.8% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 98-102%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.33, 0.30 และ 0.24 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า |E| < S แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

โบรอนในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9990 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9992 ได้ LOD = 0.03 mg/kg, LOQ = 0.04 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 95.3%, 101.6% และ 101.1% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.40, 0.38 และ 0.46 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤ 1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ประเมินโดยใช้สถิติ t-test โดยค่า t-Stat < t Critical แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทดสอบเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติไม่ส่งผลต่อการทดสอบ

โบรอนในพืช ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 1.0000 ได้ LOD = 0.15 mg/kg, LOQ = 0.50 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 90.90, 90.2% และ 85.5% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.50, 0.70 และ 0.30 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤ 1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ประเมินโดยใช้สถิติ t-test โดยค่า t-Stat < t Critical แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทดสอบเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติไม่ส่งผลต่อการทดสอบ

ฟอสฟอรัสในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9997 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.998 ได้ LOD = 2.65 mg/kg, LOQ = 8.85 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 98.3%, 93.5% และ 102.1% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 1.04, 0.80 และ 0.69 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤ 1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ประเมินโดยทดสอบ Recovery ของตัวอย่างอ้างอิง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทดสอบเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติไม่ส่งผลต่อการทดสอบ โดยมี Recovery อยู่ในช่วง 92.5 - 104.6% ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%)

โพแทสเซียมในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9993 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9997 ได้ LOD = 4.65 mg/kg, LOQ = 15.50 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 102.84%, 93.04% และ 100.35% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 95-105%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.06, 0.14 และ 0.77 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤ 1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า $|E| < S$ แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

โซเดียมในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9985 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9985 ได้ LOD = 5.40 mg/kg, LOQ = 18.01 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 100.5%, 92.3% และ 95.7% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.07, 0.08 และ 0.52 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat

≤1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า $|E| < S$ แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

แคลเซียมในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ได้ LOD = 4.45 mg/kg, LOQ = 14.82 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 101.6%, 100.1% และ 99.3% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 95-105%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.04, 0.40 และ 0.48 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า $|E| < S$ แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

แมกนีเซียมในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ได้ LOD = 5.22 mg/kg, LOQ = 17.40 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 100.9%, 90.4% และ 100.0% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.02, 0.12 และ 0.64 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า $|E| < S$ แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

เหล็กในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ได้ LOD = 1.71 mg/kg, LOQ = 5.70 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 102.0%, 107.6% และ 99.5% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.28, 0.32 และ 0.43 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า $|E| < S$ แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

แมงกานีสในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9998 ได้ LOD = 0.51 mg/kg, LOQ = 1.70 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 81.4%, 100.8% และ 101.1% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.21, 0.05 และ 0.58 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat ≤1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า $|E| < S$ แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

สังกะสีในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (Working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9998 ได้ LOD = 0.18 mg/kg, LOQ = 0.60 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 97.1%, 97.4% และ 89.4% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น

ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.08, 0.03 และ 0.24 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat \leq 1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า $|E| < S$ แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

ทองแดงในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9999 ได้ LOD = 0.12 mg/kg, LOQ = 0.40mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี %recovery เท่ากับ 101.0%, 97.7% และ 93.8% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 80-110%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.04, 0.02 และ 0.23 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat \leq 1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ใช้ Youden-Steiner testing ได้ค่า $|E| < S$ แสดงว่าไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของการทดสอบ

ซิลิคอนในดิน ได้ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity range) มีค่า r เท่ากับ 0.9994 ความเข้มข้นที่ใช้งาน (working range) มีค่า r เท่ากับ 0.9995 ได้ LOD = 7.05 mg/kg, LOQ = 7.90 mg/kg ได้ค่าความถูกต้อง (Trueness) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง โดยมี Recovery เท่ากับ 90.4%, 100.0% และ 101.7% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Recovery อยู่ในช่วง 90-107%) ได้ค่าความเที่ยง (Precision) ที่ความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ค่า HorRat เท่ากับ 0.41, 0.47 และ 0.31 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (HorRat \leq 1.3) ทดสอบความคงทนของวิธี (Ruggedness) ประเมินโดยใช้สถิติ t-test โดยค่า t-Stat < t Critical แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทดสอบเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติไม่ส่งผลต่อการทดสอบ

จากผลการตรวจสอบความใช้ของวิธีพบว่า วิธีที่ตรวจสอบมีความเหมาะสมกับตัวอย่างโดยครอบคลุมช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0.004 – 17.48% โบรอนในปุ๋ยเคมี, 6.75 – 27.0 mg/kg โบรอนในพีช, 0.05 – 1.90 mg/kg โบรอนในดิน, 10.84 – 91.93 mg/kg ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน, 16.44 – 424.78 mg/kg โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, 18.06 – 1,063.24 mg/kg โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, 15.28 – 3,601.38 mg/kg แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, 18.15 – 1760.56 mg/kg แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้, 6.17 – 198.89 mg/kg เหล็กที่เป็นประโยชน์ในดิน, 1.63 – 202.15 mg/kg แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ในดิน, 0.97 – 12.48 mg/kg สังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน, 1.01 – 13.12 mg/kg ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน และ 8.00 – 370 mg/kg ซิลิคอนในดิน

ตารางที่ 2-1 สรุปการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบด้วยเทคนิคอินดักทีฟฟลูออโรสเปกโตรเมทรี

รายการทดสอบ	Linearity (r)	Working range (r)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Trueness (Recovery)			Precision (HorRat)			Ruggedness	
					ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง		
ปุ๋ยเคมี												
โบรอน (%)	1.0000	1.0000	0.002	0.004	100.0	99.62	100.77	0.33	0.30	0.24	$ E < S$	
พีช												
โบรอน	0.9999	1.0000	0.15	0.50	90.90	90.20	85.50	0.50	0.70	0.30	$t_{cal} < t_{crit}$	
ดิน												

รายการทดสอบ	Linearity (r)	Working range (r)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Trueness (Recovery)			Precision (HorRat)			Ruggedness
					ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	
โบรอน	0.9990	0.9992	0.03	0.04	95.29	101.61	101.05	0.40	0.38	0.46	$t_{cal} < t_{crit}$
ฟอสฟอรัส	0.9997	0.9998	2.65	8.85	98.27	93.49	102.14	1.04	0.80	0.69	Recovery = 92.5 -104.6
โพแทสเซียม	0.9993	0.9997	4.65	15.50	102.84	93.04	100.35	0.06	0.14	0.77	$ E < S$
โซเดียม	0.9985	0.9985	5.40	18.01	100.47	92.28	95.66	0.07	0.08	0.52	$ E < S$
แคลเซียม	0.9999	0.9999	4.45	14.82	101.62	100.14	99.27	0.04	0.40	0.48	$ E < S$
แมกนีเซียม	0.9999	0.9999	5.22	17.40	100.86	90.38	99.97	0.02	0.12	0.64	$ E < S$
เหล็ก	0.9999	0.9999	1.71	5.70	101.95	107.63	99.45	0.28	0.32	0.43	$ E < S$
แมงกานีส	0.9999	0.9998	0.51	1.70	81.43	100.78	101.07	0.21	0.05	0.58	$ E < S$
สังกะสี	0.9999	0.9998	0.18	0.60	97.14	97.43	89.35	0.08	0.03	0.24	$ E < S$
ทองแดง	0.9999	0.9999	0.12	0.40	100.96	97.66	93.77	0.04	0.02	0.23	$ E < S$
ซิลิคอน	0.9994	0.9995	7.05	7.90	90.40	99.95	101.70	0.41	0.47	0.31	$t_{cal} < t_{crit}$
เกณฑ์ยอมรับ*	0.995	0.995	-	-	80-110	80-110	80-110	≤ 1.3	≤ 1.3	≤ 1.3	$t_{cal} < t_{crit}$, $ E < S$, %revery = 80 -110

หมายเหตุ : *เกณฑ์ยอมรับ Recovery ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น (Eurachem, 2014) และ (AOAC, 2016)

3.1.3 ผลการพัฒนาวิธีพิสูจน์เอกลักษณ์ และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน โดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy; NIRS)

ประกอบด้วย 5 การทดลอง ได้แก่ 1) องค์ประกอบของไนโตรเจนในรูปต่างๆ ในปุ๋ยเคมี 2) อินทรีย์วัตถุ ในปุ๋ยอินทรีย์ 3) ปุ๋ยขาว 4) โดโลไมท์ 5) ปุ๋ยมาร์ล ได้ผลการแปลผลที่มีความถูกต้องของยูเรียไนโตรเจนและไนเตรทไนโตรเจนสารปรับปรุงดินชนิดปุ๋ยขาวโดโลไมท์และปุ๋ยมาร์ล ตามตารางที่ 3.-1

องค์ประกอบของไนโตรเจนในรูปต่างๆ ในปุ๋ยเคมี การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และยูเรียไนโตรเจนพบว่าค่าพิสัยอยู่ในช่วง 3.4 – 21.7%, 7.4 – 16.4% และ 4.6 – 46.4% ตามลำดับ สร้างสมการเทียบมาตรฐาน(Calibration) เพื่อใช้ทำนายค่าด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) regression ปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Multiplicative scatter correction full (mf), 2nd Savitzky-Golay 9 points (dg2) และ 2nd Savitzky-Golay 9 points (dg2) ตามลำดับ พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, R) เท่ากับ 0.98, 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายกลุ่มตัวอย่าง Calibration (Standard error of Calibration, SEC) เท่ากับ 0.86, 0.17 และ 1.08% ตามลำดับ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายกลุ่มตัวอย่าง Validation (Standard error of prediction, SEP) เท่ากับ 0.86, 0.43 และ 1.28% ตามลำดับ ทวนสอบความใช้ได้ของวิธีด้วยตัวอย่างปุ๋ยเคมี พิจารณาความแม่นยำโดยใช้ Paired t-test พบว่าค่า $t_{ext} < t_{crit}$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และ

Recovery อยู่ในช่วง 80-120% พิจารณาความเที่ยงโดยใช้ %RSD พบว่ามีค่า %RSD เฉลี่ยน้อยกว่า 1.9 ผลการวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์การยอมรับของ AOAC (%RSD \leq 1.9)

อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี การวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี โดยเทคนิค NIRS สร้างสมการเทียบมาตรฐาน (Calibration) เพื่อใช้ทำนายค่าด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) regression ปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธีการปรับความแปรปรวนให้เป็นมาตรฐาน Standard Normal Variate (SNV) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, R) เท่ากับ 0.90 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายกลุ่มตัวอย่าง Calibration (Standard error of Calibration, SEC) เท่ากับ 4.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายกลุ่มตัวอย่าง Validation (Standard error of prediction, SEP) เท่ากับ 4.94 เปอร์เซ็นต์ ทวนสอบความใช้ได้ของวิธีด้วยตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมี พิจารณาความแม่นยำโดยใช้ Paired t-test พบว่า $t_{ext} < t_{crit}$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และ %Recovery ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 15.0% อยู่ในช่วง 80 – 120% พิจารณาความเที่ยงโดยใช้ %RSD พบว่ามีค่า %RSD เฉลี่ยน้อยกว่า 1.9 ผลการวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์การยอมรับของ AOAC (%RSD \leq 1.9)

ปูนขาว ทำการประเมิน 3 รายการทดสอบ ประกอบด้วย CaO, CCE และ pH พบว่า CaO การปรับแต่งสมการ (Pretreatment) แบบ Sa3, ncl, db1 มีค่า r 0.93 ค่า SEC 2.46 และค่า SEP 2.40 รายการ CCE การปรับแต่งสมการ (Pretreatment) แบบ ds2 มีค่า r 0.90 ค่า SEC 3.21 และค่า SEP 2.57 รายการ pH การปรับแต่งสมการ (Pretreatment) แบบ db1 มีค่า r 0.82 ค่า SEC 0.04 และค่า SEP 0.04 การประเมินความแม่นยำ (Accuracy) จากการประเมินทางสถิติ t-test paired two sample for mean พบว่า มีค่า 0.15, -0.68 และ 0.005 (ค่า $t_{ext} < t_{crit}$) การคำนวณ % Recovery รายการ CaO มีค่า 92.10 – 109.23% รายการ CCE มีค่า 94.48 – 109.06% รายการ pH มีค่า Absolute difference 0.01 – 0.11 และการประเมินความเที่ยง (Precision) จาก %RSD พบว่า มีค่า 0.01% – 0.86% และ 0.04% – 1.18% ในรายการ CaO และ CCE ตามลำดับ

โดโลไมท์ ทำการประเมิน 4 รายการทดสอบ ประกอบด้วย CaO, MgO, CCE และ pH พบว่า รายการ pH ปรับแต่งสมการ (Pretreatment) แบบ NSV รายการ CaO, MgO และ CCE ใช้การปรับแต่งสมการ (Pretreatment) แบบ dg2 ทั้ง 3 รายการสมการทำนายเชิงปริมาณมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.63, 0.89, 0.93 และ 0.92 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (SEC) เท่ากับ 0.25, 1.09, 0.63 และ 3.40 ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมการ (SEP) เท่ากับ 0.31, 1.37, 0.81 และ 3.88 สำหรับ pH, CaO, MgO และ CCE ตามลำดับ จากการประเมินความแม่นยำโดยเปรียบเทียบผลการทำนายกับค่าวิเคราะห์ทางเคมี โดยใช้ paired t-test พบว่า pH, CaO, MgO และ %CCE มีค่า $t_{ext} < t_{crit}$ แสดงว่าการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง NIR ให้ผลไม่แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการอย่างมีนัยสำคัญ

ปูนมาร์ล ทำการประเมิน 3 รายการทดสอบ ประกอบด้วย CaO, CCE และ pH พบว่า รายการ CCE และ CaO ปรับแต่งสมการ (Pretreatment) แบบ Sa3, ncl, db1 ตอบสนองดีที่สุดทั้งสองรายการ และ pH ปรับแต่งสมการ (Pretreatment) แบบ db1 สมการทำนายเชิงปริมาณมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.47, 0.50 และ 0.93 ตามลำดับ ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (SEC) เท่ากับ 3.04, 1.67 และ 0.08 ตามลำดับ ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการ

ทดสอบสมการ (SEP) เท่ากับ 3.32, 1.83 และ 0.07 ตามลำดับ ทวนสอบความใช้ได้ของวิธีด้วยตัวอย่างปูนมาร์ลและปูนชนิดอื่น พิจารณาความแม่นยำโดยใช้ Paired t-test พบว่า มีค่า $t_{ext} < t_{crit}$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และ Recovery ของ CCE และ CaO อยู่ในช่วง 93 - 111 % และค่า Absolute different ของ pH อยู่ในช่วง 0.0-0.7 ตามลำดับ และพิจารณาความเที่ยงโดยใช้ %RSD พบว่ามีค่า %RSD ของ CCE และ CaO อยู่ในช่วง 0.07% - 0.38% (%RSD \leq 1.3) และ 0.08% - 0.41% (%RSD \leq 1.9) ตามลำดับ สามารถพิสูจน์เอกลักษณ์ของปูนมาร์ล และนำมาใช้ทำนายผลสำหรับการจัดจำแนกได้ถูกต้องตามชนิดตัวอย่างสารปรับปรุงดิน ส่วนตัวอย่างผสมทำนายได้อย่างถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 40.7 และประเมินค่าความสามารถทำให้เป็นกลางแคลเซียมออกไซด์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้อย่างแม่นยำ และรวดเร็วควรทำการพัฒนาและปรับปรุงสมการให้เหมาะสมเพื่อการนำไปใช้งานต่อไป โดยการเพิ่มปริมาณตัวอย่างให้มากขึ้น

จากผลงานวิจัยพบว่าเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) สามารถวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และยูเรียไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ความแม่นยำในช่วง 80 - 120% และสามารถนำสมการมาใช้ประเมินค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 15.0% มีความแม่นยำในช่วง 80 - 120% รวมทั้งใช้จัดจำแนกปูนขาว ปูนโดโลไมท์ และปูนมาร์ล โดยใช้รายการทดสอบทางเคมี ประกอบด้วย CaO, MgO, CCE และ pH F ความแม่นยำอยู่ในช่วง 90 - 115% ซึ่งสามารถพัฒนาและปรับปรุงสมการเพื่อนำมาใช้ประเมินผลการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำมากขึ้น โดยเพิ่มความหลากหลาย และปริมาณตัวอย่าง เพื่อให้ได้สเปกตรัมเป็นตัวแทนที่ดีของตัวอย่าง และครอบคลุมการใช้งานจริง

3.1.4 พัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรอง (Certified reference materials) ด้วยวิธีมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard method)

ประกอบด้วย ตัวอย่างดินและปุ๋ยอ้างอิงที่มีค่ากำหนดของเหล็ก และทองแดงทั้งหมด จัดเตรียมตัวอย่างตามแนวทางของ ISO Guide 35 โดยการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กทั้งหมดและทองแดงทั้งหมดใช้เทคนิค Inductively coupled plasma-isotope dilution mass spectrometry (ICP-IDMS) ซึ่งจัดเป็น Primary standard โดยแสดงค่ากำหนดและค่าความไม่แน่นอน ตามตารางที่ 4-1

ตัวอย่างดินอ้างอิง ทำการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของตัวอย่างอ้างอิงด้วยสถิติ Standard univariate analysis of variance (ANOVA) และ Regression analysis พบว่าตัวอย่างอ้างอิงที่เตรียมขึ้นมีความเป็นเนื้อเดียวกันและมีความเสถียรเพียงพอภายใต้สภาวะที่ศึกษา โดยค่าความไม่แน่นอนจากความเป็นเนื้อเดียวกัน ความเสถียรระยะสั้น และความเสถียรระยะยาวของเหล็กทั้งหมด เท่ากับ 0.71%, 0.02% และ 1.62% และทองแดงทั้งหมด เท่ากับ 0.98%, 0.11% และ 4.64% ตามลำดับ ตัวอย่างดินอ้างอิงมีค่ากำหนดและค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (k=2) ของเหล็กทั้งหมดเท่ากับ $8,340 \pm 298$ mg/kg และทองแดงทั้งหมดเท่ากับ 42.83 ± 4.08 mg/kg และมีความเสถียรเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 เดือน

ตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิง พบว่าตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกันและมีความเสถียรเพียงพอภายใต้สภาวะที่ศึกษา ค่าความไม่แน่นอนจากความเป็นเนื้อเดียวกัน ความเสถียรระยะสั้น และความเสถียรระยะยาว ของเหล็กทั้งหมด เท่ากับ 0.71%, 0.02% และ 1.62% และทองแดงทั้งหมด เท่ากับ 0.98%, 0.11% และ 4.64% ตามลำดับ ตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิงมีค่าคุณสมบัติและค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (k=2) ของเหล็กทั้งหมดเท่ากับ

12,478±1075 mg/kg และทองแดงทั้งหมดเท่ากับ 1,028±68 mg/kg และมีความเสถียรเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 12 เดือน

ตารางที่ 3-1 ผลสรุปทางสถิติของการพัฒนาสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ในปุ๋ยเคมี อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี และสารปรับปรุงดิน ประเภทปุ๋ยโดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy; NIRS)

การทดลอง	รายการทดสอบ	สมการ	r	SEC (%)	SEP (%)	Accuracy			Precision
						%Recovery	t-test	t crit	%RSD _{ext}
องค์ประกอบ NH ₄ ⁺ -N ไนโตรเจนใน ปุ๋ยเคมี		mf	0.98	0.86	0.86	88 - 120	1.05	2.01	0.03
	NO ₃ ⁻ -N	Dg2	0.98	0.17	0.43	87 - 107	-0.65	2.01	0.36
	Urea-N	Dg2	0.99	1.07	1.28	84 - 110	-0.13	2.01	0.08
อินทรีย์วัตถุ ในปุ๋ย อินทรีย์เคมี	OM (ความเข้มข้นต่ำ)	SNV	0.90	4.89	4.94	75 - 127	-0.29	2.01	1.66
	OM (ความเข้มข้นกลาง)	SNV	0.90	4.89	4.94	81 - 117	-1.28	2.01	1.46
	OM (ความเข้มข้นสูง)	SNV	0.90	4.89	4.94	92 - 114	-0.66	2.01	0.41
ปูนขาว	CaO	Sa3, ncl, db1	0.93	2.46	2.40	92 - 109	0.15	2.01	0.01 - 0.86
	CCE	db2	0.90	3.21	2.57	94 - 109	-0.68	2.01	0.04 - 1.18
	pH	db1	0.82	0.04	0.04	*0.01 - 0.11	0.005	2.01	-
โดโลไมท์	CaO	dg2	0.89	1.09	1.37	92 - 107	0.80	2.01	0.29
	MgO	dg2	0.92	0.63	0.81	92 - 108	0.62	2.01	0.34
	CCE	dg2	0.92	3.40	3.88	95 - 108	0.34	2.01	0.29
	pH	NSV	0.63	0.25	0.31	*0.05 - 0.77	1.51	2.01	-
ปูนมาร์ล	CaO	Sa3, ncl, db1	0.50	1.67	1.83	90 - 115	0.21	2.13	0.08 - 0.41
	CCE	Sa3, ncl, db1	0.47	3.04	3.32	93 - 111	0.21	2.13	0.07-0.38
	pH	db1	0.93	0.08	0.07	*0.0 - 0.7	-0.08	2.13	-

การทดลอง	รายการทดสอบ	สมการ	r	SEC (%)	SEP (%)	Accuracy		Precision
						%Recovery	t-test	t crit
เกณฑ์ยอมรับ	-	-	0.71– 1.00	-	-	80-120, *different<1.0	t _{cal} < t _{crit}	1.9

หมายเหตุ : *เกณฑ์ยอมรับ Recovery ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น (Eurachem, 2014) และ (AOAC, 2016)

เกณฑ์การยอมรับของการทดสอบ pH ใช้ค่า Absolute difference คือ ค่าสัมบูรณ์ผลต่างระหว่างผลการวิเคราะห์ทางเคมี และผลการวิเคราะห์ที่ได้จากวิธี NIRS

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4-1 ค่ากำหนดและค่าความไม่แน่นอนของเหล็กและทองแดงทั้งหมดในตัวอย่างดินและปุ๋ยอ้างอิง

ค่าความไม่แน่นอน	ตัวอย่างดินอ้างอิง		ตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิง	
	Fe	Cu	Fe	Cu
U_{bb} (%)	0.71	0.98	0.71	0.98
U_{sts} (%)	0.02	0.11	0.02	0.11
U_{lts} (%)	1.62	4.64	1.62	4.64
U_{char} (%)	0.25	0.43	0.0004	0.3742
U_{RM} (%)	3.57	9.53	3.54	9.52
y_{char} (mg/kg)	8340	42.83	12478	1028
U_{RM} (mg/kg)	298	4.08	441	98
Property values $\pm U_{RM}$ (mg/kg)	8,340 \pm 298	42.83 \pm 4.08	12,478 \pm 441	1,028 \pm 98

หมายเหตุ: U_{bb} = ค่าความไม่แน่นอนจากความเป็นเนื้อเดียวกัน
 U_{sts} = ค่าความไม่แน่นอนจากความเสถียรระยะสั้น
 U_{lts} = ค่าความไม่แน่นอนจากความเสถียรระยะยาว
 U_{char} = ค่าความไม่แน่นอนจากการศึกษาค่าคุณสมบัติของวัสดุอ้างอิง
 U_{RM} = ค่าความไม่แน่นอนขยายของวัสดุอ้างอิง
 k = Coverage factor (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, $k=2$)

3.1.5 พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ วัสดุปรับปรุงดิน น้ำ สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และธาตุอาหารในพืช และผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร

ประกอบด้วย 1) การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ด้วยวิธีโดยตรงและวิธีโดยอ้อม 2) การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ย สวพ. 8, ปริมาณและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์, จำแนกจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด, กรดอะมิโน, Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA_3) ในผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร และ 3) การศึกษาหาปริมาณฮอร์โมน Indole acetic acid (IAA), Gibberellic acid (GA_3) และ ธาตุอาหารในกล้วยน้ำว้า

การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ด้วยวิธีโดยตรงและวิธีโดยอ้อม พบว่า วิธี 1.10.01 ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559 ให้ผลการทดสอบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และปุ๋ยหินฟอสเฟต ไม่แตกต่างกับ วิธีวิเคราะห์โดยอ้อม (AOAC 960.02) โดยมีจำนวนตัวอย่างปุ๋ยที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ผ่านเกณฑ์ ในรูป $\%P_2O_5$ คิดเป็น 66.7 – 71.4% ในปุ๋ยเคมี 100.0% ในปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซิเตรท ปริมาณน้อย 61.5 – 69.2% ในปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซิเตรทปริมาณสูง และ 100.0% ในปุ๋ยหินฟอสเฟต ในขณะที่วิธีวิเคราะห์โดยตรง (AOAC 993.31) ให้ผลการทดสอบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ไม่แตกต่างกับวิธี 1.10.01 และวิธีวิเคราะห์โดยอ้อม (AOAC 960.02) ในปุ๋ยหินฟอสเฟต ในขณะที่

ตัวอย่างปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณน้อย และปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซัลเฟตปริมาณสูง มีจำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ผ่านเกณฑ์ ในรูป %P₂O₅ คิดเป็น 21.4%, 38.5% และ 46.2% ตามลำดับ (ตารางที่ 5-1)

ตารางที่ 5-1 ร้อยละของตัวอย่างปุ๋ยที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ผ่านเกณฑ์ เมื่อทดสอบด้วยวิธี 1.10.01, AOAC 963.03 และ 993.31

รายการทดสอบ	ร้อยละของตัวอย่างปุ๋ยที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ผ่านเกณฑ์		
	ในรูป %P ₂ O ₅ (%)		
	วิธี 1.10.01	วิธี AOAC 960.02	วิธี AOAC 993.31
ปุ๋ยเคมี (%Relative AVP ₂ O ₅ 80-100%)	71.4	66.7	21.4
ปุ๋ยอินทรีย์เคมี (%Relative AVP ₂ O ₅ 80-100%)	100.0	100.0	38.5
ปุ๋ยอินทรีย์เคมี (%Relative AVP ₂ O ₅ 40-60%)	61.5	69.2	46.2
ปุ๋ยหินฟอสเฟต (%Relative AVP ₂ O ₅ 10 -17)	100.0	100.0	100.0

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ประกอบด้วย 7 รายการทดสอบ

- **ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ย สวพ. 8** เปรียบเทียบประสิทธิภาพสารละลายปรับสีที่เตรียมตาม
 - 1) วิธี 1.09.01 ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559
 - 2) Official method of analysis of fertilizer (OMAF, 1987) และ 3) Standard methods for the Examination of water and wastewater (SMWW, 1999) ในการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้สารละลายปรับสีที่เตรียมตาม ทั้ง 3 วิธี พบว่า ปุ๋ยเคมี ได้ค่า LOD เท่ากับ 0.0174, 0.0084 และ 0.0075 %P₂O₅ ตามลำดับ, LOQ ได้ค่าเท่ากับ 0.0580, 0.0280 และ 0.0250 %P₂O₅ ตามลำดับ, ตรวจสอบความถูกต้องที่ระดับ ต่ำ กลาง และสูง โดยใช้ค่า Recovery พบว่าวิธี 1.09.01 ได้ Recovery เฉลี่ย เท่ากับ 97.4%, 99.4% และ 99.7% ตามลำดับ วิธี OMAF (1987) ได้ Recovery เฉลี่ย เท่ากับ 99.1%, 100.1% และ 100.1% ตามลำดับ และวิธี SMWW (1999) ได้ Recovery เฉลี่ย เท่ากับ 98.5%, 99.9% และ 100.2% ตามลำดับ ตรวจสอบความเที่ยงแบบทวนซ้ำ ที่ระดับ ต่ำ กลาง และสูง โดยใช้ค่า HorRat พบว่าวิธี 1.09.01 ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.04, 0.06 และ 0.05 ตามลำดับ, วิธี OMAF (1987) ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.03, 0.06 และ 0.06 ตามลำดับ และวิธี SMWW (1999) ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.06 ตามลำดับ ปุ๋ยอินทรีย์ ได้ค่า LOD เท่ากับ 0.0063, 0.0048 และ 0.0102 %P₂O₅ ตามลำดับ, LOQ ได้ค่าเท่ากับ 0.0210, 0.0160 และ 0.0340 %P₂O₅ ตามลำดับ, ตรวจสอบความถูกต้องที่ระดับ ต่ำ กลาง และสูง พบว่า วิธี 1.09.01 ได้ Recovery เฉลี่ย เท่ากับ 96.7%, 100.6% และ 100.7% ตามลำดับ วิธี OMAF (1987) ได้ Recovery เฉลี่ย เท่ากับ 100.4%, 101.1% และ 101.1% ตามลำดับ และวิธี SMWW (1999) ได้

Recovery เฉลี่ยเท่ากับ 94.8%, 100.2% และ 100.5% ตามลำดับ ตรวจสอบความเที่ยงแบบทวนซ้ำ ที่ระดับ ต่ำ กลาง และสูง โดยใช้ค่า HorRat พบว่าวิธี 1.09.01 ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.10, 0.05 และ 0.08 ตามลำดับ วิธี OMAF (1987) ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.16, 0.05 และ 0.10 ตามลำดับ และวิธี SMWW (1999) ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.08, 0.06 และ 0.08 ตามลำดับ (ตาราง 5-2)

- **ประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์** ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนด้วยวิธี Acetylene Reduction Assay (ARA) และการวิเคราะห์ปริมาณด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) และ Viable plate count เป็นวิธีที่ใช้คัดเลือกจุลินทรีย์อ้างอิงเพื่อใช้ควบคุมคุณภาพปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ โดยคัดเลือกจุลินทรีย์ *Azospirillum brasilense* (DASF04003) และ *Azotobacter vinelandii* (DASF04141) เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้ออ้างอิงในการทดลอง ผลการทดลองพบว่า ทั้ง 2 สายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนและเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบของเชื้อ *A. brasilense* (DASF04003) พบว่า การทดสอบความเที่ยงของความสามารถในการทำซ้ำมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) เท่ากับ 2.8% การทดสอบความแม่นยำของวิธีได้ Recovery ที่ระดับความเข้มข้น 10^{-1} (สูง) และ 10^{-4} (กลาง) เฉลี่ยเท่ากับ 98.4% และ 103.7% ค่า LOD และค่า LOQ เท่ากับ 4.68 และ 1.58 $\text{Log}_{10}\text{CFU}$ ตามลำดับ ขณะที่เชื้อ *A. vinelandii* (DASF04141) การทดสอบความสามารถในการทำซ้ำมี CV เท่ากับ 5.6% ค่า Recovery ที่ระดับความเข้มข้น 10^{-1} มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 118.6% มีค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 6.36 และ 4.90 $\text{Log}_{10}\text{CFU}$ ตามลำดับ ขณะที่การทดสอบความเที่ยงแบบ between-analyst variation โดยใช้ Student's t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 5-2)

- **การจำแนกปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์** การจำแนกชนิดด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลของแบคทีเรียอ้างอิงที่ใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์จำนวน 2 สกุล ได้แก่ *Azospirillum* (DASF04003 และ DASF04008) และ *Azotobacter* (DASF04141) พบว่า ค่าความถูกต้องของวิธีจำแนกชนิดด้วยวิธีทางอณูชีวโมเลกุล เท่ากับ 98-99% และการใช้เครื่อง MALDI-TOF MS มีค่า score value เท่ากับ 2.33 – 2.39 ความเที่ยงของความสามารถในการทำซ้ำมีค่า CV เท่ากับ 4.94% และ 4.77% และค่า Intermediate precision จากการทดสอบโดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ 2 คน มีค่า CV เท่ากับ 2.28% และ 2.31% และทดสอบทางสถิติโดยใช้ Student's t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า P เท่ากับ 0.481 ขณะที่ *Azotobacter* เมื่อทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบพบว่า ค่าความถูกต้องของวิธีจำแนกชนิดด้วยวิธีทางอณูชีวโมเลกุล เท่ากับ 98 – 99% และการใช้เครื่อง MALDI-TOF MS มีค่า score value เท่ากับ 2.55 2.45 และ 2.45 ตามลำดับ ความเที่ยงของความสามารถในการทำซ้ำมีค่า CV เท่ากับ 1.14 3.95 และ 3.23 เปอร์เซ็นต์ และค่า Intermediate precision จากการทดสอบโดยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ 2 คน มีค่า CV เท่ากับ 2.55% และ 2.51% และทดสอบทางสถิติโดยใช้ Student's t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า P เท่ากับ 0.127 แสดงให้เห็นว่าผลการทดสอบของเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ทั้ง 2 คนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้น วิธีทดสอบการจำแนกชนิดจุลินทรีย์โดยใช้เครื่อง MALDI-TOF MS จึงมีความเที่ยง และมีความเหมาะสม และให้ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ถูกต้อง แม่นยำ (ตาราง 5-2)

- **ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด** มีค่า LOD เท่ากับ 16.45 mg/L และ LOQ เท่ากับ 21.23 mg/L ทำการวิเคราะห์ CRM ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง ได้ Recovery เท่ากับ 98.5%, 95.5% และ 99.5% ตามลำดับ ค่า HorRat ของการวิเคราะห์ซ้ำแบบต่างเวลากัน (Intermediate) เท่ากับ 0.27, 0.42 และ

0.36 ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับโดย Recovery อยู่ในช่วง 80 - 110% และ HorRat <1.3 ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดในน้ำมีความเหมาะสมกับตัวอย่างทดสอบในช่วงความเข้มข้น 46 – 7195 mg/L และนำมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำทางการเกษตร จำนวน 344 ตัวอย่าง พร้อมทั้งวิเคราะห์ pH, EC, TDS, Ca, Mg, Na, K, CO₃²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻ และ SO₄²⁻ และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายในน้ำกับค่าการนำไฟฟ้า และประมาณค่าคงที่ K หรือค่า Ratio TDS/EC (K) ของน้ำทางการเกษตรคือ 0.60 (R² = 0.99) หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้เท่ากับ TDS = 0.60 × EC และปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำทั้งหมดตัวอย่างน้ำทางการเกษตรของประเทศไทยมีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า และเกลือที่ละลาย น้ำได้ในรูปของ Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Cl⁻, และ SO₄²⁻ ซึ่งทำให้สามารถคำนวณ ค่าคงที่ Ratio TDS/EC (K) = 0.60 (R² = 0.99) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของน้ำธรรมชาติ และน้ำชลประทาน (ตารางที่ 5-3)

- **กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตพืช** พัฒนาวิธีตรวจวิเคราะห์กรดอะมิโน Aspartic acid, Glutamic acid, Proline, Phenylalanine และ Tryptophan ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography พบว่าวิธีวิเคราะห์กรดอะมิโนในสารสกัดจากสาหร่ายที่มีลักษณะใสและชนิดผง มีความจำเพาะเจาะจง และไม่มีการรบกวนของสารอื่น มีค่า LOD อยู่ในช่วง 0.05-4.76 mg/L และมีค่า LOQ อยู่ใน ช่วง 0.5-50 mg/L การตรวจสอบ Linearity พบว่า มีค่า r เท่ากับ 0.99931, 0.99950, 0.99934, 0.99973, 0.99927 ตามลำดับ Range มีค่า r เท่ากับ 0.99960, 0.99949, 0.99926, 0.99970 และ 0.99970 ตามลำดับ และมี Linearity อยู่ในช่วง 5-100, 5-100, 5-100, 0.5-10 และ 5-1000 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับกรดอะมิโนทั้ง 5 ชนิด ตามลำดับ การประเมินค่า Trueness จาก Recovery พบว่า กรดอะมิโนที่ความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง มี Recovery อยู่ในช่วง 94.3 - 103.2%, 96.4 - 102.8% และ 95.9 - 103.6% ตามลำดับ มีค่า HorRat อยู่ใน ช่วง 0.31 - 0.61, 0.51 - 0.93 และ 0.30 - 0.65 ตามลำดับ และการตรวจสอบ Ruggedness ด้วยวิธีทางสถิติ t-test พบว่าทุกค่า มีค่า $t_{stat} < t_{critical}$ จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าวิธีมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการ วิเคราะห์ โดยให้ค่าที่มีความถูกต้องและแม่นยำ (ตารางที่ 5-3)

ตารางที่ 5-2 สรุปการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ และการวิธี วิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์การจำแนกปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

รายการทดสอบ	Linearity Working (r)	range (r)	LOD	LOQ	Trueness (Recovery)			Precision (HorRat)			
					ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	
ปุ๋ยเคมี	1.09.01	1.0000	0.9979	0.0174	0.0580	97.43	99.41	99.65	0.04	0.06	0.05
	OMAF	1.0000	0.9996	0.0084	0.0280	99.13	100.13	100.13	0.03	0.06	0.05
	SMWW	1.0000	0.9990	0.0075	0.0250	98.59	99.85	100.16	0.02	0.05	0.06
ปุ๋ยอินทรีย์	พรบ.	1.0000	0.9982	0.0063	0.0210	96.69	100.58	100.74	0.10	0.05	0.08
	OMAF	1.0000	0.9995	0.0048	0.0160	100.37	101.05	101.06	0.16	0.05	0.10
	SMWW	1.0000	0.9990	0.0102	0.0340	94.83	100.18	100.53	0.08	0.06	0.08

รายการทดสอบ	Linearity Working		LOD	LOQ	Trueness (Recovery)			Precision (HorRat)			
	(r)	range			ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	
	(r)	(r)									
ประสิทธิภาพบูย ชีวภาพพีจีฟิอาร์ <i>A. brasilense</i> (DASF04003)	-	-	4.68	1.58	-	103.65	98.39	-	-	-	CV =2.79, ***P=0.39
ประสิทธิภาพบูย ชีวภาพพีจีฟิอาร์ <i>A. vinelandii</i> (DASF04141)	-	-	6.36	4.90	-	-	118.55	-	-	-	CV =5.6, ***P=0.87
การจำแนกบูย ชีวภาพพีจีฟิอาร์ <i>Azospirillum</i> (DASF04003 และ DASF04008)	-	-	-	-	98- 99%, **score value = 2.33-2.39	-	-	-	-	-	CV=4.94%, 4.77% Intermediate CV=2.28,CV=3.31, P=0.481
การจำแนกบูย ชีวภาพพีจีฟิอาร์ <i>Azotobacter vinelandii</i> , <i>Azotobacter beijerinckii</i> และ <i>Azotobacter salinestris</i>	-	-	-	-	98- 99%, **score value =2.55, 2.45, 2.45	-	-	-	-	-	CV=1.14%, 3.95%, 3.23% Intermediate CV=2.55%,CV=2.51% ***P=0.127
เกณฑ์ยอมรับ	0.995	0.995	-	-	*80-120	*80-120	*80-120	≤1.3	≤1.3,	≤1.3,	CV<10 CV<10 CV<10

หมายเหตุ : *เกณฑ์ยอมรับ Recovery ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น (Eurachem, 2014) และ (AOAC, 2016)

**score values ≥ 2.0 จำแนกได้ระดับสกุล (genus) และชนิด (species) แต่ถ้า score values 1.7 to 2.0 จำแนกได้ระดับสกุล (genus) เท่านั้น กรณี score values <1.7 จะไม่สามารถจำแนกได้

***p > 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของการวัดจากข้อมูลทั้ง 2 ชุดไม่แตกต่างกัน

● **Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) ในผลิตภัณฑ์วัตถุเคมี**

การเกษตร พัฒนาวิธีการสกัดตัวอย่างด้วย Ethyl acetate และนำมา Cleanup ด้วยเทคนิค Solid phase extraction และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC - PDA โดยใช้ Column Nucleosil C₁₈, (5 µm, 4.6 mm x 150 mm) และใช้ Mobile phase เป็น 35:65 (Methanol : 0.025% H₃PO₄ in Water) ที่อัตราการไหล 1.0 mL/min. จากผลการทดลองพบว่าค่า Retention time ของสาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) มีค่าเท่ากับ 9.74 และ 6.80 นาที ตามลำดับ ค่า Linearity อยู่ในช่วง 0.005-5.0 mg/L และ 0.05-5.0 mg/L มีค่า r เท่ากับ 0.9998 และ 0.9998 ตามลำดับ ทดสอบ Range มีค่า r เท่ากับ 0.9995 และ 0.9991 ตามลำดับ ค่า LOD ของสาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) มีค่าเท่ากับ 0.001 และ 0.005 mg/L ตามลำดับ และ LOQ มีค่าเท่ากับ 0.005 mg/L และ 0.05 mg/L ตามลำดับ พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision) ของวิธีที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง พบว่าสาร Indole acetic acid (IAA) มีค่า Recovery เท่ากับ 99.0%, 92.2% และ 93.9% ตามลำดับ และ Gibberellic acid (GA₃) มีค่า

Recovery เท่ากับ 99.0%, 92.2% และ 93.9% ตามลำดับตามลำดับ และจากการประเมินค่า HorRat ที่ได้จากการทดสอบความเที่ยง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.30 - 0.62 และ 0.32 - 0.35 ดังนั้นวิธีนี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาสาร Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัตถุดิบการเกษตรที่มีขอบข่ายในการวิเคราะห์อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.013 - 5.00 mg/L และ 0.125-5.00 mg/L ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ (ตารางที่ 5-3)

ตารางที่ 5-3 สรุปการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด กรดอะมิโนและฮอร์โมน Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA₃) ในผลิตภัณฑ์วัตถุดิบการเกษตร

รายการทดสอบ	Linearity (r)	Working range (r)	LOD	LOQ	Trueness (Recovery)			Precision (HorRat)			Ruggedness
					ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	
					ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด	-	-	16.45	21.23	98.48	
กรดอะมิโน											
Aspartic acid	0.99931	0.99960	0.78	2.6	103.24	96.40	95.86	0.31	0.93	0.30	t _{cal} < t _{crit}
Glutamic acid	0.99950	0.99949	0.68	2.3	103.20	102.82	99.16	0.43	0.56	0.60	t _{cal} < t _{crit}
Proline	0.99934	0.99926	0.69	2.3	99.59	101.79	98.91	0.57	0.82	0.57	t _{cal} < t _{crit}
Phenylalanine	0.99973	0.9997	0.05	0.2	94.34	98.68	97.39	0.40	0.53	0.65	t _{cal} < t _{crit}
Tryptophan	0.99927	0.9997	4.76	15.9	95.39	98.51	103.55	0.61	0.51	0.31	t _{cal} < t _{crit}
ฮอร์โมนพืชในผลิตภัณฑ์วัตถุดิบการเกษตร											
IAA	0.9998	0.9998	0.001	0.005	99.04	92.20	93.86	0.30	0.32	0.62	t _{cal} < t _{crit}
GA ₃ ใน	0.9999	0.9998	0.005	0.05	87.48	99.24	101.28	0.35	0.32	0.33	t _{cal} < t _{crit}
เกณฑ์ยอมรับ	0.995	0.995	-	-	80-110	80-110	80-110	≤1.3	≤1.3	≤1.3	t _{cal} < t _{crit}

หมายเหตุ : *เกณฑ์ยอมรับ Recovery ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น (Eurachem, 2014) และ (AOAC, 2016)

สถิติ t-test, ค่า t-Stat < t Critical แสดงว่าค่าเฉลี่ยของการวัดจากข้อมูลทั้ง 2 ชุดไม่แตกต่างกัน

ศึกษาหาปริมาณฮอร์โมน Indole acetic acid (IAA), Gibberellic acid(GA₃) และ ธาตุอาหารในกล้วยน้ำว้า พบว่า ปริมาณธาตุอาหารพืชในเปลือกผลอ่อน เปลือกผลแก่ เปลือกผลสุก เนื้อผลดิบ เนื้อผลอ่อน ลำต้นเทียม ปลี และใบกล้วยน้ำว้า 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์มะลิอ่อน พันธุ์ปากช่อง50 พันธุ์สุโขทัย1 ที่เก็บตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย (สวพ.2) ไม่แตกต่างกัน จึงดำเนินการต่อโดยใช้ตัวอย่างกล้วยพันธุ์สุโขทัย 1 มาวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและปริมาณฮอร์โมน พบว่า ในปลีและใบ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน เท่ากับ 2.47% และ 2.62% และฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.43% และ 0.33% สูงกว่าส่วนอื่น ส่วนปริมาณฮอร์โมนพืช IAA และ GA₃พบในทุกส่วนของกล้วยน้ำว้า โดย IAA พบในใบสูงที่สุดมีปริมาณ 4.07 mg/kg ส่วน GA₃ พบมากที่สุดในส่วนของปลี มีปริมาณ 1.42 mg/kg รองลงมาคือ ส่วนของใบมีปริมาณ 1.32 mg/kg เมื่อ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารและปริมาณฮอร์โมนพืชทั้งสองชนิด พบว่าปริมาณธาตุไนโตรเจน เหล็ก กำมะถัน และทองแดง จะให้ค่าความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกว่าธาตุอื่น (ตารางที่ 5-4, 5-5 และ 5-6)

ตารางที่ 5-4 ผลวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืชในส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่อง HPLC

ส่วนของพืช	ปริมาณฮอร์โมนพืชที่ตรวจพบ (mg/kg)	
	IAA	GA ₃
เปลือกผลอ่อน	<0.01	0.16
เปลือกผลแก่	0.01	0.28
เนื้อผลอ่อน	0.13	0.10
เนื้อผลแก่	0.04	0.37
ปลี	0.15	1.42
ใบ	4.07	1.32

ตารางที่ 5-5 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้กับปริมาณฮอร์โมนพืช IAA และ GA₃

ธาตุอาหารพืช	IAA			GA ₃		
	สมการ	R ²	r	สมการ	R ²	r
N	$y = 0.8684x - 0.4382$	0.305	0.553	$y = 0.5344x - 0.1648$	0.8474	0.921
P	$y = 3.0428x + 0.1071$	0.074	0.271	$y = 2.8698x - 0.1235$	0.4665	0.683
K	$y = 0.073x + 0.6325$	0.009	0.095	$y = 0.0353x + 0.4728$	0.0192	0.139
Ca	$y = 3.3802x + 0.1228$	0.147	0.383	$y = 2.5504x + 0.026$	0.5972	0.773
Mg	$y = 2.8901x + 0.0361$	0.071	0.267	$y = 1.404x + 0.152$	0.1557	0.395
S	$y = 10.16x - 0.1767$	0.314	0.560	$y = 6.4306x - 0.0133$	0.9321	0.965
Fe	$y = 0.0569x - 1.5426$	0.843	0.918	$y = 0.0164x - 0.0575$	0.5214	0.722
Mn	$y = 0.0244x - 0.5654$	0.371	0.609	$y = 0.0087x + 0.076$	0.3405	0.584
Zn	$y = -0.0146x + 1.3195$	0.048	0.218	$y = 0.0027x + 0.5176$	0.0131	0.114
Cu	$y = 0.3408x - 0.6875$	0.266	0.516	$y = 0.2179x - 0.2998$	0.9247	0.962
B	$y = -0.0063x + 0.9598$	0.001	0.036	$y = 0.0181x + 0.3613$	0.0835	0.289

3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
1. องค์ความรู้	28	เรื่อง	1. องค์ความรู้ ได้เกณฑ์ ตลาดเคลื่อน ของปริมาณธาตุ อาหารรับรองใน ปุ๋ย	28	เรื่อง	1.1 ไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย 1.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ 1.3 โพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ย 1.4 แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถัน ในปุ๋ยเคมี 1.5 อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี 1.6 คลอไรด์ในปุ๋ยเคมี	ข้อมูลพื้นฐานในการกำกับ บังคับใช้กฎหมายตามพรบ. ปุ๋ย 2518
			พัฒนาและ ตรวจสอบความ ใช้ได้ของวิธี วิเคราะห์ปุ๋ยเคมี ดิน และพืช ด้วยเทคนิค อินดักทีฟลิคทีฟเปิล พลาสมาสเปคโตร เมทรี	7	เรื่อง	2.1 โบรอนในปุ๋ยเคมี 2.2 โบรอนในดิน 2.3 โบรอนในพืช 2.4 ฟอสฟอรัสในดิน 2.5 โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในดิน 2.6 เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงในดิน 2.7 ซิลิคอนในดิน	- ขยายขอบข่าย การรับรอง ความสามารถ ห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ในการวิเคราะห์ โบรอนในปุ๋ยเคมี - นำวิธีวิเคราะห์ โบรอนในดินและ พืช มาใช้ในการ ตรวจวิเคราะห์ ใน กรณีพิพาทของ โรงงาน อุตสาหกรรมใน พื้นที่เกษตรกรรม - นำวิธีวิเคราะห์ แคลเซียม และ แมกนีเซียมที่ แลกเปลี่ยนได้ และวิธีวิเคราะห์ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
							เป็นประโยชน์ในดิน มาใช้เป็นวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการในการให้บริการวิเคราะห์ของหน่วยงาน
			วิธีการพิสูจน์เอกลักษณ์ของปุ๋ยและสารปรับปรุงดินโดยเทคนิค NIRS	5	เรื่อง	3.1 ยูเรียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี 3.2 อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี 3.3 ปูนขาว 3.4 โดโลไมท์ 3.5 ปูนมาร์ล	นำเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS) มาประยุกต์ใช้ในการตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดินและตัวอย่างปุ๋ย
			พัฒนาตัวอย่างอ้างอิงรับรองของดินและปุ๋ยตามมาตรฐาน ISO 17034	2	เรื่อง	4.1 ตัวอย่างดินอ้างอิง 4.2 ตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิง	ตัวอย่างอ้างอิงรับรองเป็นผลงานนำไปใช้ประโยชน์สู่กลุ่มเป้าหมายเพื่อใช้ประโยชน์ในการเกษตรของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรประจำปี 2565 สำหรับห้องปฏิบัติการต่างๆ นำไปใช้ในการประกันคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการ
			ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี	8	เรื่อง	5.1 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปุ๋ยเคมี 5.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ย	นำวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
			ปุ๋ยชีวภาพ ดิน และพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช			<p>5.3 ปริมาณและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์</p> <p>5.4 การจัดจำแนกจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์</p> <p>5.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด</p> <p>5.6 กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช</p> <p>5.7 Indole acetic acid และ Gibberellic acid ในผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร</p> <p>5.8 Indole acetic acid และ Gibberellic acid ในกล้วยน้ำว้า</p>	<p>มาใช้ในการประเมินความเค็มของน้ำโดยใช้ค่าคงที่ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือชนิดต่างๆ ที่ละลายในน้ำ ตามโครงการ TCP/THA/3702</p> <p>“Managing saline water intrusion impact on nutrient uptake and growth of orchids” ภายใต้การสนับสนุนขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO)</p> <p>-ห้องปฏิบัติการมีความพร้อมในการขยายขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO 17025 ในการวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์</p>

3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
<p>1) นำวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด มาใช้ในการประเมินความเค็มของน้ำโดยการ ใช้ค่าคงที่ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือชนิดต่างๆ ที่ละลายในน้ำ ตาม โครงการ TCP/THA/3702 “Managing saline water intrusion impact on nutrient uptake and growth of orchids” ภายใต้การสนับสนุนขององค์การอาหารและเกษตรแห่ง สหประชาชาติ (FAO)</p> <p>2) ตัวอย่างอ้างอิงรับรองเป็นผลงานนำไปใช้ประโยชน์สู่กลุ่มเป้าหมายเพื่อใช้ประโยชน์ในการเกษตร ของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ประจำปี 2565 สำหรับห้องปฏิบัติการต่างๆ นำไปใช้ในการประกันคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการ ตามหนังสือกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ที่ กษ 0916/1349 ลงวันที่ 6 กันยายน 2564</p> <p>3) ขยายขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ในการ วิเคราะห์โบรอนในปุ๋ยเคมี</p> <p>4) นำวิธีวิเคราะห์โบรอนในดินและพืช มาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ ในกรณีพิพาทของโรงงาน อุตสาหกรรมในพื้นที่เกษตรกรรม ตามหนังสือขอความอนุเคราะห์วิเคราะห์ตัวอย่างของ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ที่ กษ 0922/65 ลงวันที่ 12 มกราคม 2565</p> <p>5) นำวิธีวิเคราะห์แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และวิธีวิเคราะห์เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดิน มาใช้เป็นวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการในการให้บริการ วิเคราะห์ของหน่วยงาน</p> <p>6) ข้อมูลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี และวิเคราะห์ดินมาใช้เป็นข้อเสนอแนะ เชิงเทคนิคให้กับห้องปฏิบัติการต่างๆ ที่เข้าร่วมโปรแกรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาห้องปฏิบัติการให้มีมาตรฐานเดียวกัน</p> <p>7) นำเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS) มาประยุกต์ใช้ในการ ตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตัวอย่างปุ๋ย</p> <p>8) ห้องปฏิบัติการมีความพร้อมในการขยายขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตาม มาตรฐาน ISO 17025 ในการวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกัล</p>	2564 - 2569

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
<ul style="list-style-type: none"> - ได้ข้อมูลเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมี ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ย อินทรีย์และปุ๋ยอินทรีย์เคมี เพื่อสนับสนุน กำกับ ควบคุม และดูแล ตาม พรบ. ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไข เพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) ลดการสูญเสียการใช้ปุ๋ยปลอม หรือปุ๋ยผิดมาตรฐานในแต่ละปีมากกว่า 40 ล้านบาทต่อปี - ได้วิธีมาตรฐาน สำหรับวิเคราะห์คุณภาพดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสาร 	2564 - 2569

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
<p>ปรับปรุงดินของประเทศไทยสามารถใช้อ้างอิงได้ และลดข้อโต้แย้ง หรือกรณีพิพาทที่เกิดขึ้น</p> <ul style="list-style-type: none"> - ได้ตัวอย่างอ้างอิงรับรองที่ผลิตขึ้นภายในประเทศไทย ลดการนำเข้า หรือการใช้สารเคมีจากต่างประเทศ ในแต่ละปีแต่ละห้องปฏิบัติการต้องจัดซื้อตัวอย่างอ้างอิงมากกว่า 500,000 บาท หรือคิดมูลค่าทั้งประเทศมากกว่า 20,000,000 บาทต่อปี - นอกจากนี้ ตัวอย่างอ้างอิงเป็นไปตามมาตรฐานสากล ISO 17034 ทำให้ตัวอย่างที่ได้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล - สร้างเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ เป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทยให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล - ได้ข้อมูลวิธีพิสูจน์เอกลักษณ์ และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และสารปรับปรุงดินที่รวดเร็ว เพื่อสนับสนุน กำกับ ควบคุม และดูแล ตาม พรบ. ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) ลดขั้นตอน และระยะเวลาการดำเนินการในการบังคับใช้กฎหมายของกรมวิชาการเกษตร ลดการสูญเสียที่เกิดจากการยึดอายัดตัวอย่าง 	

3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)

ด้านนโยบาย โดยกรมวิชาการเกษตร ผู้ประกอบการทั่วประเทศ

อย่างไร กรมวิชาการเกษตร ผู้ประกอบการทั่วประเทศ นำข้อมูลการตรวจวิเคราะห์สารปรับปรุงดิน เพื่อการขึ้นทะเบียนปุ๋ย สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช สารปรับปรุงดิน และเป็นข้อมูลเพื่อการเฝ้าระวังและกำกับดูแลเพื่อประโยชน์ของเกษตรกรตาม พรบ.

ด้านสังคม โดยผู้บริโภค

อย่างไร การเลือกซื้อ การเลือกชนิด วิธีการใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และกรรมวิธีการผลิตในด้านการเพิ่มคุณภาพของภาคเอกชน โรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

ด้านเศรษฐกิจ โดยกลุ่มเกษตรกร

อย่างไร ลดความสูญเสียจากการใช้ผลิตภัณฑ์ปัจจัยการผลิตที่ไม่ได้คุณภาพ หรือมาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด

ด้านวิชาการ โดยห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิต ได้แก่ ปุ๋ย พืช ดิน น้ำ ผลิตภัณฑ์วัตถุดิบพืชการเกษตร สารพิษตกค้างทางการเกษตร ของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตรห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาค สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 – 8 กรมวิชาการเกษตร และห้องปฏิบัติการภาคธุรกิจเอกชนอื่น ๆ รวมทั้งห้องปฏิบัติการที่ได้รับการถ่ายโอนงานวิเคราะห์ปุ๋ยจากกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ บริษัทผู้ผลิตปุ๋ย เพื่อวิเคราะห์ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ของตนเอง ห้องปฏิบัติงานหน่วยราชการอื่น ๆ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมสหกรณ์ มหาวิทยาลัยต่าง ๆ องค์กรเอกชนต่างๆ

อย่างไรนำข้อมูลเพื่อจัดทำ SOPs ที่เป็นมาตรฐานห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และสารปรับปรุงดินไปใช้

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

สรุปผลและอภิปรายผล

1) ได้เกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองที่มีในปุ๋ยเคมี ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์เคมี จำนวน 8 เกณฑ์ ได้แก่ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันในปุ๋ยเคมี อินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี และคลอไรด์ในปุ๋ยเคมี โดยการนำค่าความไม่แน่นอนของการวิเคราะห์ ที่เกิดขึ้นของข้อมูลผลการวิเคราะห์ โดยพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เป็นองค์ประกอบในกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนของผลวิเคราะห์ การศึกษาและกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมี และปุ๋ยอินทรีย์ โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน Eurachem (2019) สามารถนำไปกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งมีความสำคัญในการบ่งชี้ว่าปริมาณธาตุอาหารรับรองที่ระบุผ่านเกณฑ์คลาดเคลื่อนขั้นต่ำ เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพปุ๋ย ตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่จำหน่ายในท้องตลาดได้เพื่อให้ผู้ประกอบการนำไปใช้ควบคุมคุณภาพปุ๋ย ควบคุมการผลิต และจำหน่ายปุ๋ยให้มีคุณภาพ

2) ได้เทคนิควิธีการวิเคราะห์ ดิน น้ำ พีช ปุ๋ย ปุ๋ยชีวภาพ และผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตรที่มีความถูกต้องและแม่นยำ โดยการทดสอบความเป็นเส้นตรง (Linearity) ช่วงของการวัด (Working range) ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) และความคงทนของวิธี (Ruggedness) ผ่านเกณฑ์การยอมรับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 จำนวน 20 วิธี ดังนี้

ตัวอย่าง	รายการทดสอบ
พีช	1. โบรอน
ดิน	1. โบรอน 2. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 3. โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 4. เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ 5. ซิลิคอน
น้ำ	1. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด
ปุ๋ยเคมี	1. โบรอน 2. ฟอสฟอรัสทั้งหมด
ปุ๋ยชีวภาพ	1. ปริมาณและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 2. การจัดจำแนกจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์
ผลิตภัณฑ์วัตถุเคมีการเกษตร	1. กรดอะมิโน 2. ฮอร์โมน Indole acetic acid (IAA) 3. ฮอร์โมน Gibberellic acid (GA ₃)

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เป็นการยืนยันถึงวิธีการที่นำมาใช้ในการทดสอบว่ามีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ สามารถสอบกลับ สร้างความเชื่อมั่นด้านการตรวจวิเคราะห์ และลดข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นจากการบังคับใช้กฎหมายของกรมวิชาการเกษตร และการนำวิธีมาตรฐาน และวิธีวิเคราะห์ที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ตามมาตรฐานสากล มาใช้สำหรับวิเคราะห์เพื่อให้บริการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตของกรมวิชาการเกษตร ทำให้มั่นใจได้ว่าห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตรมีมาตรฐานเดียวกัน

3) ได้สมการในการทำนายสมบัติ องค์ประกอบและพิสจูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ในปุ๋ยเคมี ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมี สารปรับดินปูนขาวโดโลไมท์ และปุ๋ยมาร์ลด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ โดยให้ผลการทำนายที่มีค่าความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดกรองตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทำให้สามารถลดปริมาณตัวอย่าง และลดการใช้สารเคมี และมลพิษที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ

4) ได้ตัวอย่างอ้างอิงรับรองที่มีเป็นที่ยอมรับในระดับสากลผลิตขึ้นเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO/IEC 17034 และ ISO Guide 35 จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างดินและปุ๋ยอ้างอิงที่มีค่ากำหนดของเหล็ก และทองแดงทั้งหมดจากเทคนิค Inductively coupled plasma-isotope dilution mass spectrometry (ICP-IDMS) ซึ่งเป็น Primary method เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง สามารถตรวจสอบย้อนกลับไปยังระบบหน่วยสากล (SI) และตัวอย่างอ้างอิงรับรองที่ได้ สามารถนำมาใช้ในการประกันคุณภาพผลการทดสอบซึ่งทำให้ห้องปฏิบัติการของประเทศไทยมีมาตรฐานเดียวกัน และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล นอกจากนี้ ยังเป็นการเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการเข้าสู่มาตรฐาน ISO/IEC 17034 ทำให้กรมวิชาการเกษตรเป็นศูนย์กลางของวัสดุอ้างอิงรับรองของตัวอย่างปุ๋ยและดินของประเทศไทย

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

-

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

-

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. (2551, 11 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนที่ 7 ก. หน้า 2/28.
- ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559. (2559, 25 พฤศจิกายน). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 2ง.
- ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ให้มีในปุ๋ยอินทรีย์เคมี ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554. (2554, 1 สิงหาคม). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128 ตอนพิเศษ 98 ง. หน้า 20.
- ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมี ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2552 (2552, 29 เมษายน) ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 63ง. หน้า 62.
- AOAC. 2016. Official Method of Analysis of AOAC International 20th ed. Association of Official Analytical Chemises. Gaithersburg. Maryland, USA..
- APHA, AWWA and WPCF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington D.C., American Public Health Association.
- American Public Health Association, the American Water Works Association and the Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF) . 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. Washington D.C. American Public Health Association. 1360 p.
- Eurachem. 2014. The Fitness for Purpose of Analytical Methods A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. 2nd Ed. 62 p.
- Eurachem. 2019. Measurement uncertainty arising from sampling: a guide to methods and approaches. Second Edition, Eurachem (2019). ISBN (978-0-948926-35-8). Available from <http://www.eurachem.org>.
- Hardy, R.W.F.; R.C. Burns and R.D. Holsten. 1973. Application of the Acetylene-ethylene Assay for Measurement of Nitrogen Fixation. Soil Biol. Biochem. 5: 47-81.
- ISO Guide 35. 2017. Reference materials – guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability ISO, Geneva, Switzerland. ISO, Geneva, Switzerland.
- ISO/IEC 17025. 2017. General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. Thai Industrial Standard. 28p.
- ISO/IEC 17034. 2016. General requirements for the competence of reference. ISO, Geneva, Switzerland. ISO, Geneva, Switzerland.

Official Methods of Analysis of Fertilizers. 1987. The National Institute of Agriculture Sciences, Forestry, and Fisheries, Japan 130 p.

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>.

ภาคผนวก

ตารางผนวก สรุปการทดลองที่มีการเปลี่ยน 20% เงินค่าใช้จ่ายในงวดที่ 3 เป็นค่าวัสดุ

การทดลองที่	เงินค่าใช้จ่าย 20% แปลง เป็นค่าวัสดุ	รวมใช้	ค่าใช้จ่าย งวดที่ 3	คงเหลือ
การทดลองที่ 3.1				
พิสูจน์เอกลักษณ์ และวิเคราะห์องค์ประกอบของไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (2563-2564)	12,000	12,000	14,883	2,883
การทดลองที่ 3.2				
วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยอินทรีย์เคมีด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (2563-2564)	17,000	17,000	18,148	1,148
การทดลองที่ 3.3				
พิสูจน์เอกลักษณ์ และหาสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารปรับปรุงดินชนิดปูนขาว โดยเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้ (2563-2564)	9,000	9,000	10,037	1,037
การทดลองที่ 3.4				
พิสูจน์เอกลักษณ์ และหาสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารปรับปรุงดินชนิดโดโลไมท์ โดยเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้ (2563-2564)	10,000	10,000	11,223	1,223
การทดลองที่ 3.5				
พิสูจน์เอกลักษณ์ และหาสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารปรับปรุงดินชนิดปูนมาร์ล โดยเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้ (2563-2564)	11,000	11,000	12,147	1,147
การทดลองที่ 5.1				
เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์เคมีด้วยวิธีโดยตรงและวิธีโดยอ้อม (2563-2564)	17,000	17,000	18,147	1,147
การทดลองที่ 5.5				
พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และหาค่าคงที่เพื่อประเมินความเค็มของน้ำทางการเกษตร (2563-2564)	9,000	9,000	10,947	1,947

การทดลองที่ 5.6				
พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์กรดอะมิโนที่จำเป็น ต่อการเจริญเติบโตของพืช(2563-2564)	5,000	5,000	5,371	371
การทดลองที่ 5.7				
พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ Indole acetic acid (IAA) และ Gibberellic acid (GA3) ในผลิตภัณฑ์วัตถุดิบ การเกษตร (2563-2564)	7,000	7,000	7,511	511
การทดลองที่ 5.8				
ศึกษาหาปริมาณฮอร์โมน indole acetic acid (IAA) gibberellic acid (GA3) และ ธาตุอาหารในกล้วยน้ำว้า (2563-2564)	7,000	7,000	7,346	346
รวม	104,000	104,000	115,760	11,760

กรมวิชาการเกษตร