



กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

พัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และ  
ยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย

Development of the certification for the quality of factors of  
production to establish and heighten laboratory testing  
standards in Thailand

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวจรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์

Miss Charirat Kusonwiriyawong

ปี 2565

## บทสรุปผู้บริหาร

การวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย โดยในปีงบประมาณ 2565 ได้ดำเนินงานวิจัยและพัฒนา เทคนิค วิธีการทดสอบของปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ประกอบด้วย ปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดย 1) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย วิธีวิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี และทดสอบความเสถียรของธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี 2) พัฒนาการตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม 3) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด ฟิโพรนิล และคาร์เบนดาซิมแบบสารเดี่ยว พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด และพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสาร สารอะบาเมกติน อะซีทามิพริด ฟิโนบุคาร์บ คาร์โบซัลแฟน และฟิโพรนิล และ 4) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์คัดกรอง (Screening method) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช กลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สารสกัดจากพืช ที่ไม่ระบุชนิด (unknown sample) ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS) ผลการดำเนินงานพบว่า วิธีการวิเคราะห์ที่ได้พัฒนาขึ้นผ่านเกณฑ์การทดสอบความใช้ได้ ตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025 : 2017 ทำให้ได้วิธีมาตรฐานสำหรับห้องปฏิบัติการ สร้างความน่าเชื่อถือในผลวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น สามารถใช้ในการดำเนินการทางกฎหมาย และถ่ายทอดวิธีการวิเคราะห์แก่ห้องปฏิบัติการอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถนำข้อมูลที่ไดจากการส่งตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพไปใช้ในการดำเนินการควบคุมการจำหน่ายปุ๋ย และผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางการเกษตร 2535 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 รวมทั้งการควบคุมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ตามประกาศคณะกรรมการว่าด้วยฉลาก ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 181 ง

### 2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาและจัดทำเกณฑ์มาตรฐานระบบการตรวจรับรองคุณภาพปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ทำให้เกษตรกรได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามที่ฉลากระบุ

2) เพื่อยกระดับมาตรฐานห้องปฏิบัติการในประเทศไทย ให้มีมาตรฐานเดียวกันเป็นไปตามมาตรฐานสากล ทำให้การกำกับควบคุมดูแลคุณภาพปัจจัยการผลิตตามกฎหมายที่บังคับใช้ สร้างความเป็นธรรมให้กับเกษตรกร และผู้ประกอบการ

### 3. ระเบียบวิธีวิจัย (โดยย่อ)

ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ โดยการหาช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) และพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) หาความจำเพาะเจาะจง (Specificity/ Selectivity) ความแม่นยำ (Accuracy) และความคงทนของวิธี (Ruggedness/Robustness) โดยใช้

วิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) หรือสารมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ นำผลการวิเคราะห์มาคำนวณทางสถิติตามมาตรฐานสากล Eurachem (2014) และ AOAC (2016)

4. งบประมาณที่ใช้ 3,899,778 บาท และระยะเวลาที่ดำเนินงาน (ต. ค. 64 - ธ. ค. 65)

5. ผลการวิจัย ได้วิธีมาตรฐานสำหรับห้องปฏิบัติการ ทำให้ได้รับความน่าเชื่อถือในผลวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น สามารถใช้ในการดำเนินการทางกฎหมาย และถ่ายทอดวิธีการวิเคราะห์แก่ห้องปฏิบัติการอื่นๆ ได้แก่ 1) ได้วิธีวิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี และผลการทดสอบความเสถียรของธาตุอาหาร แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี 2) ได้วิธีการตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณของปุ๋ยมาร์ล ปุ๋นโดโลไมท์ ปุ๋นขาว และยิปซัม 3) ได้วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด ฟิโพรนิล และคาร์เบนดาซิม แบบสารเดี่ยว และวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด รวมทั้งได้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสารอะบาเมกติน อะซิฮามิพริด ฟิโนบูคาร์บ คาร์โบซัลแฟน และฟิโพรนิล และ 4) ได้วิธีวิเคราะห์คัดกรอง (Screening method) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช กลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สารสกัดจากพืช ที่ไม่ระบุชนิด (unknown sample) ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)

6. ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย

6.1 ข้อเสนอแนะจากผลงานวิจัย

จากผลการศึกษา และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีตามมาตรฐานสากล ทำให้พิสูจน์ได้ว่าวิธีที่ได้นั้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้วิเคราะห์ปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรประเภทอื่นๆ ได้

6.2 ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ตามมาตรฐานสากล เพื่อให้เกษตรกรได้เลือกใช้สารที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการลงทุน เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช อีกทั้งเผยแพร่ให้กับหน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตร และมหาวิทยาลัยด้วยวิธีการอบรม เพื่อขยายเครือข่ายห้องปฏิบัติการด้านการวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชไปยังหน่วยงานทั้งของกรมวิชาการเกษตร หน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ และภาคเอกชน และใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการในการอ้างอิงตามกฎหมายเพื่อการตรวจสอบผลิตภัณฑ์

7. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

7.1 ประโยชน์ที่เกิดต่อผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง

ได้วิธีที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ตามมาตรฐานสากล เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรสำหรับห้องปฏิบัติการกรมวิชาการเกษตร และห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาค ทั้งนี้หน่วยงานที่รับผิดชอบควรมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ตามร้านค้าอย่างสม่ำเสมอ และออกกฎหมายควบคุมฉลากผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันการขายสินค้าด้อยคุณภาพ

7.2 ประโยชน์ทางวิชาการ

ได้วิธีการตรวจสอบที่ถูกต้อง แม่นยำ และสามารถขอการรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC17025 : 2017 และสามารถเผยแพร่ให้กับหน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตร และ

มหาวิทยาลัยด้วยวิธีการอบรม เพื่อขยายเครือข่ายห้องปฏิบัติการด้านการวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชไปยังหน่วยงานทั้งของกรมวิชาการเกษตร หน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ และภาคเอกชน และใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการในการอ้างอิงตามกฎหมายเพื่อการตรวจสอบผลิตภัณฑ์

#### 7.3 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ และเกิดประโยชน์ในด้านใด (เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม)

ด้านสังคม หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร (กลุ่มสารวัตรเกษตร ด้านตรวจพืช สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8 ) นำข้อมูลที่ได้จากการส่งตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพไปใช้ในการดำเนินการควบคุมการจำหน่ายปุ๋ย และผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางการเกษตร 2535 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 รวมทั้งการควบคุมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ตามประกาศคณะกรรมการว่าด้วยฉลาก ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 181 ง

ด้านเศรษฐกิจ บริษัทเอกชน นำวิธีการตรวจสอบ ไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ต้องการขึ้นทะเบียนผลิตและจำหน่าย มีผลมูลค่าการจำหน่ายปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

### 8. การเผยแพร่ผลงานวิจัย

#### 8.1 จัดการฝึกอบรม จำนวน 2 หลักสูตร ได้แก่

8.1.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอร์โมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมตรี (LC-MS/MS) วันที่ 1 ธันวาคม 2565 ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

8.1.2 การตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ย ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) วันที่ 2 ธันวาคม 2565 ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

#### 8.2 นำเสนอผลงานทางวิชาการ นำเสนอบทความวิจัย จำนวน 2 เรื่อง ได้แก่

8.2.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอร์โมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมตรี (LC-MS/MS) ในการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 19 และประกวดนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ประจำปี 2565 ระหว่างวันที่ 7-8 ธันวาคม 2565

8.2.2 การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรองปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) การนำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ณ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 7 - 9 ธันวาคม 2565

## บทคัดย่อ

เนื่องด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ห้องปฏิบัติการนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ อาจเป็นวิธีมาตรฐานหรือดัดแปลงมาจากวิธีมาตรฐานหรือพัฒนาขึ้นเอง (In-House Method) จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดสารเดี่ยวเพื่อยืนยันว่าการพัฒนา เปลี่ยนแปลง มีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์ทดสอบและวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือที่มีในห้องปฏิบัติการ ตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025 : 2017 ข้อ 7.2.1 และ 7.2.2 กำหนดให้ต้องมีการพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) ช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง (Range, Linearity) เพื่อให้มีความมั่นใจในความถูกต้อง เที่ยงตรง และเหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ ซึ่งการตรวจสอบเพื่อแสดงถึงคุณภาพระดับความน่าเชื่อถือของการทดสอบ ซึ่งในปัจจุบันห้องปฏิบัติการยังขาดการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์และเป็นข้อมูลที่สำคัญที่ใช้ในการขยายขอบข่ายของการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพของห้องปฏิบัติการ ผลวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการให้มีความน่าเชื่อถือสามารถใช้อ้างอิงในทางกฎหมายได้

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาพัฒนาเพื่อให้ได้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทดสอบด้านปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 โดยตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ สะดวก รวดเร็ว เหมาะสมกับการใช้งาน เป็นไปตามมาตรฐานสากล จากผลการวิจัยพบว่า 1) ได้วิธีวิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี และผลการทดสอบความเสถียรของธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี พบว่า ภายใต้สภาวะควบคุมในระยะสั้น (The short-term stability) และภายใต้สภาวะควบคุมในระยะยาว (The long-term stability) ที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือน ตัวอย่างยังคงมีความเสถียร 2) ได้วิธีการตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณของปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) 3) ได้วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด พิโพรนิล และคาร์เบนดาซิม แบบสารเดี่ยว 4) ได้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด 5) ได้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดย HPLC ของสารอะบาเมกติน อะซิโธไมพริด ฟิโนบูคาร์บ คาร์โบซัลแฟน และพิโพรนิล และ 6) ได้วิธีวิเคราะห์คัดกรอง (Screening method) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช กลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตโคนิน ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สารสกัดจากพืช ที่ไม่ระบุชนิด (unknown sample) ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมตรี

ทั้งนี้จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช ได้ผลการทดสอบ specification/ selectivity, working range/ linearity, precision, accuracy, LOD/ LOQ, robustness/ ruggedness ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และเป็นไปตามตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 สามารถนำวิธีมาใช้เป็นวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตร และห้องปฏิบัติการอื่นๆ เพื่อยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทยตามมาตรฐานสากล

## Abstract

Because the analytical laboratory methods may be standard or adapted from standard or self-developed methods (In-House Method), Method validation is required to confirm the development. Suitable for laboratory analysis, testing, and equipment materials in accordance with ISO/IEC 17025: 2017 clauses 7.2.1 and 7.2.2 Trueness, precision, and linearity range are required to ensure accuracy. The laboratory currently lacks the method validation, which is an important information used to expand the scope of laboratory certification. In addition, method validation research for certification and scope expansion in accordance with ISO/IEC 17025:2017 international standards in central and regional laboratories of the Department of Agriculture increases the laboratory's potential to be recognized in accordance with international standards.

This research project was studied to achieve the accurate, precise, convenient, fast, and fit for purpose results of agricultural production analysis including fertilizers, soil conditioners, and plant growth regulators according to ISO/ IEC 17025 and international standards. This research accomplished that 1) accuracy and reliability methods according to international standards for water soluble calcium, magnesium and sulphur in chemical fertilizer analysis with the information on storage time of the chemical fertilizer at 12 months was sufficiently stable 2) analytical methods by X-ray diffraction method for determination of marl, dolomite, hydrated lime and gypsum in soil conditioners 3) single analytical methods for imidacloprid, fipronil and carbendazim detection in hazardous substance agricultural products 4) Multi-pesticides method with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) techniques 5) Multi-pesticides method with HPLC technique for determination abamectin, acetamiprid, fenobucarb, carbosulfan and fipronil and 6) analytical methods method on plant growth regulators for determination of auxin gibberellins and cytokinin in agricultural products by liquid chromatography mass spectrometry (LC-MS/MS).

These results of specification/ selectivity, working range/ linearity, precision, accuracy, LOD/ LOQ and robustness/ ruggedness parameters confirmed that these analytical methods were fit-for-purpose and suitable for using as standard method in laboratory according ISO/IEC 17025 : 2017. In addition, the effective system was successfully supervised to the fertilizers, soil conditioners, agricultural hazardous substance products and plant growth regulators under DOA responsibility. As the project succeeded, this has led to the enhancement of potential capacity of agricultural inputs laboratory in Thailand.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอนุเคราะห์จากกรมวิชาการเกษตร และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงาน และงบประมาณ เป็นอย่างดีเยี่ยมมาโดยตลอด นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นางสาวพินดา ไชยยันต์บุรณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ นางสาววรรณรัตน์ ชูติบุตร ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ และแนวทางการจัดทำงานวิจัย จึงทำให้โครงการวิจัยดังกล่าวสมบูรณ์ด้วยดี ท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ผู้อำนวยการกลุ่มบริหารโครงการวิจัย ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา หัวหน้ากลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย หัวหน้ากลุ่มงานวิเคราะห์พืชวัตถุเคมีการเกษตรและนิเวศวิทยารเทคโนโลยีการเกษตร และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1, 4, 6 และ 8 ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสาวจรรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์

นางสาวจรรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์

โครงการวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัย  
การผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของ  
ห้องปฏิบัติการในประเทศไทย

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	2
บทคัดย่อ	5
Abstract	6
กิตติกรรมประกาศ	7
สารบัญ	8
สารบัญภาพ	9
สารบัญตาราง	10
บทที่ 1 บทนำ	12
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	16
บทที่ 3 ผลการศึกษา	21
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	45
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	47

กรมวิชาการเกษตร



## สารบัญภาพ

เลขที่ภาพ	ชื่อภาพ	หน้า
ภาพที่ 1	การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกกับฐานข้อมูลอ้างอิง ICDD (PDF-4)	23
ภาพที่ 2	การทดสอบหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ โดยทำการเติมสารมาตรฐาน ปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ปริมาณ 0.5 – 10 % ลงในผลิตภัณฑ์ สารปรับปรุงดิน $Mg(OH)_2$	24
ภาพที่ 3	การแยกและ Retention Time ของ imidacloprid	24
ภาพที่ 4	การแยกของสารละลายมาตรฐาน fipronil 5% w/v	26
ภาพที่ 5	โครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชคาร์เบนดาซิม (carbendazim)	27
ภาพที่ 6	โครมาโตแกรมสารละลายสารมาตรฐานรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 30 ชนิด	30
ภาพที่ 7	โครมาโตแกรมสารละลายสารมาตรฐานรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 5 ชนิด	32
ภาพที่ 8	กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่า Intensity ของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ทั้ง 9 ชนิด แต่ละสภาวะการทดสอบ	34
ภาพที่ 9	ลักษณะโครมาโทแกรมของ kinetin ที่เตรียมด้วย (i) 0.1% FA ใน MeOH, (ii) 0.1% FA ใน $H_2O/ACN$ อัตราส่วน 50:50	35
ภาพที่ 10	ลักษณะโครมาโทแกรมของ 6-BAP ที่เตรียมด้วย (a) 0.1% FA in ACN, (b) และ zeatin ที่เตรียมด้วย (b) 0.1% FA in $H_2O/MeOH$ อัตราส่วน 50:50	35
ภาพที่ 11	ลำดับโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด ที่ฉีดครั้งเดียวด้วยสารละลายเฟสเคลื่อนที่ 0.1% FA in $H_2O/ACN$	36
ภาพที่ 12	โครมาโทแกรมของสารที่ตรวจพบในตัวอย่างสารชีวภัณฑ์ (a) โครมาโทแกรมของสารที่ตรวจพบ ในตัวอย่างสารสกัดจากพืช (b)	36

## สารบัญตาราง

เลขที่ตาราง	ชื่อตาราง	หน้า
ตารางที่ 1	ผลการทดสอบ Linearity LOD LOQ Trueness และ Precision ของแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน โดยใช้เครื่อง ICP-OES	21
ตารางที่ 2	ผลการทดสอบ Precision ของตำแหน่งพีค (Position) ความสูงของพีค (Intensities) ค่าระนาบ ระหว่างผลึก (d-spacing) (position, intensities, d-spacing, and FWHM values) ของสาร มาตรฐานปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม	22
ตารางที่ 3	ผลการทดสอบความเที่ยง (precision) และความถูกต้อง (Accuracy) เจริงปริมาณ ของสารมาตรฐาน ปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ปริมาณ 25.34 : 24.94 : 24.35 : 25.37 % ตามลำดับ	23
ตารางที่ 4	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทำซ้ำ (Repeatability) imidacloprid 10 % w/v SL เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	25
ตารางที่ 5	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทวนซ้ำ (Intermediate precision) imidacloprid 10 % w/v SL เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	25
ตารางที่ 6	ผลการตรวจสอบ Robustness / Ruggedness imidacloprid 10 % w/v SL เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	25
ตารางที่ 7	การตรวจสอบ % Recovery ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช imidacloprid 10 % w/v SL เกณฑ์การยอมรับ (CIPAC:3807)	25
ตารางที่ 8	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทำซ้ำ (Repeatability) fipronil 5% w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	26
ตารางที่ 9	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทวนซ้ำ (Intermediate precision) fipronil 5% w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	26
ตารางที่ 10	การตรวจสอบ robustness/ruggedness ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช fipronil ที่ 3 ความเข้มข้น โดยการเปลี่ยน column เป็น column C-18 fipronil 5% w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	27
ตารางที่ 11	การตรวจสอบ % Recovery ในผลิตภัณฑ์ fipronil 5% w/v ในสูตร SC เกณฑ์การยอมรับ (CIPAC:3807)	27
ตารางที่ 12	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทำซ้ำ (Repeatability) carbendazim 50%w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	28
ตารางที่ 13	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทวนซ้ำ (Intermediate precision) carbendazim 50% w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	28

## สารบัญตาราง (ต่อ)

เลขที่ตาราง	ชื่อตาราง	หน้า
ตารางที่ 14	การตรวจสอบ robustness/ruggedness ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช carbendazim ที่ 3 ความเข้มข้น carbendazim 50% w/v ในสูตร SC โดยการเปลี่ยนผู้ทดสอบเกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)	28
ตารางที่ 15	การหา % Recovery ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช carbendazim 50% w/v ในสูตรSC เกณฑ์การยอมรับ (CIPAC:3807) 98 – 102 %	28
ตารางที่ 16	ผลการศึกษา matrix effect ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช	29
ตารางที่ 17	การประเมิน LOD ของวิธีวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 30 ชนิดในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช	30
ตารางที่ 18	ผลการศึกษา matrix effect ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช	32
ตารางที่ 19	การประเมิน LOD และ LOQ ของวิธีวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 5 ชนิดในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช	33
ตารางที่ 20	สถานะของเครื่อง Mass ที่ใช้ในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด	34
ตารางที่ 21	ผลบวกเท็จ (False positive rate) และผลลบเท็จ ( False negative rate )ในตัวอย่างสารชีวภัณฑ์ จำนวน 25 ตัวอย่าง	37
ตารางที่ 22	ผลบวกเท็จ (False positive rate) และผลลบเท็จ ( False negative rate )ในตัวอย่างสารสกัดจากพืชจำนวน 25 ตัวอย่าง	37
ตารางที่ 23	ความไวในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช	38
ตารางที่ 24	การทดสอบหาความจำเพาะเจาะจงในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ และ สารสกัดจากพืช	39
ตารางที่ 25	ขีดจำกัดของการตรวจพบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ และสารสกัดจากพืช	39

## บทที่ 1 บทนำ

### 1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

#### วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

#### พันธกิจ

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรสู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตภัณฑ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

### 2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน (โปรดเลือกเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานของท่าน)

#### 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 “ภาครัฐู้ของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 จำนวน.....

3,899,778.....บาท

โปรแกรมตามแผน ววน.	ชื่อโครงการภายใต้โครงการวิจัย	งบประมาณ (บาท)
แพลตฟอร์มที่ 3 : การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขัน	โครงการวิจัยที่ 56 พัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย	3,899,778
โปรแกรมที่ 12 : โครงสร้างพื้นฐานทางคุณภาพและบริการเศรษฐกิจนวัตกรรม	โครงการวิจัยย่อยที่ 281 พัฒนาระบบการรับรองมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยตามมาตรฐานสากล	1,436,600
	โครงการวิจัยย่อยที่ 282 พัฒนา และจัดทำเกณฑ์มาตรฐานการตรวจรับรองสารปรับปรุงดิน (ปุ๋ยมาร์ล ปุ๋นโดโลไมท์ ปุ๋นขาว และยิปซัม)	817,500
	โครงการวิจัยย่อยที่ 283 วิจัยพัฒนาเทคนิคการทดสอบแบบสารรวมและสารเดี่ยวในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่จำหน่ายในท้องตลาด	1,107,650
	โครงการวิจัยย่อยที่ 284 วิจัยและพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์ วัตถุอันตรายทางการเกษตร	538,028
<b>รวมทั้งสิ้น</b>		<b>3,899,778</b>

4. รายละเอียดโครงการ

**ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล**

การเพิ่มศักยภาพระบบการตรวจรับรองคุณภาพปุ๋ย สารปรับปรุงดินสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช และวัตถุอันตรายทางการเกษตรเป็นการยกระดับคุณภาพ และมาตรฐานของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งเป็นหน่วยงานเดียวในประเทศไทยมีหน้าที่ให้บริการตรวจวิเคราะห์ และควบคุม คุณภาพปัจจัยการผลิตที่ จำหน่าย รวมทั้งการนำเข้าและส่งออก โดยผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการจะถูกนำไปใช้ในการกำกับ และบังคับใช้ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่มี การควบคุมคุณภาพสารปรับปรุงดิน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องสร้างเกณฑ์มาตรฐาน และระบบการตรวจรับรองคุณภาพให้เป็นระบบที่ได้มาตรฐาน หรือผ่านการยอมรับในระดับสากล เพื่อความเป็นธรรมแก่ผู้ผลิตและผู้บริโภค นอกจากนี้ มีการนำเข้าสารใหม่ๆ จากต่างประเทศ หรือการเติมสารลงไป ปัจจัยการผลิต และนำไปขายให้กับเกษตรกร ทำให้ระบบการตรวจรับรองที่มีอยู่ไม่ครอบคลุมการวิเคราะห์ทั้งหมดที่กำหนดไว้ในประกาศ หรือวิธีวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการใช้อยู่ยังมีข้อจำกัดทางเคมี ซึ่งในปัจจุบัน ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและเครื่องมือ ทำให้สามารถลดข้อจำกัดของการวิเคราะห์ทางเคมีลง เช่น การนำเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ มาพัฒนาวิธีตรวจวิเคราะห์เพื่อยืนยันทั้งเชิงคุณภาพในการ

พิสูจน์โครงสร้างของสารประกอบในผลิตภัณฑ์ และตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารประกอบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงวิชาการ และอ้างอิงตามกฎหมาย และใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด เพื่อให้เกษตรกรได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพ ทำให้ลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ การควบคุมคุณภาพสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่จำหน่ายในท้องตลาดให้ได้มาตรฐานตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 เพื่อความปลอดภัยของเกษตรกร และผู้บริโภค ห้องปฏิบัติการต้องตรวจวิเคราะห์ว่ามีคุณภาพตามที่ฉลากระบุหรือไม่ปัจจุบัน เกษตรกรนิยมใช้สารเคมีเกษตรเพื่อให้ได้ผลผลิตจำนวนมาก และลดการสูญเสียจากการทำลายของศัตรูพืช จึงปฏิเสธไม่ได้ว่าสารเคมีเกษตรเหล่านี้ส่งผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รัฐบาลจึงสนับสนุนให้มีการใช้ผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สกัดจากพืช ทดแทนเพื่อลดการใช้สารเคมีเกษตร กรมวิชาการเกษตรจึงเล็งเห็นความสำคัญที่ต้องควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ให้ได้ เพื่อให้เกษตรกรไม่ถูกเอาเปรียบจากการฉ้อฉลอำพราง ซึ่งปัจจุบันห้องปฏิบัติการทดสอบสารในผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว และใช้ระยะเวลาการทดสอบนาน ใช้ตัวทำลายปริมาณมาก ทำให้มีของเสียอันตราย และทำลายสิ่งแวดล้อม ดังนั้น จึงพัฒนาเทคนิคการตรวจวิเคราะห์ทั้งชนิดสารแบบรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สารสกัดจากพืชไม่ทราบชนิด (Unknown sample) ด้วยเทคนิค GC-MS, HPLC และ LC-MS/MS ซึ่งสามารถตรวจสอบได้หลายชนิดสารในการทดสอบครั้งเดียว ทำให้ผลการทดสอบมีความถูกต้องและรวดเร็วทันต่อการใช้งานของเกษตรกร และผู้ประกอบการ ลดปริมาณของเสียอันตราย และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์สารเดียวในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยเทคนิค HPLC และ GC-FID การพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และวัตถุอันตรายทางการเกษตร ซึ่งวิธีทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีจะถูกนำมากำหนดเป็นมาตรฐานวิธีวิเคราะห์ของประเทศไทย และถ่ายทอดให้กับห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ มหาวิทยาลัย และเอกชนต่างๆ เพื่อพัฒนาห้องปฏิบัติการต่างๆ ให้มีความสามารถทัดเทียม เป็นการยกระดับห้องปฏิบัติการต่างๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศและเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานสากล สอดคล้องตามกลยุทธ์ข้อ 2.3 วิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจสอบเพื่อการรับรองมาตรฐาน คุณภาพความปลอดภัยอาหารด้านพืช และปัจจัยการผลิตสร้างความเชื่อมั่นและภาพลักษณ์ที่ดีต่อสินค้าเกษตรเป็นการสร้างอำนาจการต่อรองและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

### วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 3) เพื่อพัฒนาและจัดทำเกณฑ์มาตรฐานระบบการตรวจรับรองคุณภาพปุ๋ยสารปรับปรุงดินสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทำให้เกษตรกรได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามที่ฉลากระบุ
- 4) เพื่อยกระดับมาตรฐานห้องปฏิบัติการในประเทศไทยให้มีมาตรฐานเดียวกันเป็นไปตามมาตรฐานสากล ทำให้การกำกับควบคุมดูแลคุณภาพปัจจัยการผลิตตามกฎหมายที่บังคับใช้สร้างความเป็นธรรมให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการ

### ขอบเขตการศึกษา

พัฒนาเกณฑ์มาตรฐานระบบการตรวจรับรองและเพิ่มศักยภาพความสามารถของห้องปฏิบัติการ ในการตรวจรับรองคุณภาพปุ๋ยสารปรับปรุงดิน โดยการพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ เพื่อกำหนดเป็นวิธีตรวจรับรองที่เป็นมาตรฐานของประเทศไทย และสร้างมาตรฐานวิธีตรวจรับรองของห้องปฏิบัติการสู่ห้องปฏิบัติการเครือข่ายในภูมิภาค และภาคเอกชน ให้ได้วิธีการตรวจวิเคราะห์ที่ผ่านการรับรอง และเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ เพื่อให้ผู้ประกอบการนำไปใช้ควบคุมคุณภาพปัจจัยการผลิตควบคุมการผลิต และจำหน่ายปัจจัยการผลิตให้มีคุณภาพ รวมทั้งจัดทำเกณฑ์มาตรฐานระบบการตรวจ

รับรองสารปรับปรุงดิน ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายหรือการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด เพื่อให้กรมวิชาการเกษตรนำไปบังคับใช้กำกับควบคุม และดูแลคุณภาพปุ๋ย และสารปรับปรุงดินตามพระราชบัญญัติปุ๋ยพ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่2) พ.ศ. 2550 และตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายพ.ศ. 2535 และแก้ไขเพิ่มเติมและสร้างมาตรฐานรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมกับผู้ประกอบการ และรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร และลดความเสียหายที่เกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ

### นิยามศัพท์

- 1) ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี หมายถึง การยืนยันโดยการตรวจสอบและจัดทำหลักฐานที่เป็นรูปธรรม เพื่อแสดงว่าข้อกำหนดพิเศษต่าง ๆ สำหรับการปฏิบัติตามที่ตั้งใจไว้โดยเฉพาะสามารถบรรลุผลได้ครบถ้วน”
- 2) Range หมายถึง ช่วงปริมาณของสารที่ใช้ทดสอบ ซึ่งวิธีทดสอบสามารถวิเคราะห์ได้
- 3) Linearity หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่วิธีทดสอบสามารถวิเคราะห์ได้ กับสัญญาณที่ตรวจวัดได้ (Response) มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง
- 4) Accuracy หมายถึง ความใกล้เคียงกันระหว่างผลการวิเคราะห์จากการใช้วิธีที่ใช้ทดสอบนั้น กับค่าอ้างอิงจากตัวอย่างเดียวกัน แสดงผลในรูปของ %Recovery
- 5) Precision หมายถึง ความใกล้เคียงกันระหว่างข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ แสดงผลในรูปของ %RSD และ ค่า HORRAT จะอธิบายในรูปของการทำ Repeatability และ Intermediate precision
- 6) Repeatability หมายถึง ผลที่ได้จากการทำซ้ำจากห้องปฏิบัติการเดียวกัน ผู้ทดลองเดียวกัน เครื่องมือเดียวกันภายในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน
- 7) Intermediate precision หมายถึง ผลการทดสอบที่ได้จากการทำซ้ำโดยห้องปฏิบัติการเดียวกัน ระยะเวลาแตกต่างกัน
- 8) Reproducibility ผลการทดสอบที่ได้จากการทำซ้ำระหว่างห้องปฏิบัติการ
- 9) Robustness หมายถึง คุณสมบัติที่แสดงว่ามีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะของการทดสอบ เช่น อุณหภูมิ pH เวลาที่ใช้ อัตราการไหล เป็นต้น
- 10) Ruggedness หมายถึง คุณสมบัติ ของ Repeatability ของการทดสอบ ภายใต้สภาวะการทดสอบปกติ เช่น เปลี่ยนผู้ทดสอบ เปลี่ยนวันทดสอบ เป็นต้น แต่ผลการทดสอบยังคงเดิม
- 11) Specificity หมายถึง การที่วิธีวิเคราะห์มีความจำเพาะกับสารที่ต้องการตรวจวัดเท่านั้น สารชนิดอื่น ๆ ไม่มีผลรบกวนการตรวจวัด
- 12) Selectivity หมายถึง ความสามารถของวิธีทดสอบ ที่สามารถแยกสิ่งที่ต้องการออกจากสิ่งเจือปนอื่นได้
- 13) matrix effect หมายถึง ผลกระทบจากสิ่งเจือปนในองค์ประกอบของตัวอย่างต่อการตรวจวิเคราะห์
- 14) LOD หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ของวิธีวิเคราะห์ (limit of detection)
- 15) LOQ หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้ (limit of quantitation)

## บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

- 1) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย วิธีวิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี และทดสอบความเสถียรของธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี
  - 1) จัดเตรียม วัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องใช้ในการทดสอบ และจัดหาวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่มีค่า Certified Value และ Uncertainty ตัวอย่างปุ๋ยเคมี (sample blank)
  - 2) หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) ในการวิเคราะห์ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี
  - 3) ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โดยหาช่วงความเข้มข้นที่ทดสอบ (Range) ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ผลกระทบของเมทริกซ์ (matrix effects) ขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) และพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) ความเที่ยง (Precision) โดยวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material; CRM) ที่ระดับความเข้มข้น สูง กลาง ต่ำ วิเคราะห์ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ คำนวณผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ตามมาตรฐาน Eurachem (2014) และ AOAC (2016)
  - 4) ประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement uncertainty)
  - 5) ตรวจสอบความคงทนของวิธีทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพียงเล็กน้อยจากสภาวะปกติ (Ruggedness) เช่น ความเร็วรอบในการเขย่า ภาชนะที่ใช้เขย่า ปริมาณน้ำกลั่นที่ใช้เขย่า เวลาการสกัด อุณหภูมิ ระยะเวลาการกรอง ภาชนะเก็บสารละลาย เป็นต้น
  - 6) เตรียมตัวอย่างปุ๋ยเคมีสำหรับการทดสอบ ได้แก่ปุ๋ยเชิงเดี่ยว (Single fertilizer) 10 ตัวอย่าง ปุ๋ยเชิงประกอบ (Compound fertilizer) 5 ตัวอย่างและปุ๋ยเชิงผสม(Mixed fertilizer) 15 ตัวอย่าง
  - 7) ศึกษาความเสถียรของปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างปุ๋ยภายใต้สภาวะควบคุมในระยะยาว (Long-term stability)
  - 8) แบ่งตัวอย่างปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ใส่ขวดพลาสติกมีฝาปิดขวดละ 15-20 กรัม โดยแยกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เก็บในตู้ควบคุมความชื้นและกลุ่มที่เก็บในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 6, 12, 18, 24, 30 และ 36 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างปุ๋ยจากทั้ง 2 กลุ่ม ตามเวลาที่กำหนดตัวอย่างละ 4 ขวดต่อครั้งบันทึกลักษณะทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไป แล้วนำ 2 ขวด ส่งวิเคราะห์ความชื้น และอีก 2 ขวด นำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างปุ๋ยโดยผ่านตะแกรงขนาดรูเปิด 0.5 มิลลิเมตร
  - 9) วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมแมกนีเซียมกำมะถัน และความชื้นโดยใช้วิธีตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ.2559 (ราชกิจจานุเบกษา, 2560) โดยแต่ละครั้งทำการวิเคราะห์ทั้ง 4 ขวด (โดยวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมแมกนีเซียมและกำมะถันจำนวน 2 ขวด และความชื้นอีก 2 ขวด)ขวดละ 2 ซ้ำ
  - 10) วิเคราะห์ทางสถิติ Regression analysis ตาม ISO Guide 35
    - สร้างสมการความถดถอยเชิงเส้น (Simple linear regression) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (X) คือ ระยะเวลาและตัวแปรตาม (Y) คือ ปริมาณธาตุอาหาร
    - ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและปริมาณธาตุอาหาร โดยทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความชันของเส้นถดถอย ( $\beta_1$ ) สำหรับการทดสอบความเสถียร
    - การวิเคราะห์การถดถอยด้วยค่าสถิติ t
    - การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบ F จากตาราง Regression



- 11) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความเสถียรของปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างปุ๋ยในระยะสั้น (The short-term stability)
    - แบ่งตัวอย่างปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ใส่ขวดแก้วฝาอลูมิเนียม ขนาดละ 35-40 กรัม โดยแยกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อบในตู้อบอากาศร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 40, 55, 70 และ 85 °C โดยสุ่มตัวอย่างปุ๋ยตามเวลาที่กำหนดคือ 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ตัวอย่างละ 4 ขวดต่อครั้งบันทึกลักษณะทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไป แล้วนำ 2 ขวด ส่งวิเคราะห์ความชื้น และอีก 2 ขวด นำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างปุ๋ย โดยผ่านตะแกรงขนาดรูเปิด 0.5 มิลลิเมตร
    - วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมแมกนีเซียมกำมะถัน และความชื้น
  - 12) วิเคราะห์ทางสถิติ ตามข้อ 2.3
  - 13) สรุปและรายงานผลการทดลอง
- 2) **พัฒนาวิธีการตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณของปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม**
- 1) จัดหาสารมาตรฐานสำหรับการใช้ในการวิเคราะห์ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ประกอบด้วย สารมาตรฐานปุ๋ยมาร์ลหรือแคลเซียมคาร์บอเนตความบริสุทธิ์ 99.6% ( $\text{CaCO}_3$ , purity 99.6%, Merck Germany) สารมาตรฐานปูนโดโลไมท์หรือแคลเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนตความบริสุทธิ์ 98.0% ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , purity 98.0%, Central Geological Laboratory, Mongolia) สารมาตรฐานปูนขาวหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความบริสุทธิ์ 95.7% ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , purity 95.7%, Sigma Aldrich, USA) สารมาตรฐานยิปซัมหรือแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตความบริสุทธิ์ 99.7% ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , purity 99.7%, Merck, Germany)
  - 2) หาสถานะที่เหมาะสมของเครื่องในการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยสแกน (Scan) ตัวอย่างสารมาตรฐานอ้างอิงด้วยเครื่อง XRD เพื่อหาสถานะที่เหมาะสม เช่น Start angle, End angle, Step size, Time per step, Tension, Current ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารปรับปรุงดิน
  - 3) ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยทดสอบความเที่ยง (Precision) ของตำแหน่งพิก (Position) ความสูงของพิก (Intensities) ค่าระยะห่างระหว่างผลึก (d-spacing) ประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%relative standard deviation, %RSD) ภายใต้สถานะที่เหมาะสมจำนวน 7 ซ้ำ พิจารณาค่า %RSD ของตำแหน่งพิก (Position) ความสูงของพิก (Intensities) ค่าระยะห่างระหว่างผลึก (d-spacing) โดยกำหนดให้ค่าเกณฑ์การยอมรับ %RSD ต้องมีค่าน้อยกว่า 2% และตรวจสอบกับฐานข้อมูลอ้างอิง ICDD (PDF-4) (ICH, 2005)
  - 4) ตรวจสอบความถูกต้องเชิงปริมาณ ทดสอบความเที่ยง (Precision) และความถูกต้อง (Accuracy) ของปริมาณสารมาตรฐาน จำนวน 7 ซ้ำ ความเที่ยง (Precision) ประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%relative standard deviation, %RSD) %RSD ต้องมีค่าน้อยกว่า 2% ความถูกต้อง (Accuracy) ประเมินจากค่าร้อยละการคืนกลับ (%recovery) และนำค่าที่ได้มาคำนวณ %recovery เกณฑ์การยอมรับ 95 - 105%
  - 5) หาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ โดยทำการเติมสารมาตรฐาน ปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ปริมาณ 0.5 - 10% ลงในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  พิจารณาารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD Patterns) ที่ปรากฏตำแหน่งและความสูงของพิก ที่สามารถจำแนกได้ว่าเป็นมาตรฐาน ปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม (ICH, 2005; Gaudin *et al.*, 2017; Döbelin, 2020)

- 6) สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
- 3) **พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด ฟิโพรนิล และคาร์เบนดาซิม แบบสารเดี่ยว**
- 1) จัดหาสารเคมี สารมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เช่น เครื่องแก้ว ปริมาตร คอลัมน์ เครื่องมือไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ ลิกวิด โครมาโทกราฟ (High performance liquid chromatograph : HPLC) มีตัวตรวจจับชนิด ไดโอดอาร์เรย์ (DAD) และ เครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟ (Gas chromatograph: GC) มีตัวตรวจจับชนิดเฟรมไอออไนเซชัน (FID)
  - 2) หาสมภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์และทดสอบความพร้อมของเครื่องก่อนการฉีดสารละลายเข้า โดยฉีดสารมาตรฐานซ้ำกันหลายๆครั้งจนค่าของ Peak area ที่ฉีดแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 2 %
  - 3) การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์
    - ทดสอบค่า Specificity / Selectivity โดยพิจารณา Chromatogram ว่ามีสารอื่นที่ให้พีคเดียวกับสารที่สนใจหรือไม่
    - ตรวจสอบช่วงความเป็นเส้นตรง (Range /Linearity) ตรวจสอบค่า Range โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ 6 ระดับความเข้มข้น ๆ ละ 1 ซ้ำ ให้ครอบคลุมช่วงที่ใช้ใช้งาน การทดสอบ Linearity เลือกความเข้มข้น จากค่า Range ที่เป็นเส้นตรง 3 ความเข้มข้น ให้อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับที่ใช้ใช้งานจริง จากนั้นเตรียมความเข้มข้นให้ละเอียดขึ้นเป็น 6 ระดับความเข้มข้นละ 1 ซ้ำ ซึ่งต้องได้ค่า correlation coefficient (r) จะต้องมากกว่า  $\geq 0.995$
    - ตรวจสอบความเที่ยง (Precision) แบบ Repeatability (โดยทำการทดลองภายในวันเดียวกัน) ทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง อย่างน้อย 5 ซ้ำ แบบ ทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง อย่างน้อย 5 ซ้ำ เกณฑ์การยอมรับ AOAC เท่ากับ 0.3-1.3
    - ตรวจสอบความทน (Robustness/Ruggedness) โดยเปลี่ยนสมภาวะในการทดสอบบางพารามิเตอร์ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง เปลี่ยนคอลัมน์ อุณหภูมิ ทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง อย่างน้อย 5 ซ้ำ เกณฑ์การยอมรับตาม AOAC เท่ากับ 0.3-1.3
    - ตรวจสอบความแม่นยำ (Accuracy) โดยพิจารณา % Recovery ทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง อย่างน้อย 5 ซ้ำ เกณฑ์การยอมรับตาม AOAC
    - การหาค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty)
  - 4) บันทึกและสรุปผลการทดลอง
- 4) **พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด**
- 1) จัดซื้อสารเคมี สารตัวอย่าง และวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เช่นคอลัมน์ เครื่องแก้วปริมาตร ไมโครปิเปต และ สารมาตรฐานจากบริษัทผู้ผลิต Dr. Ehrenstorfer ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 95% จำนวน 30 ชนิด ได้แก่ acetochlor,alachlor, ametryn, atrazine, azoxystrobin, bromacil, buprofezin, chlorfenapyr, chlorfluazuron, clomazone, chlorothalonil, diazinon, difenoconazole, etofenprox, fenoxaprop-P, flusilazole, hexaconazole, metalaxyl, metolachlor, oxadiazon, pendimethalin, pretilachlor, procymidone, profenofos, propargite, propiconazole, tebuconazole, tebufenpyrad, tetraconazole และ thiobencarb

- 2) ปรับสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟี - แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography Mass Spectrometry : GC-MS) สำหรับทำให้สารแบบรวมแยกพีคออกจากกันอย่างชัดเจน
  - 3) ทดสอบค่า Specification/Selectivity และ LOD
  - 4) บันทึกลงและสรุปผลการทดลอง
- 5) **พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสาร สารอะบาเมกติน อะซิแทมพิริด ฟีนอบูคาร์บ คาร์โบซัลแฟน และฟิโพรนิล**
- 1) จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอลัมน์ เครื่องแก้วปริมาตร ไมโครปิเปต (Micropipette) และ สารเคมี และสารตัวอย่าง พร้อมจัดซื้อสารมาตรฐานอะบาเมกติน (abamectin), อะซิแทมพิริด (acetamidrid), ฟีนอบูคาร์บ (fenobucarb), คาร์โบซัลแฟน (carbosulfan), ฟิโพรนิล (fipronil)
  - 2) ปรับสภาวะของเครื่องมือไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ ลิกวิด โครมาโทกราฟี (High performance liquid (High performance liquid chromatograph: HPLC มีตัวตรวจจับชนิด DAD)
  - 3) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้สารแบบรวมแยกพีคออกจากกันอย่างชัดเจน
  - 4) ทดสอบค่า Specification/Selectivity และ LOD
  - 5) บันทึกลงและสรุปผลการทดลอง
- 6) **พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์คัดกรอง (Screening method) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช กลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สารสกัดจากพืช ที่ไม่ระบุชนิด (unknown sample) ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS)**
- 1) หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์
    - เตรียมสารละลายมาตรฐาน Indole acetic acid (IAA) Indole butyric acid (IBA) Gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) Gibberellin (GA<sub>4</sub>) Gibberellin (GA<sub>7</sub>) Kinetin Zeatin และ Benzylaminopurine (6-BA) ให้มีความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดเท่ากับ 0.1 ug/ml
    - ทำการฉีดเข้าเครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์ โดยการปรับสภาวะของเครื่อง เช่น ปรับค่าแหล่งกำเนิดพลังงาน (Source tuning) และปรับค่าสารประกอบ (Compound tuning)
    - บันทึกลงข้อมูลและนำค่าที่ได้ไปตั้งค่าที่เหมาะสมของการปรับสภาวะเครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์
  - 2) หาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีในการแยกสาร
    - เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมของ Indole acetic acid (IAA) Indole butyric acid (IBA) Gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) Gibberellin (GA<sub>4</sub>) Gibberellin (GA<sub>7</sub>) Kinetin Zeatin และ Benzylaminopurine (6-BA) ให้มีความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดเท่ากับ 0.1 ug/ml
    - ดำเนินการทดสอบโดยการฉีดเข้าเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรมิเตอร์ ที่มีการปรับสภาวะต่างๆ ดังนี้ อุณหภูมิของคอลัมน์ อุณหภูมิของตัวอย่าง อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ และ อัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ เป็นต้น
    - บันทึกลงข้อมูลและนำค่าที่ได้ไปตั้งค่าที่เหมาะสมของเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรมิเตอร์
  - 3) ทดสอบสารมาตรฐานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของฐานข้อมูลสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
    - เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมให้มีจำนวนสารมาตรฐานเท่ากับ 0 2 4 6 และ 8 ชนิดสาร โดยมีความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดเท่ากับ 0.1 ug/ml อย่างละ 10 ซ้ำ
    - ทำการฉีดเข้าเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรมิเตอร์

- บันทึกข้อมูลการทดสอบ
- 4) ทดสอบหาค่า Specificity/Selectivity
  - เตรียมสารละลาย Spiked standard ลงใน Sample blank สารละลายตัวอย่าง และสารละลาย Sample blank อย่างละ 3 ซ้ำ
  - ทำการฉีดเข้าเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรมิเตอร์
  - พิจารณา Ion ratio Spectrum และ Chromatogram
- 5) หาค่าขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD)
  - เตรียมสารละลาย Spiked standard ลงในสารละลาย Sample blank จำนวน 7-10 ซ้ำ
  - ทำการฉีดเข้าเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรมิเตอร์
  - หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 6) ทดสอบตัวอย่างสารชีวภัณฑ์และสารสกัดพืชที่มี Matrix ต่างๆ
  - เตรียมตัวอย่างสารชีวภัณฑ์และสารสกัดพืช ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ
  - ดำเนินการทดสอบโดยการฉีดเข้าเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรมิเตอร์
  - พิจารณา Spectrum Chromatogram และ Ion ratio
- 7) บันทึกและสรุปผลการทดลอง

### 3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

ไม่มี     มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ พ.ย. 2565 ขยายระยะเวลาดำเนินการถึงเดือน มีนาคม 2566  
(ภาคผนวก 4)

เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

## บทที่ 3 ผลการศึกษา

### 3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

#### 1) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย วิธีวิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี และทดสอบความเสถียรของธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี

ได้ผลการพัฒนาระบบการตรวจสอบแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี กำหนดช่วงใช้งาน (Instrument working range) และช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity) ของเครื่อง ICP-OES ที่ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานแคลเซียม 10, 40, 80, 120, 160, 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียม 10, 20, 40, 60, 80, 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และกำมะถัน 10, 40, 80, 120, 160, 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่า Emission intensity โดยเส้นกราฟมาตรฐานมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficients; r) ทั้ง 3 ช่วง มีค่าเท่ากับ 0.9999 ผลกระทบของเมทริกซ์ต่อกราฟมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน (matrix effects) มีความผันแปรต่างกันคิดเป็น%RPD เท่ากับ 3.00, 2.07, 3.51 ตามลำดับ มีขีดจำกัดในการตรวจพบ (LOD) ที่ความเข้มข้น 0.10%Ca, 0.03%Mg, 0.03%S และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ที่ความเข้มข้น 0.65%Ca, 0.65%Mg, 0.65%S โดยประเมินความถูกต้อง ได้ %Recovery เท่ากับ 100.97, 98.84, 102.13 ตามลำดับ และความเที่ยง (Precision) โดยประเมินจาก HorRat (Horwitz's Ratio) ได้เท่ากับ 0.33, 0.26, 0.20 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นต่ำ 0.94%Ca, 5.36%Mg, 11.15%S โดยประเมินความถูกต้อง ได้ %Recovery เท่ากับ 101.95, 101.55, 101.39 ตามลำดับ และความเที่ยง (Precision) โดยประเมินจาก HorRat (Horwitz's Ratio) ได้เท่ากับ 0.23, 0.08, 0.18 ตามลำดับ ซึ่งความถูกต้องผ่านเกณฑ์ยอมรับตาม AOAC 2019 และความเที่ยงผ่านเกณฑ์ยอมรับ HorRat น้อยกว่า 1.3 ผลการทดสอบ ตามตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบ Linearity LOD LOQ Trueness และ Precision ของแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน โดยใช้เครื่อง ICP-OES

รายการ (หน่วย)	Linearity (r)	Working range (r)	Matrix effects (%RPD)	ความเข้มข้น		Trueness (%Recovery)		Precision (HorRat)		
				LOD	LOQ	LOQ	ต่ำ	LOQ	ต่ำ	
แคลเซียม (%)	0.9999	0.9999	3.00	0.10	0.65	0.94	100.97	101.95	0.33	0.23
แมกนีเซียม (%)	0.9999	0.9999	2.07	0.03	0.65	5.36	98.84	101.55	0.26	0.08
กำมะถัน (%)	0.9999	0.9999	3.51	0.03	0.65	11.15	102.13	101.39	0.20	0.18

การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อความเสถียรของปริมาณธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี จำนวน 30 ตัวอย่าง ได้แก่ ปุ๋ยเชิงเดี่ยว+ธาตุอาหารรอง จำนวน 10 ตัวอย่าง ปุ๋ยธาตุอาหารรอง จำนวน 5 ตัวอย่าง และปุ๋ยเชิงผสม+ธาตุอาหารรอง จำนวน 15 ตัวอย่างภายใต้สภาวะควบคุมในระยะสั้น (The short-term stability) ที่อบในตู้อบอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 40, 55, 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ พบว่าตัวอย่างมีความเสถียร แต่ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส พบว่าตัวอย่างเปลี่ยนสภาพ ส่วนการทดสอบความเสถียรของปริมาณธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถันในตัวอย่างปุ๋ยภายใต้สภาวะควบคุมในระยะยาว (The long-term stability) ที่ระยะเวลา 6, 12 เดือน พบว่าตัวอย่างมีความเสถียร

#### 2) พัฒนาวิธีการตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณของปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม

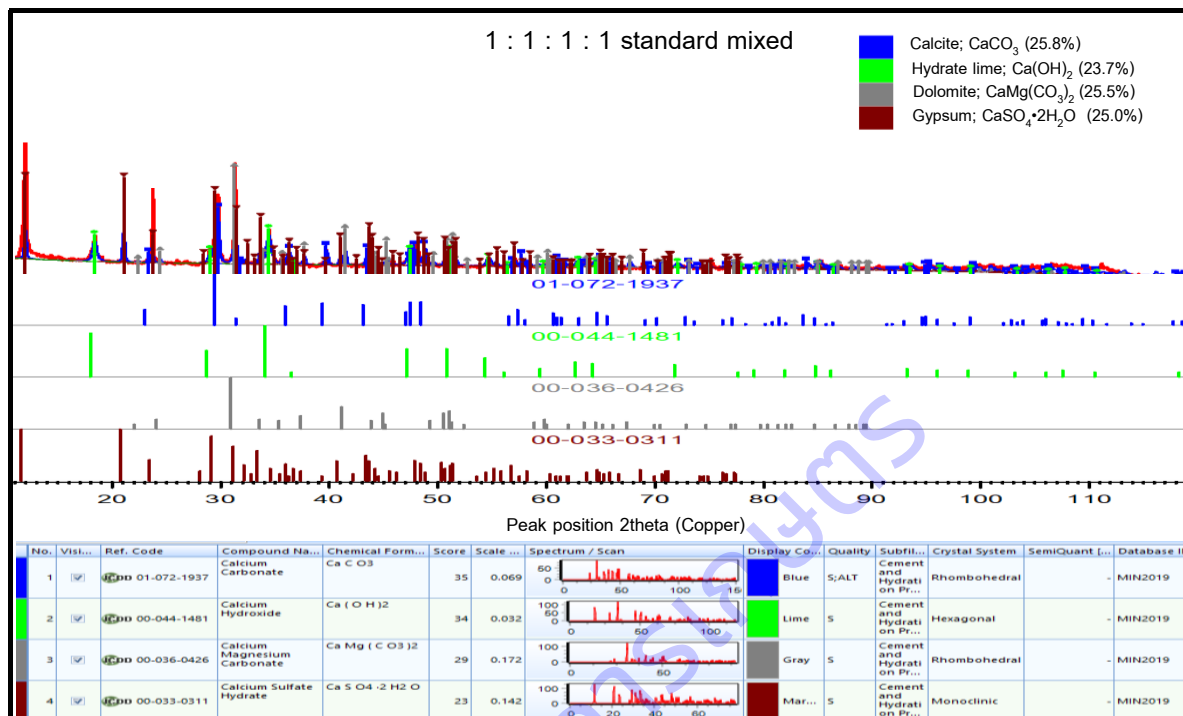
ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจวิเคราะห์คัดกรอง ผลการทดสอบความเที่ยง (precision) ของวิธีการตรวจวิเคราะห์คัดกรองเชิงคุณภาพ ในการตรวจคัดกรองเพื่อจำแนกโครงสร้างผลึก และส่วนประกอบเชิงแร่ โดยการประเมิน %RSD ของตำแหน่งพีค (Position) ความสูงของพีค (Intensities) ค่าระยะห่างระหว่างผลึก (d-spacing) โดยทดสอบสารมาตรฐานปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

(Döbelin, 2020) พบว่า แต่ละตำแหน่งพิกของสารมาตรฐานปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม มีค่า %RSD อยู่ระหว่าง 0.00 - 0.03% ความสูงของพิก มีค่า %RSD อยู่ระหว่าง 0.48 - 1.91% และค่าระนาบระหว่างผลึก มีค่า %RSD อยู่ระหว่าง 0.00 - 0.14% มีค่าน้อยกว่า 2% ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกกับฐานข้อมูลอ้างอิง ICDD (PDF-4) พบว่า ตำแหน่งพิกที่ใช้ในการจำแนกสารปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ตรงกับ  $hkl$ : (1 0 4),  $hkl$ : (1 0 4),  $hkl$ : (1 0 1) และ  $hkl$ : (0 2 0) ตามลำดับ โดยพิกเหล่านี้เป็นพิกที่มี Relative intensity เท่ากับ 100% (Zhao *et al.*, 2017; ICDD, 2019) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) ผลการทดสอบความเที่ยง (precision) และความถูกต้อง (Accuracy) เชงปริมาณของสารมาตรฐาน ปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ปริมาณ 25.34 : 24.94 : 24.35 : 25.37 % ตามลำดับ พบว่า มีค่า %RSD เท่ากับ 1.15, 1.82, 1.71 และ 1.09 ตามลำดับ มีค่าน้อยกว่า 2% ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และมีค่า %recovery เท่ากับ 102.44, 100.93, 95.63 และ 100.85 ตามลำดับ อยู่ระหว่าง 95 - 105% ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (ตารางที่ 3) และผลการทดสอบหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ โดยทำการเติมสารมาตรฐานปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ปริมาณ 0.5 - 10 % ลงในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน  $Mg(OH)_2$  พิจารณารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD Patterns) พบว่า ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ ปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ และยิปซัม เท่ากับ 2 % และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ปูนขาว เท่ากับ 4 % (ภาพที่ 2)

**ตารางที่ 2** ผลการทดสอบ Precision ของตำแหน่งพิก (Position) ความสูงของพิก (Intensities) ค่าระนาบระหว่างผลึก (d-spacing) (position, intensities, d-spacing, and FWHM values) ของสารมาตรฐานปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

miller indices ( $hkl$ ) values		Average of peak profiling results (n = 7)							
[ $^{\circ}2\theta$ ]	RSD [%]	Peak intensity [cts]	Relative intensity [%]	RSD [%]	d-spacing [Å]	RSD [%]	FWHM [ $^{\circ}2\theta$ ]	RSD [%]	
<b>CaCO<sub>3</sub></b>									
(1 0 4)	29.3717	0.01	6,878 ± 67	100.00	0.97	3.041 ± 0.0003	0.01	0.130 ± 0.0001	0.00
(1 1 0)	35.9562	0.03	758 ± 14	9.64	1.84	2.498 ± 0.0008	0.03	0.130 ± 0.0001	0.00
(1 1 3)	39.4011	0.01	957 ± 14	13.91	1.46	2.287 ± 0.0001	0.01	0.130 ± 0.0001	0.00
(2 0 2)	43.1456	0.01	805 ± 12	11.71	1.49	2.097 ± 0.0001	0.01	0.130 ± 0.0001	0.00
(0 1 8)	47.4747	0.01	1,129 ± 17	16.41	1.50	1.915 ± 0.0001	0.01	0.130 ± 0.0001	0.00
(1 1 6)	48.4702	0.01	1,118 ± 8	16.26	0.71	1.879 ± 0.0001	0.01	0.130 ± 0.0001	0.00
<b>CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>									
(1 0 4)	31.0007	0.01	14,133 ± 68	100.00	0.48	2.885 ± 0.0002	0.01	0.173 ± 0.0001	0.00
(0 0 6)	33.5754	0.02	522 ± 10	3.69	1.91	2.669 ± 0.0004	0.02	0.173 ± 0.0001	0.00
(1 1 3)	41.1909	0.02	986 ± 18	6.98	1.82	2.192 ± 0.0005	0.02	0.173 ± 0.0001	0.00
(2 0 2)	44.9912	0.01	530 ± 10	3.70	1.88	2.015 ± 0.0002	0.01	0.173 ± 0.0001	0.00
(0 1 8)	50.5635	0.01	1,146 ± 17	8.11	1.48	1.805 ± 0.0002	0.01	0.173 ± 0.0001	0.00
(1 1 6)	51.1082	0.01	1,003 ± 9	7.09	0.89	1.787 ± 0.0001	0.00	0.173 ± 0.0001	0.00
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>									
(0 0 1)	18.0516	0.03	1,117 ± 20	68.12	1.79	4.914 ± 0.0013	0.03	0.217 ± 0.0001	0.00
(1 0 0)	28.6736	0.01	435 ± 8	26.52	1.83	3.113 ± 0.0009	0.03	0.217 ± 0.0001	0.00
(1 0 1)	34.1024	0.02	1,640 ± 27	100.00	1.64	2.631 ± 0.0004	0.02	0.217 ± 0.0001	0.00
(1 0 2)	47.1038	0.02	521 ± 7	31.47	1.34	1.929 ± 0.0004	0.02	0.217 ± 0.0001	0.00
(1 1 0)	50.7797	0.02	515 ± 9	31.39	1.74	1.798 ± 0.0003	0.02	0.217 ± 0.0001	0.00
(1 1 1)	54.3379	0.01	239 ± 4	14.07	1.67	1.688 ± 0.0006	0.03	0.217 ± 0.0001	0.00
<b>CaSO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O</b>									

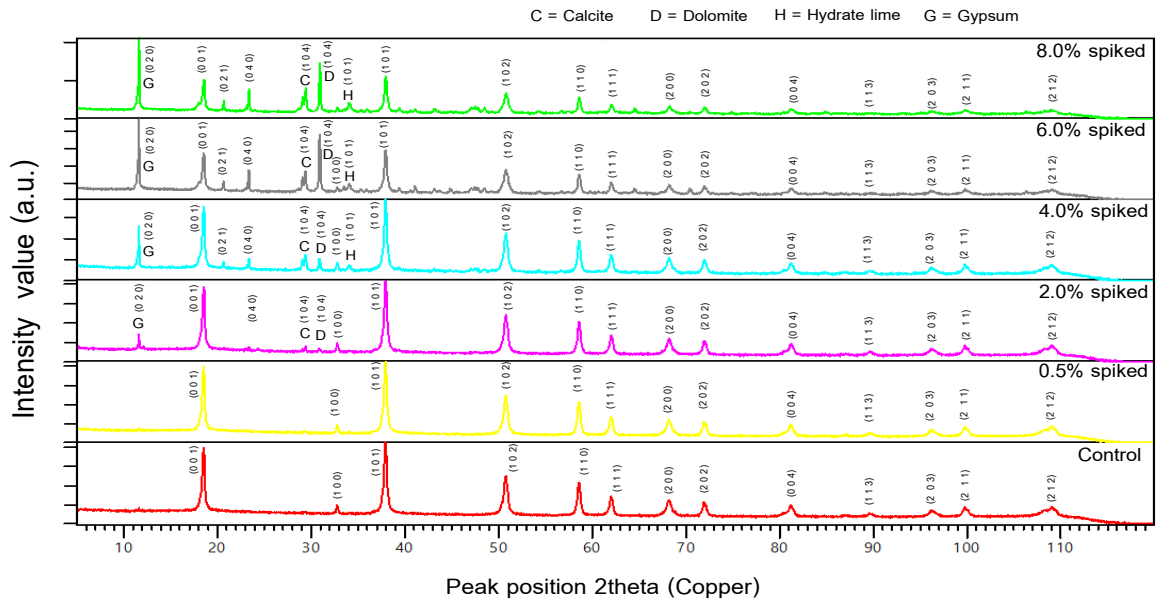
(0 2 0)	11.5882	0.01	81,185 ± 653	100.00	0.80	7.626 ± 0.0104	0.14	0.108 ± 0.0001	0.00
(0 2 1)	20.7236	0.02	2,625 ± 35	3.32	1.33	4.284 ± 0.0008	0.02	0.108 ± 0.0001	0.00
(0 4 0)	23.3970	0.01	10,976 ± 195	13.52	1.77	3.802 ± 0.0003	0.01	0.108 ± 0.0001	0.00
(0 4 1)	29.1043	0.01	4,318 ± 43	5.32	0.99	3.068 ± 0.0001	0.00	0.108 ± 0.0001	0.00
(0 6 0)	35.3970	0.01	360 ± 6	1.21	1.66	2.535 ± 0.0005	0.02	0.108 ± 0.0001	0.00
(0 8 0)	47.8288	0.00	982 ± 10	0.47	1.01	1.902 ± 0.0001	0.00	0.108 ± 0.0001	0.00



ภาพที่ 1 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกกับฐานข้อมูลอ้างอิง ICDD (PDF-4)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความเที่ยง (precision) และความถูกต้อง (Accuracy) เชงปริมาณของสารมาตรฐาน ปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ปริมาณ 25.34 : 24.94 : 24.35 : 25.37 % ตามลำดับ

Mixtures	XRD weight percent measurement				Rwp
	CaCO <sub>3</sub> %	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> %	Ca(OH) <sub>2</sub> %	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O %	
1	25.80	25.50	23.70	25.00	13.52
2	26.10	24.90	23.30	25.70	14.27
3	25.50	25.30	23.60	25.60	12.82
4	25.90	25.70	22.80	25.60	13.29
5	26.20	24.40	23.70	25.70	14.63
6	25.80	25.50	22.80	25.90	12.76
7	26.40	24.90	23.10	25.60	13.44
Accuracy (%recovery)	102.44	100.93	95.63	100.85	
Precision (%RSD)	1.15	1.82	1.71	1.09	

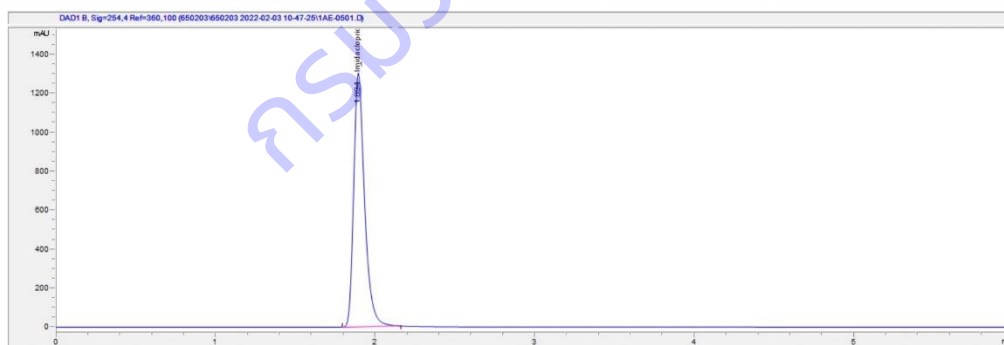


ภาพที่ 2 การทดสอบหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ โดยทำการเติมสารมาตรฐาน ปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ปริมาณ 0.5 – 10 % ลงในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน  $Mg(OH)_2$

3) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด ไพโรนิล และคาร์เบนดาซิม แบบสารเดี่ยว

ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณ imidacloprid 10 % w/v SL ในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร

- 1) Specificity/ Selectivity การที่วิธีวิเคราะห์มีความจำเพาะกับสารที่ต้องการตรวจวัดเท่านั้น สารชนิดอื่นๆ ไม่มีผลรบกวนการตรวจวัด ความสามารถของวิธีทดสอบ ที่สามารถแยกสิ่งที่ต้องการออกจากสิ่งเจือปนอื่นได้



ภาพที่ 3 การแยกและ Retention Time ของ imidacloprid

2) Precision จากการทำการวิเคราะห์ดังนี้

แบบ Repeatability โดยทำการทดลองภายในวันเดียวกัน และทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง (0.80 1.00 และ 1.20 mg/ml) ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ผลการทดลองค่า Precision ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นในการตรวจสอบการทวนซ้ำ (Repeatability) ดังแสดงในตารางที่ 4 เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)



**ตารางที่ 4** เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทำซ้ำ (Repeatability)  
imidacloprid 10 % w/v SL เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%RSD	Predicted Horwitz	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ
0.80	2.0930	2.51712	0.83	0.3 – 1.3
1.00	2.2600	2.51390	0.90	0.3 – 1.3
1.20	2.1791	2.51357	0.87	0.3 – 1.3

**ตารางที่ 5** เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทวนซ้ำ (Intermediate precision)  
imidacloprid 10 % w/v SL เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%RSD	Predicted Horwitz	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ
0.80	2.6719	2.51068	1.06	0.3 – 1.3
1.00	2.0590	2.51411	0.82	0.3 – 1.3
1.20	2.4350	2.51293	0.97	0.3 – 1.3

3) การตรวจสอบ robustness/ruggedness

Robustness / Ruggedness จากการทดลองด้วยวิธีการเปลี่ยนอัตราการไหลของสารละลายและอัตราส่วนของสารละลายที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงผลในรูปของ %RSD และ HORRAT ผ่านเกณฑ์การยอมรับของ AOAC

**ตารางที่ 6** ผลการตรวจสอบ Robustness / Ruggedness imidacloprid 10 % w/v SL  
เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

	HORRAT	
	Flow 0.3 ml/min	Flow 0.4 ml/min
imidacloprid 10 % w/v	0.55	0.75

4) การตรวจสอบความแม่นยำ (accuracy) โดยการหา % recovery

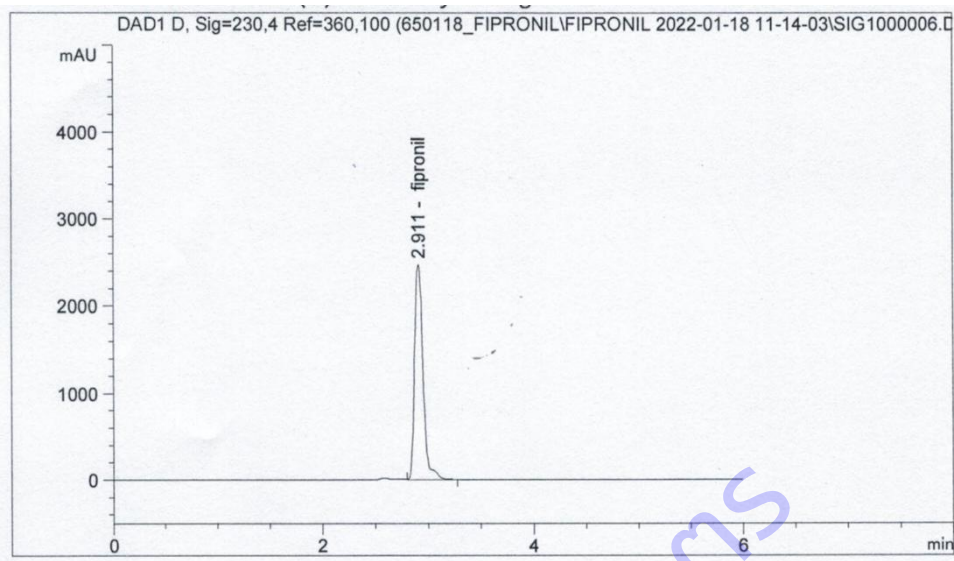
**ตารางที่ 7** การตรวจสอบ % Recovery ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช imidacloprid 10 % w/v SL  
เกณฑ์การยอมรับ (CIPAC:3807)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%Recovery	เกณฑ์การยอมรับ
0.80	99.69	98 - 102
1.00	99.72	98 - 102
1.20	99.75	98 - 102

ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณ fipronil ในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร

5) ผลการตรวจสอบค่า Selectivity /Specificity ของสารออกฤทธิ์ fipronil

ผลการทดสอบการทดลองหา Selectivity สามารถแยกสาร fipronil ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำแสดงที่ค่า Retention time (RT) เท่ากับ 2.911



ภาพที่ 4 แสดงการแยกของสารละลายมาตรฐาน fipronil 5% w/v

6) Precision จากการทำการวิเคราะห์ดังนี้

แบบ Repeatability โดยทำการทดลองภายในวันเดียวกัน และทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง (0.80 1.00 และ 1.20 mg/ml) ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ผลการทดสอบค่า Precision ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นในการตรวจสอบการทวนซ้ำ (Repeatability) ดังแสดงในตารางที่ 4 เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทำซ้ำ (Repeatability) fipronil 5% w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%RSD	Predicted Horwitz	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ
0.80	0.54	1.32	0.41	0.3 – 1.3
1.00	1.33	1.32	1.01	0.3 – 1.3
1.20	1.43	1.32	1.09	0.3 – 1.3

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทวนซ้ำ (Intermediate precision) fipronil 5% w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%RSD	Predicted Horwitz	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ
0.80	0.39	1.32	0.30	0.3 – 1.3
1.00	0.68	1.32	0.51	0.3 – 1.3
1.20	0.68	1.32	0.51	0.3 – 1.3

7) การตรวจสอบ robustness/ruggedness

**ตารางที่ 10** การตรวจสอบ robustness/ruggedness ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช fipronil ที่ 3 ความเข้มข้น โดยการเปลี่ยน column เป็น column C-18 fipronil 5% w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%RSD	Predicted Horwitz	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ
0.80	1.12	1.32	0.85	0.3 – 1.3
1.00	1.68	1.32	1.28	0.3 – 1.3
1.20	1.63	1.32	1.23	0.3 – 1.3

8) การตรวจสอบความแม่นยำ (accuracy) โดยการหา % recovery

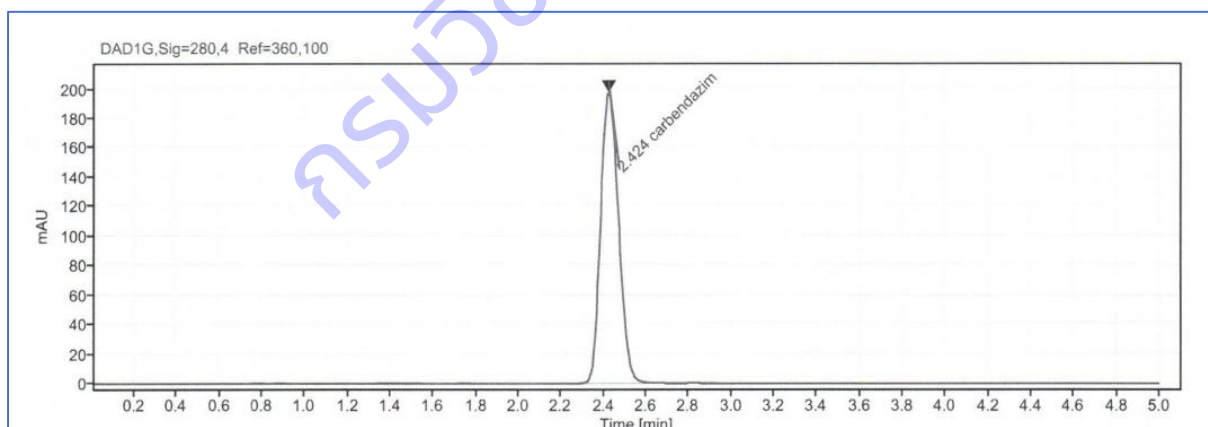
**ตารางที่ 11** การตรวจสอบ % Recovery ในผลิตภัณฑ์ fipronil 5% w/v ในสูตร SC เกณฑ์การยอมรับ (CIPAC:3807)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%Recovery	เกณฑ์การยอมรับ
0.80	100.82	97 - 103
1.00	99.06	97 - 103
1.20	100.77	97 - 103

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ คาร์เบนดาซิม (carbendazim)

9) ความจำเพาะเจาะจง (specificity/selectivity) ของสารคาร์เบนดาซิม (carbendazim)

ผลการทดลองพบว่า โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานคาร์เบนดาซิม (carbendazim) ไม่มีสัญญาณ peak รบกวน แสดงว่ามี specificity/selectivity ที่ดี ดังภาพที่ 1



**ภาพที่ 5** โครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชคาร์เบนดาซิม (carbendazim)

10) Precision จากการทำการวิเคราะห์ดังนี้

แบบ Repeatability โดยทำการทดลองภายในวันเดียวกัน และทำการทดสอบที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง (0.80 1.00 และ 1.20 mg/ml) ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ผลการทดลองค่า Precision ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นในการตรวจสอบการทวนซ้ำ (Repeatability) ดังแสดงในตารางที่ 4 เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

**ตารางที่ 12** เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทำซ้ำ (Repeatability) carbendazim 50%w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%RSD	Predicted Horwitz	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ
0.08	1.517	2.267	0.669	0.3 – 1.3
0.10	1.288	2.265	0.569	0.3 – 1.3
0.12	1.767	2.268	0.779	0.3 – 1.3

**ตารางที่ 13** เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบที่ความเข้มข้น 3 ระดับ จากการทวนซ้ำ (Intermediate precision) carbendazim 50% w/v สูตร SC เกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%RSD	Predicted Horwitz	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ
0.08	1.608	1.608	0.711	0.3 – 1.3
0.10	2.215	2.262	0.979	0.3 – 1.3
0.12	1.128	2.262	0.498	0.3 – 1.3

11) การตรวจสอบ robustness/ruggedness

**ตารางที่ 14** การตรวจสอบ robustness/ruggedness ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช carbendazim ที่ 3 ความเข้มข้น carbendazim 50% w/v ในสูตร SC โดยการเปลี่ยนผู้ทดสอบเกณฑ์การยอมรับ HORRAT 0.3-1.3 (AOAC, 2016)

ความเข้มข้น (mg/ml)	%RSD	Predicted Horwitz	HORRAT	เกณฑ์การยอมรับ
0.08	1.152	2.258	0.510	0.3 – 1.3
0.10	2.258	2.257	1.040	0.3 – 1.3
0.12	0.510	2.261	1.105	0.3 – 1.3

12) การตรวจสอบความแม่นยำ (accuracy)

**ตารางที่ 15** การหา % Recovery ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช carbendazim 50% w/v ในสูตร SC เกณฑ์การยอมรับ (CIPAC:3807) 98 – 102 %

ความเข้มข้น (mg/ml)	%Recovery	เกณฑ์การยอมรับ
0.08	99.607	98 - 102
0.10	99.571	98 - 102
0.12	99.429	98 - 102

4) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด

13) การทดสอบ matrix effect

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ standard in matrix และ standard in solvent นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการวัดบนแกน y กับความเข้มข้นของสารในตัวอย่างบนแกน x นำค่าความชันจากสมการเส้นตรง ทำการคำนวณหา %matrix effect (%ME) พบว่า %ME ของสารละลายสารมาตรฐานจำนวน 30 ชนิด อยู่ในช่วง 0.01 ถึง 8.98% มีค่าน้อยกว่า 10% อยู่ในเกณฑ์การยอมรับของ %ME<10% (NATA, 2018) แสดงว่าผลกระทบขององค์ประกอบอื่นในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืชไม่รบกวนการวิเคราะห์ สารละลายสารมาตรฐานที่เตรียมในตัวทำละลายทั้งสองชนิดให้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น

การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 30 ชนิด ในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช matrix effect ไม่มีผลกระทบต่อวิเคราะห์ทดสอบ จึงสามารถเตรียม standard curve ได้ทั้งใน solvent และ matrix solvent รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 16

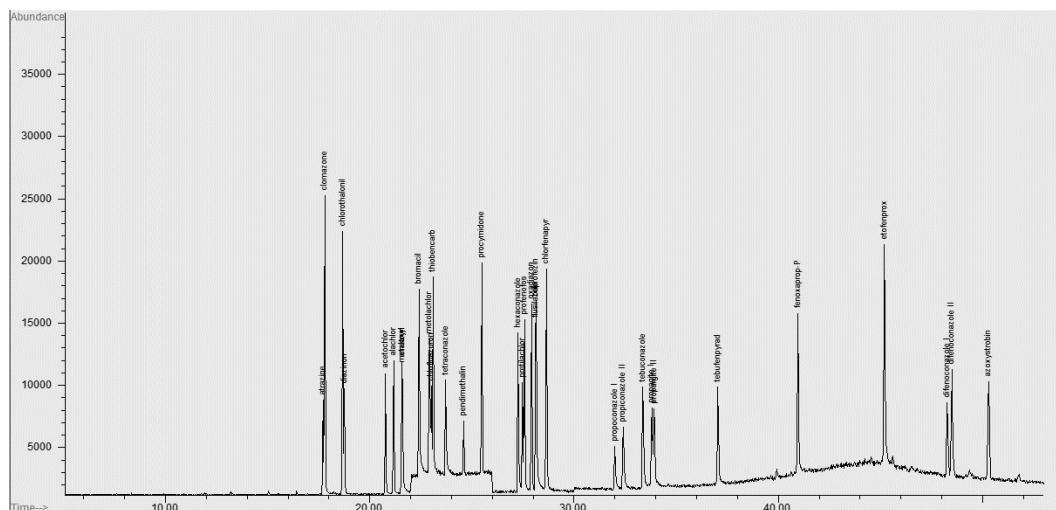
**ตารางที่ 16** ผลการศึกษา matrix effect ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช

No.	Pesticide	slope of standard curve		%ME	Matrix effect (%ME<10%)
		standard in matrix	standard in solvent		
1	atrazine	2104	2018	4.28	Not different
2	clomazone	5732	5872	-2.37	Not different
3	chlorothalonil	4392	4767	-7.87	Not different
4	diazinon	1184	1138	4.00	Not different
5	acetochlor	1394	1396	-0.16	Not different
6	alachlor	1493	1455	2.57	Not different
7	metalaxyl	1107	1100	0.59	Not different
8	ametryn	2278	2188	4.11	Not different
9	bromacil	2220	2037	8.98	Not different
10	metolachlor	4675	4803	-2.67	Not different
11	chlorfluazuron	2514	2356	6.72	Not different
12	thiobencarb	4797	4540	5.65	Not different
13	tetraconazole	3397	3324	2.20	Not different
14	pendimethalin	2000	2000	0.01	Not different
15	procymidone	3013	2909	3.59	Not different
16	hexaconazole	1233	1216	1.37	Not different
17	pretilachlor	1769	1700	4.02	Not different
18	profenofos	881	886	-0.48	Not different
19	oxadiazon	3190	3247	-1.75	Not different
20	flusilazole	5252	5048	4.04	Not different
21	buprofezin	2467	2395	3.03	Not different
22	chlorfenapyr	4169	4259	-2.10	Not different
23	propiconazole	654	657	-0.39	Not different
24	tebuconazole	1539	1541	-0.11	Not different
25	propargite	2306	2323	-0.71	Not different
26	tebufenpyrad	2214	2204	0.45	Not different
27	fenoxaprop-P	2302	2251	2.25	Not different
28	etofenprox	9343	9244	1.07	Not different
29	difenoconazole	977	979	-0.12	Not different
30	azoxystrobin	2521	2523	-0.09	Not different

14) การทดสอบความจำเพาะเจาะจง (specificity/selectivity) ของวิธีวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาโครมาโตแกรมของ solvent blank สารละลายสารมาตรฐานและสารละลายตัวอย่าง พบว่าพีคของสารมาตรฐานทั้ง 30 ชนิดสามารถแยกออกจากกันได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณการตรวจวัดใน

สารละลายตัวอย่างกับสารละลายสารมาตรฐานไม่มีสัญญาณการตรวจวัดที่รบกวนสารมาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงความสามารถของวิธีวิเคราะห์ในการแยกสารที่สนใจวิเคราะห์ออกจากสารอื่นๆ รวมทั้งสารปนเปื้อน สารที่เกิดจากการสลายตัวและเมทริกซ์ ดังนั้นวิธีวิเคราะห์นี้มีความจำเพาะเจาะจงและมีความสามารถในการแยกสารที่ติดต่อกันทั้ง 30 ชนิดที่ทำการตรวจวิเคราะห์



ภาพที่ 6 โครมาโตแกรมสารละลายสารมาตรฐานรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 30 ชนิด

15) ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ของวิธีวิเคราะห์ (limit of detection, LOD)

ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐานรวม (fortified mix standard) ลงในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืชที่ระดับต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ จำนวน 10 ซ้ำ ทำการตรวจวิเคราะห์ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ประเมินค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้จาก LOD เท่ากับ 3SD (Eurachem, 2014) พบว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 30 ชนิด มีค่า LOD พบว่ามีสัญญาณการตรวจวัดทั้งหมดและมีค่า signal to noise (S/N) > 3 จึงสรุปได้ว่าค่า LOD ของวิธีวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 30 ชนิด ในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช อยู่ในช่วง 0.50-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

16) ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้ (limit of quantitation, LOQ)

ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐานรวม (fortified mix standard) ลงในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืชที่ระดับต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ จำนวน 10 ซ้ำ ทำการตรวจวิเคราะห์ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ประเมินค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้จาก LOQ เท่ากับ 10SD พบว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 30 ชนิด มีค่า LOQ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 30 ชนิด อยู่ในเกณฑ์ยอมรับ มีค่า %recovery อยู่ในช่วง 70-120% และ %RSD ≤ 20% (SANTE/11312, 2021) เป็นการยืนยันได้ว่าวิธีวิเคราะห์ที่ระดับ LOQ มีความถูกต้อง แม่นยำ ดังนั้นค่า LOQ ของวิธีวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 30 ชนิด ในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช อยู่ในช่วง 1.25-2.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 17 การประเมิน LOD ของวิธีวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 30 ชนิดในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช

No.	Pesticide	replicate	SD	(3SD) <sub>cal</sub>	(10SD) <sub>cal</sub>	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)
1	atrazine	10	0.080	0.240	0.800	0.50	1.25
2	clomazone	10	0.056	0.169	0.563	0.50	1.25
3	chlorothalonil	10	0.074	0.224	0.747	0.50	1.25
4	diazinon	10	0.097	0.291	0.972	0.50	1.25
5	acetochlor	10	0.092	0.278	0.926	0.50	1.25

No.	Pesticide	replicate	SD	(3SD) <sub>cal</sub>	(10SD) <sub>cal</sub>	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)
6	alachlor	10	0.088	0.265	0.885	0.50	1.25
7	metalaxyl	10	0.098	0.294	0.981	0.50	1.25
8	ametryn	10	0.071	0.215	0.718	0.50	1.25
9	bromacil	10	0.101	0.304	1.014	1.00	2.50
10	metolachlor	10	0.100	0.301	1.004	0.50	1.25
11	chlorfluazuron	10	0.056	0.170	0.567	0.50	2.50
12	thiobencarb	10	0.069	0.209	0.699	0.50	2.50
13	tetraconazole	10	0.094	0.284	0.948	0.50	1.25
14	pendimethalin	10	0.093	0.279	0.932	0.50	2.50
15	procymidone	10	0.095	0.286	0.954	0.50	1.25
16	hexaconazole	10	0.159	0.478	1.594	1.00	2.50
17	pretilachlor	10	0.087	0.263	0.877	0.50	1.25
18	profenofos	10	0.084	0.252	0.841	1.00	2.50
19	oxadiazon	10	0.061	0.184	0.616	0.50	2.50
20	flusilazole	10	0.044	0.134	0.447	0.50	1.25
21	buprofezin	10	0.128	0.385	1.285	0.50	1.25
22	chlorfenapyr	10	0.128	0.386	1.288	1.00	2.50
23	propiconazole	10	0.215	0.645	2.150	1.00	2.50
24	tebuconazole	10	0.136	0.409	1.365	1.00	2.50
25	propargite	10	0.173	0.519	1.732	1.00	2.50
26	tebufenpyrad	10	0.047	0.142	0.473	0.50	1.25
27	fenoxaprop-P	10	0.102	0.307	1.024	1.00	2.50
28	etofenprox	10	0.068	0.205	0.685	0.50	1.25
29	difenoconazole	10	0.149	0.448	1.495	1.00	2.50
30	azoxystrobin	10	0.158	0.475	1.586	1.00	2.50

5) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชใน เพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสาร สารอะบาเมกติน อะซีทามิพริด ฟิโนบูคาร์บ คาร์โบซัลแฟน และฟิโพรนิล

17) การทดสอบ matrix effect

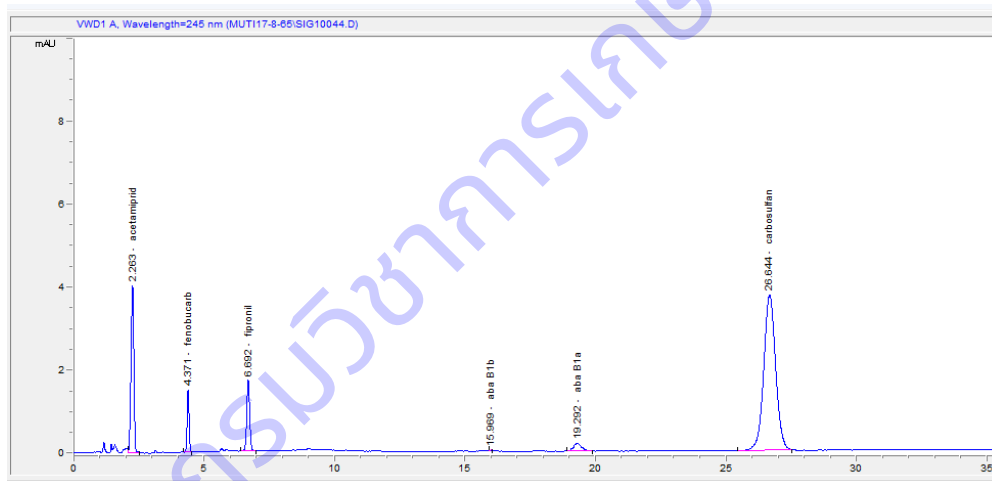
ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ standard in matrix และ standard in solvent นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการวัดบนแกน y กับความเข้มข้นของสารในตัวอย่างบนแกน x นำค่าความชันจากสมการเส้นตรง ทำการคำนวณหา %matrix effect (%ME) พบว่า %ME ของสารละลายสารมาตรฐานจำนวน 5 ชนิด อยู่ในช่วง -0.51 ถึง 4.11% มีค่าน้อยกว่า 10% อยู่ในเกณฑ์การยอมรับของ %ME<10% (NATA, 2018) แสดงว่าผลกระทบขององค์ประกอบอื่นในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืชไม่รบกวนการวิเคราะห์ สารละลายสารมาตรฐานที่เตรียมในตัวทำละลายทั้งสองชนิดให้ผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 5 ชนิด ในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช matrix effect ไม่มีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ทดสอบ จึงสามารถเตรียม standard curve ได้ทั้งใน solvent และ matrix solvent

ตารางที่ 18 ผลการศึกษา matrix effect ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช

No.	Pesticide	slope of standard curve		%ME	Matrix effect (%ME<10%)
		standard in matrix	standard in solvent		
1	acetamidrid	1183	1136	4.11	Not different
2	fenobucarb	295	296	-0.51	Not different
3	fipronil	1164	1183	-1.64	Not different
4	abamectin	302	317	-4.52	Not different
5	carbosulfan	612	621	-1.48	Not different

18) การทดสอบความจำเพาะเจาะจง (specificity/selectivity) ของวิธีวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาโครมาโตแกรมของ solvent blank สารละลายสารมาตรฐานและสารละลายตัวอย่าง พบว่าพีคของสารมาตรฐานทั้ง 5 ชนิดสามารถแยกออกจากกันได้ และเมื่อเปรียบเทียบสัญญาณการตรวจวัดในสารละลายตัวอย่างกับสารละลายสารมาตรฐานไม่มีสัญญาณการตรวจวัดที่รบกวนสารมาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงความสามารถของวิธีวิเคราะห์ในการแยกสารที่สนใจวิเคราะห์ออกจากสารอื่นๆ รวมทั้งสารปนเปื้อน สารที่เกิดจากการสลายตัวและเมทริกซ์ (Belouafa et al., 2017) ดังนั้นวิธีวิเคราะห์นี้มีความจำเพาะเจาะจงและมีความสามารถในการแยกสารที่ดีต่อสารทั้ง 5 ชนิดที่ทำการตรวจวิเคราะห์



ภาพที่ 7 โครมาโตแกรมสารละลายสารมาตรฐานรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 5 ชนิด

19) ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ของวิธีวิเคราะห์ (limit of detection, LOD)

ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐานรวม (fortified mix standard) ลงในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืชที่ระดับต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ จำนวน 10 ซ้ำ ทำการตรวจวิเคราะห์ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ประเมินค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้จาก LOD เท่ากับ 3SD (Eurachem, 2014) พบว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 5 ชนิด มีค่า LOD ของวิธีวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 5 ชนิด ในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช อยู่ในช่วง 0.003-0.03 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

20) ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้ (limit of quantitation, LOQ)

ทดสอบโดยการเติมสารมาตรฐานรวม (fortified mix standard) ลงในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืชที่ระดับต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ จำนวน 10 ซ้ำ ทำการตรวจวิเคราะห์ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ประเมินค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้ จาก LOQ



ยืนยันค่า LOQ โดยการคำนวณ %recovery และ %RSD พบว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 5 ชนิด อยู่ในเกณฑ์ยอมรับ มีค่า %recovery อยู่ในช่วง 70-120% และ %RSD ≤ 20% (SANTE/11312, 2021) เป็นการยืนยันได้ว่าวิธีวิเคราะห์ที่ระดับ LOQ มีความถูกต้อง แม่นยำ ดังนั้นค่า LOQ ของวิธีวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 5 ชนิด ในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช อยู่ในช่วง 0.01-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

**ตารางที่ 19** การประเมิน LOD และ LOQ ของวิธีวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 5 ชนิดในผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช

Pesticides	LOD (n=10)			LOQ (n=10)		
	Conc.(mg/ml)	peak area	S/N>3	Conc.(mg/ml)	peak area	S/N>10
acetamiprid	0.003	27.8495	153.5	0.01	332.3928	307.7
fenobucarb	0.003	7.7612	64.8	0.01	5.5995	80.5
fipronil	0.003	13.0813	70.7	0.01	43.0600	119.8
abamectin	0.03	4.0062	7.9	0.1	43.5121	17.9
carbosulfan	0.03	116.1760	159.2	0.1	1223.70	364.3

**6) พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์คัดกรอง (Screening method) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช กลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สารสกัดจากพืช ที่ไม่ระบุชนิด (unknown sample) ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)**

**21) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของวิธีคัดกรองสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช**

การปรับตั้งสภาวะของเครื่อง LC-MS/MS ในการตรวจวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช การตรวจวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยเครื่อง LC-MS/MS ยังไม่มีฐานข้อมูลหรือ Library เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจวิเคราะห์ ดังนั้นจึงต้องมีการหาสภาวะของเครื่อง Mass ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ค่ากำหนดที่ใช้ในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ทั้ง 9 ชนิดในคราวเดียวกัน ซึ่งได้แก่ Precursor ion (Q1) Product ion (Q3) Declustering potential (DP) Entrance potential (EP) Collision energy (CE) Collision cell exit potential (Cxp) (ตารางที่ 20) จากนั้นนำค่าที่ได้ไปปรับตั้งค่าของเครื่อง MS/MS และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง LC เพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีสภาวะดังนี้

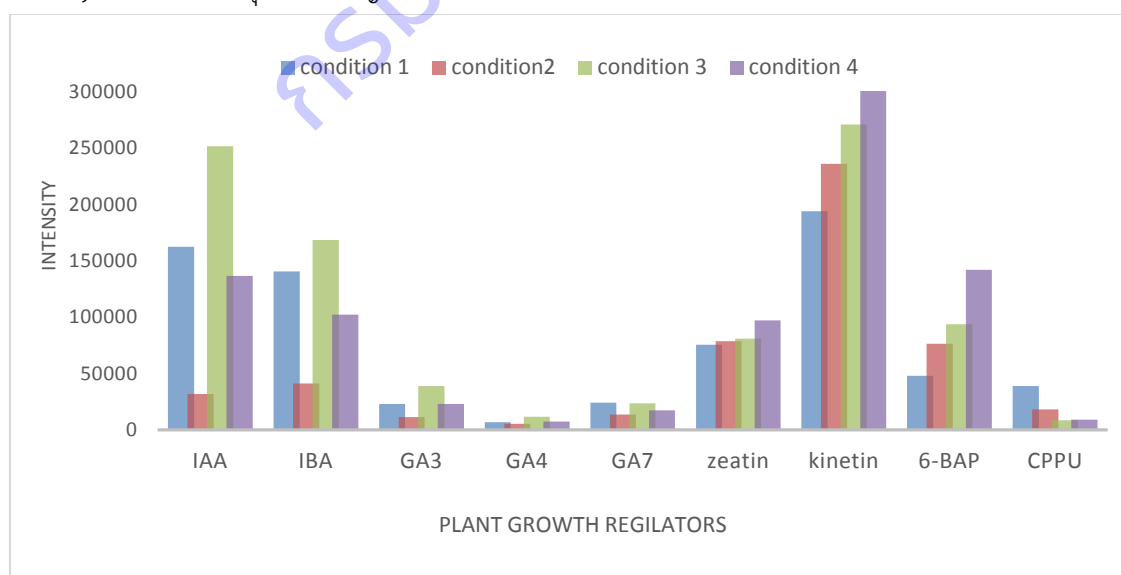
Mass conditions: Ionization mode: Electrospray ionization (ESI) Positive-Negative mode, Curtain gas: 25 psig, Collision gas: 9 psig, Ion Spray Voltage: Positive (5500 V) Negative (-4500 V), Temperature: 500 °C, Ion Source (Gas1): 50 psig, Ion Source (Gas2): 60 psig, MS/MS Scan Parameter: Multi Reaction Monitoring (MRM)

LC conditions : Column: Phenomenex Synergi fision RP 80 A° 50 x 2 mm., 4 µm , Column oven temperature: 40 °C, Injection volume: 5 µL, Flow rate: 300 µL/min, Gradient Program: (A=0.1%Formic acid : B=Acetonitrile) 0-1 min (A:B ratio = 95:5), 1-4 min (A:B ratio = 5:95), 4-6 min (A:B ratio = 5:95), 6-8 min (A:B ratio = 95:5), 8-10 min (A:B ratio = 95:5)

ตารางที่ 20 สภาวะของเครื่อง Mass ที่ใช้ในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด

Analytes	Precursor ion (Q1)	Scan mode	Product ion (Q3)	DP	EP	CE	Cxp
IAA	176	Positive	130	18	11	23	10
			103	18	11	42	7
IBA	204	Positive	186.1	25	10	19	13
			130	25	10	37	10
GA <sub>3</sub>	345.1	Negative	143	-70	-7	-35	-10
			239	-70	-7	-21	-7
GA <sub>4</sub>	331.1	Negative	243.1	-31	-5	-27	-14
			257	-31	-5	-34	-20
GA <sub>7</sub>	329	Negative	223	-41	-5	-27	-15
			211	-41	-5	-38	-7
Zeatin	220.1	Positive	136.1	56	7	26	10
			148	56	7	23	11
Kinetin	216	Positive	81	38	8	34	8
			148	38	8	18	11
6-BAP	224	Negative	133	-92	-9	-28	-8
			106	-92	-9	-45	-10
CPPU	248	Positive	129	18	12	25	9
			155	18	12	21	5

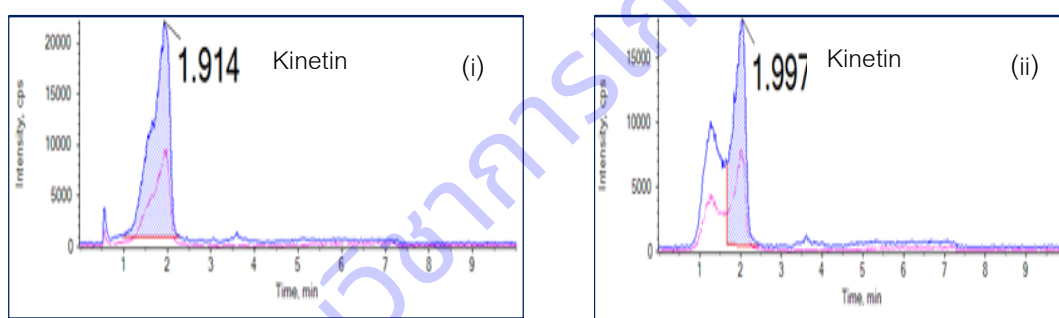
22) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกชนิดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช การศึกษาสารละลายเฟสเคลื่อนที่ที่เหมาะสม โดยการพิจารณาโครมาโทแกรมและเปรียบเทียบ ค่า Intensity ของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช แต่ละสภาวะการทดสอบ (ภาพที่ 8)



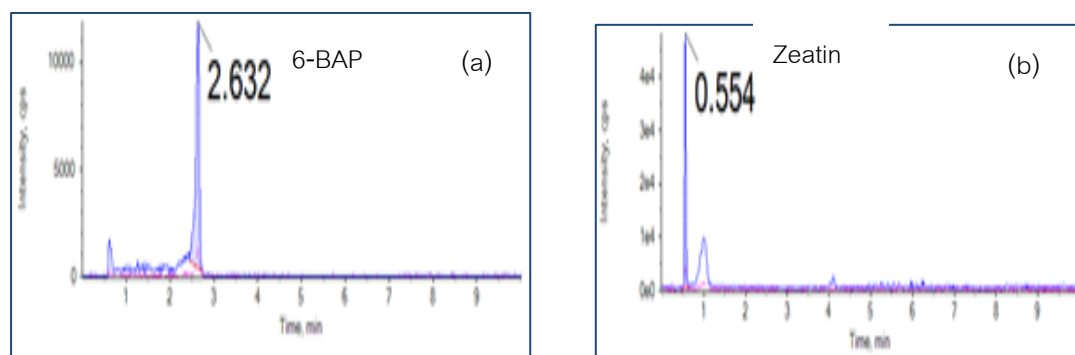
ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่า Intensity ของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 9 ชนิด แต่ละสภาวะการทดสอบ

จากผลการทดลองในการตรวจวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 4 สภาวะการทดสอบให้ค่า Intensity ของสารที่แตกต่างกัน โดยสารแต่ละชนิดจะมีความจำเพาะกับสารละลายเฟสเคลื่อนที่ต่างกัน จากการทดสอบด้วยสภาวะที่ 1 คือใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น 0.1% FA in H<sub>2</sub>O/ ACN พบว่าทุกโครมาโทแกรมของสารแยกจากพีคครบถ้วนได้ดี ทุกสารมีค่า Intensity สูง ที่เห็นได้ชัดเจนคือ สาร GA<sub>7</sub> และ CPPU สำหรับการทดสอบในสภาวะที่ 2 คือใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น 0.1% FA+1 mM ammonium acetate กับ acetonitrile ให้ผลของค่า Intensity ของสาร IAA, IBA, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> และ GA<sub>7</sub> ต่ำ ส่วนการทดสอบด้วยสภาวะทดสอบที่ 3 คือใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น 0.1% FA in H<sub>2</sub>O กับ methanol และ สภาวะทดสอบที่ 4 คือ ใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น 0.1% FA +1 mM ammonium acetate กับ methanol พบว่า มีพีคของสารอื่นมารบกวน สาร GA<sub>7</sub> จากผลการทดสอบทั้งหมดจึงพิจารณาเลือกสารละลายเฟสเคลื่อนที่ 0.1% FA in H<sub>2</sub>O/ ACN ในการทดสอบต่อไป

การศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยพิจารณาโครมาโทแกรมและเปรียบเทียบค่า Intensity ของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแต่ละสภาวะการทดสอบ พบว่าการปรับเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลาย 5 ชนิด ให้ค่า Intensity ที่ไม่แตกต่างกัน แต่การเลือกใช้จะต้องพิจารณาโครมาโทแกรมที่ได้ด้วย ซึ่งพบว่า การเตรียมสารละลายด้วย 0.1% FA in MeOH และ 0.1% FA in H<sub>2</sub>O/ACN อัตราส่วน 50:50 ทำให้พีคของ Kinetin มีฐานกว้าง ไม่สามารถแยกออกจากเมทริกซ์อื่น ๆ ได้ (ภาพที่ 9) และการละลายด้วย 0.1% FA in ACN ทำให้พีคของ 6-BAP ที่ได้ไม่สมมาตร นอกจากนี้ การเตรียมสารละลายด้วย 0.1% FA in H<sub>2</sub>O /MeOH อัตราส่วน 50:50 ทำให้พีคของ Zeatin ถูกชะออกมาเร็ว และมีพีคของสารอื่นรบกวน (ภาพที่ 10) ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ตัวทำละลาย 0.1% FA in H<sub>2</sub>O ในการเตรียมสารละลาย ซึ่งให้ผลของโครมาโทแกรมและค่า Intensity ที่ดีสำหรับทุกชนิดสารที่ทดสอบ

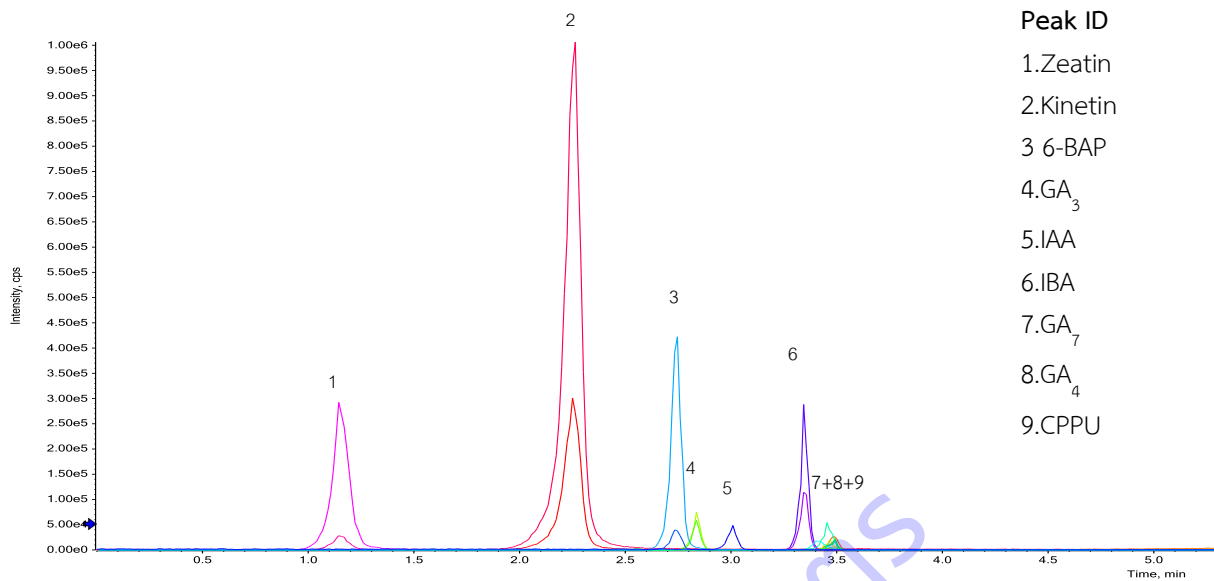


ภาพที่ 9 ลักษณะโครมาโทแกรมของ kinetin ที่เตรียมด้วย (i) 0.1% FA ใน MeOH, (ii) 0.1% FA ใน H<sub>2</sub>O/ACN อัตราส่วน 50:50



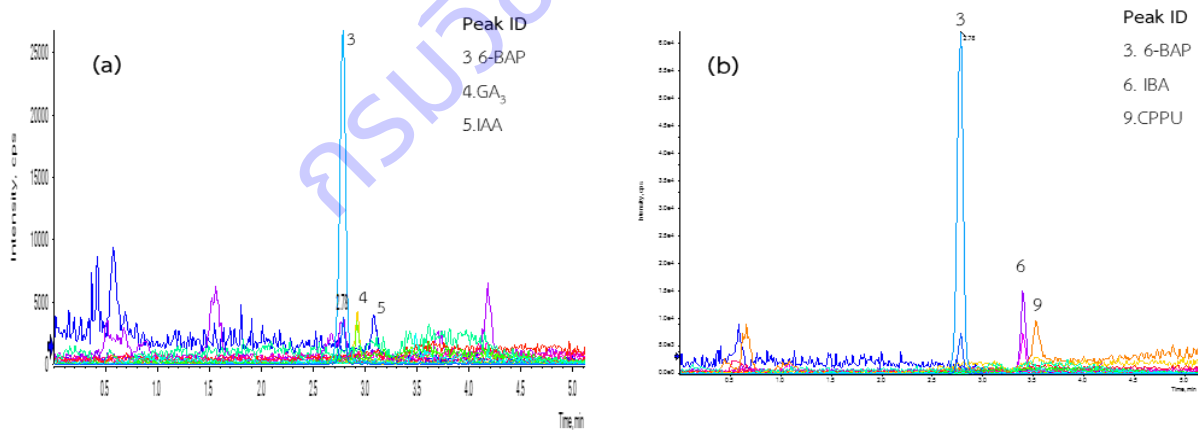
ภาพที่ 10 ลักษณะโครมาโทแกรมของ 6-BAP ที่เตรียมด้วย (a) 0.1% FA in ACN, (b) และ zeatin ที่เตรียมด้วย (b) 0.1% FA in H<sub>2</sub>O/MeOH อัตราส่วน 50:50

จากการฉีดสารละลายมาตรฐานรวม ตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้ พบว่า สารแต่ละชนิดถูกชะออกมา และตรวจวัดได้ตามลำดับของสารดังนี้ Zeatin, Kinetin, 6-BAP, GA<sub>3</sub>, IAA, IBA, GA<sub>7</sub>, GA<sub>4</sub>, และ CPPU ซึ่งมี Retention time เท่ากับ 1.05, 2.02, 2.78, 2.84, 3.00, 3.34, 3.45, 3.47 และ 3.47 นาที ตามลำดับ (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ลำดับโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด ที่ฉีดครั้งเดียวด้วยสารละลายเฟสเคลื่อนที่ 0.1% FA in H<sub>2</sub>O/ ACN

จากการตรวจคัดกรองสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในตัวอย่างสารชีวภัณฑ์ พบว่า ตรวจพบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจำนวน 3 ชนิด คือ 6-BAP, GA<sub>3</sub> และ IAA (ภาพที่ 5a) และจากการตรวจคัดกรองในตัวอย่างสารสกัดจากพืช พบว่า ตรวจพบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจำนวน 3 ชนิด คือ 6-BAP, IBA และ CPPU (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 โครมาโทแกรมของสารที่ตรวจพบในตัวอย่างสารชีวภัณฑ์ (a) โครมาโทแกรมของสารที่ตรวจพบในตัวอย่างสารสกัดจากพืช (b)

23) การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีคัดกรองสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช  
ผลบวกเท็จ (False positive rate) และผลลบเท็จ (False negative rate)

จากการทดสอบบวกเท็จในตัวอย่างสารชีวภัณฑ์ โดยพิจารณาค่า Response ที่ได้จากการฉีด Sample blank จำนวน 25 ตัวอย่าง พบว่า ตรวจไม่พบสาร IAA, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub>, Zeatin และ Kinetin ในตัวอย่าง Sample blank ทุกตัวอย่าง และมีการตรวจพบสาร IBA, 6-BAP และ CPPU อย่างละ 1 ตัวอย่าง ในจำนวนทั้งหมด 25 ตัวอย่าง เมื่อคิดเป็น False positive rate มีค่าเท่ากับ 4% ส่วนการทดสอบ False negative

rate พบว่า ตรวจพบสาร IAA, IBA, GA<sub>7</sub>, Kinetin, 6-BAP และ CPPU ในตัวอย่างทั้งหมด 25 ตัวอย่าง คิดเป็น ตรวจพบ 100% ส่วนสาร GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> และ Zeatin มีการตรวจพบสารใน 24 ตัวอย่างของตัวอย่างทั้งหมด คิดเป็น ผลการตรวจพบ 96% โดยทุกสารคิดเป็น False negative rate มีค่าเท่ากับ 4% ซึ่งผลบวกเท็จและผลลบเท็จโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 5% ดังแสดงในตารางที่ 21

**ตารางที่ 21** ผลบวกเท็จ (False positive rate) และผลลบเท็จ ( False negative rate )ในตัวอย่างสารชีวภัณฑ์ จำนวน 25 ตัวอย่าง

PGRs	True negative	False positive rate (Fp< 5%)	True positive	False negative rate (Fn< 5%)
IAA	25/25	<5%	25/25	<5%
IBA	24/25	<5%	25/25	<5%
GA <sub>3</sub>	25/25	<5%	24/25	<5%
GA <sub>4</sub>	25/25	<5%	24/25	<5%
GA <sub>7</sub>	25/25	<5%	25/25	<5%
Zeatin	25/25	<5%	24/25	<5%
Kinetin	25/25	<5%	25/25	<5%
6-BAP	24/25	<5%	25/25	<5%
CPPU	24/25	<5%	25/25	<5%

จากการทดสอบบวกเท็จในตัวอย่างสารสกัดจากพืช โดยพิจารณาค่า Response ที่ได้จากการฉีด Sample blank จำนวน 25 ตัวอย่าง พบว่า ตรวจไม่พบสาร IAA, GA<sub>3</sub>, IBA, GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub>, Zeatin และ Kinetin ในตัวอย่าง Sample blank ทุกตัวอย่าง และมีการตรวจพบสาร 6-BAP และ CPPU อย่างละ 1 ตัวอย่าง ในจำนวน ทั้งหมด 25 ตัวอย่าง เมื่อคิดเป็น False positive rate มีค่าเท่ากับ 4% ส่วนการทดสอบ False negative rate พบว่า ตรวจพบสาร IAA, Kinetin และ 6-BAP ในตัวอย่างทั้งหมด 25 ตัวอย่าง คิดเป็นตรวจพบ 100% ส่วนสาร IBA, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub>, Zeatin และ CPPU มีการตรวจพบสารใน 24 ตัวอย่างของตัวอย่างทั้งหมด คิดเป็นตรวจพบ 96% โดยทุกสารคิดเป็น False negative rate มีค่าเท่ากับ 4% ซึ่งผลบวกเท็จและผลลบเท็จโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 5% ดังแสดงในตารางที่ 22

**ตารางที่ 22** ผลบวกเท็จ (False positive rate) และผลลบเท็จ ( False negative rate )ในตัวอย่างสารสกัดจาก พืชจำนวน 25 ตัวอย่าง

PGRs	True negative	False positive rate (Fp< 5%)	True positive	False negative rate (Fn< 5%)
IAA	25/25	<5%	25/25	<5%
IBA	25/25	<5%	24/25	<5%
GA <sub>3</sub>	25/25	<5%	24/25	<5%
GA <sub>4</sub>	25/25	<5%	24/25	<5%
GA <sub>7</sub>	25/25	<5%	24/25	<5%
Zeatin	25/25	<5%	24/25	<5%
Kinetin	25/25	<5%	25/25	<5%
6-BAP	24/25	<5%	25/25	<5%
CPPU	24/25	<5%	24/25	<5%

#### 24) ความไว (Sensitivity)

จากการทดสอบหาความไวในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ พบว่า มีความไวในการตรวจวัดสาร IAA, IBA, GA<sub>7</sub>, Kinetin, 6-BAP และ CPPU คิดเป็น 100% นั่นคือมีโอกาสได้ผลลบเท็จที่ 0% และมีความไวในการตรวจวัดสาร GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> และ Zeatin คิดเป็น 96% นั่นคือมีโอกาสได้ผลลบเท็จที่ 4% คิดเป็นความไวเฉลี่ยเท่ากับ 98.7% และจากการทดสอบหาความไวในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด ในสารสกัดจากพืช พบว่า มีความไวในการตรวจวัดสาร IAA, Kinetin และ 6-BAP มีความไวอยู่ที่ 100% นั่นคือมีโอกาสได้ผลลบเท็จที่ 0% และมีความไวในการตรวจวัดสาร IBA, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub>, Zeatin และ CPPU มีความไวที่ 96% นั่นคือมีโอกาสได้ผลลบเท็จที่ 4% คิดเป็นความไวเฉลี่ยเท่ากับ 97.3% ดังแสดงในตารางที่ 23

**ตารางที่ 23** ความไวในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช

PGRs	Sensitivity rate (%)	
	Biochemical samples	plant extracted samples
IAA	100	100
IBA	100	96
GA <sub>3</sub>	96	96
GA <sub>4</sub>	96	96
GA <sub>7</sub>	100	96
Zeatin	96	96
Kinetin	100	100
6-BAP	100	100
CPPU	100	96
Mean	98.7	97.3

#### 25) ความจำเพาะเจาะจง (Specificity)

จากการทดสอบหาความจำเพาะเจาะจงในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ พบว่า วิธีนี้มีความจำเพาะเจาะจงกับสาร IAA, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub>, Zeatin และ Kinetin คิดเป็น 100% นั่นคือมีโอกาสได้ผลบวกเท็จที่ 0% และมีความจำเพาะเจาะจงกับสาร IBA, 6-BAP และ CPPU คิดเป็น 96% นั่นคือมีโอกาสได้ผลบวกเท็จที่ 4% คิดเป็นความจำเพาะเจาะจงเฉลี่ยเท่ากับ 98.7 % และจากการทดสอบหาความจำเพาะเจาะจงในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิดในผลิตภัณฑ์สารสกัดจากพืช พบว่า วิธีนี้มีความจำเพาะเจาะจงกับสาร IAA, IBA, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub>, Zeatin และ Kinetin คิดเป็น 100% นั่นคือมีโอกาสได้ผลบวกเท็จที่ 0% และมีความจำเพาะเจาะจงกับสาร 6-BAP และ CPPU คิดเป็น 96% นั่นคือมีโอกาสได้ผลบวกเท็จที่ 4% คิดเป็นความจำเพาะเจาะจงเฉลี่ยเท่ากับ 99.1% ดังแสดงในตารางที่ 24

**ตารางที่ 24** การทดสอบหาความจำเพาะเจาะจงในการตรวจวัดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9 ชนิด  
ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ และ สารสกัดจากพืช

PGRs	Specificity rate (%)	
	Biochemical samples	plant extracted samples
IAA	100	100
IBA	96	100
GA <sub>3</sub>	100	100
GA <sub>4</sub>	100	100
GA <sub>7</sub>	100	100
Zeatin	100	100
Kinetin	100	100
6-BAP	96	96
CPPU	96	96
Mean	98.7	99.1

26) ขีดจำกัดของการตรวจพบ (Detection limit)

จากการหาขีดจำกัดของการตรวจพบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ พบว่าวิธีนี้สามารถคัดกรองสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน ทั้งหมด 9 ชนิดสาร โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ของสาร IAA และ IBA เท่ากับ 1.4 และ 1.8 ng/mL ตามลำดับ สาร GA<sub>3</sub> GA<sub>4</sub> และ GA<sub>7</sub> เท่ากับ 1.1, 3.5 และ 3.7 ng/mL ตามลำดับ และสาร Zeatin, Kinetin, 6-BAP และ CPPU เท่ากับ 1.0, 0.9, 1.1 และ 2.9 ng/mL ตามลำดับ และจากการหาขีดจำกัดของการตรวจพบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในตัวอย่างสารสกัดจากพืช พบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ของสาร IAA และ IBA เท่ากับ 1.7 และ 2.2 ng/mL ตามลำดับ สาร GA<sub>3</sub> GA<sub>4</sub> และ GA<sub>7</sub> เท่ากับ 0.9, 3.7 และ 3.9 ng/mL ตามลำดับ และสาร Zeatin, Kinetin, 6-BAP และ CPPU เท่ากับ 1.2, 1.2, 0.9 และ 2.7 ng/mL ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 25

**ตารางที่ 25** ขีดจำกัดของการตรวจพบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ และ สารสกัดจากพืช

PGRs	Detection limit (ng/mL)	
	Biochemical samples	plant extracted samples
IAA	1.4	1.7
IBA	1.8	2.2
GA <sub>3</sub>	1.1	0.9
GA <sub>4</sub>	3.5	3.7
GA <sub>7</sub>	3.7	3.9
Zeatin	1.0	1.2
Kinetin	0.9	1.2
6-BAP	1.1	0.9
CPPU	2.9	2.7

### 3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)*	เชิงคุณภาพ
1. กำลังคน หรือหน่วยงาน ที่ได้รับการพัฒนาทักษะ 1.1 นิสิต/นักศึกษา ระดับปริญญาตรี - อบรมถ่ายทอด กระบวนการวิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพของสาร ปรับปรุงดิน ประเภทปูนด้วย เทคนิคเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์	20	คน	- อบรมถ่ายทอดกระบวนการ วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสาร ปรับปรุงดินประเภทปูน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) แก่นิสิต/นักศึกษา ปริญญาตรี หลักสูตรเคมี การเกษตร ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	30	คน	ตามภาคผนวก 2.1	ทำให้มีวิธีมาตรฐาน ในการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณของสาร ปรับปรุงดินด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) และสามารถ ถ่ายทอดวิธีการตรวจคัดกรองได้
1. กำลังคน หรือหน่วยงาน ที่ได้รับการพัฒนาทักษะ 1.16 บุคลากรภาครัฐ - อบรมถ่ายทอด กระบวนการวิธีการ ตรวจสอบสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนินใน ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)	9	คน	- อบรมถ่ายทอด กระบวนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอร์โมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS) แก่บุคลากร ภาครัฐ	15	คน	ตามภาคผนวก 2.2	ได้วิธีมาตรฐานในการ ตรวจสอบสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนินใน ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรด้วยเทคนิค ลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)
2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) 2.3 บทความ ภายในประเทศ - วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพเพื่อคัดแยกปูนประเภทต่างๆ	1	เรื่อง	- นำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ณ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ วันที่ 7 - 9 ธันวาคม 2565 เรื่อง “การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรองปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)”	1	เรื่อง	ตามภาคผนวก 2.3	ได้วิธีมาตรฐานในการ ตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพเพื่อคัดแยกปูนประเภทต่างๆ ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์



<p>2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) 2.3 บทความภายในประเทศ - วิธีการตรวจสอบสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนินในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)</p>	1	เรื่อง	<p>- นำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 ในการจัดสัมมนาและประชุมวิชาการงาน เกษตรกำแพงแสน ประจำปี 2565 ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2565 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เรื่อง “การศึกษาวิธีคัดกรองสำหรับสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนินในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรโดยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)”</p>	1	เรื่อง	ตามภาคผนวก 2.4	<p>ทำให้ได้วิธีมาตรฐานในการคัดกรองสำหรับสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนินในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรโดยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)”</p>
<p>4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์/หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือนวัตกรรมทางสังคม 4.4 หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ ระดับห้องปฏิบัติการ 1) ค่าต่ำที่สุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ และสามารถรายงานผลได้ของแคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี 2) ความเสถียรของปริมาณธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถันในตัวอย่างปุ๋ยในระยะเวลา 1 ปี</p>	2	กระบวนการใหม่	<p>1) ค่าต่ำที่สุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ และสามารถรายงานผลได้ของแคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี มีขีดจำกัดในการตรวจพบ (LOD) ที่ความเข้มข้น 0.10%Ca, 0.03%Mg, 0.03%S และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ที่ความเข้มข้น 0.65%Ca, 0.65%Mg, 0.65%S</p>	2	กระบวนการใหม่	ตามภาคผนวก 2.5	<p>ได้วิธีมาตรฐานในการตรวจสอบแคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี</p>

			<p>2) การศึกษาความเสถียรของของปริมาณธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี ภายใต้สภาวะควบคุมในระยะสั้น (The short-term stability) ที่อบในตู้อบอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 40, 55, 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ พบว่าตัวอย่างมีความเสถียร ส่วนภายใต้สภาวะควบคุมในระยะยาว (The long-term stability) ที่ระยะเวลา 6, 12 เดือน พบว่าตัวอย่างยังคงมีความเสถียร</p>				
<p>4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือเทคโนโลยี/กระบวนการ ใหม่หรือนวัตกรรมทาง สังคม</p> <p>4.4 เทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ ระดับห้องปฏิบัติการ</p> <p>1) วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี 3 วิธี ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด (imidacloprid) (สวพ.1)</li> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ฟิโพรนิล (fipronil) (สวพ.4)</li> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์คาร์เบนดาซิม (carbendazim) (สวพ.6)</li> </ul> <p>2) วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด</p>	3	กระบวนการใหม่	<p>1) ได้วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี 3 วิธี ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด (imidacloprid) (สวพ.1)</li> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ฟิโพรนิล (fipronil) (สวพ.4)</li> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์คาร์เบนดาซิม (carbendazim) (สวพ.6)</li> </ul> <p>2) ได้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด</p>	3	กระบวนการใหม่	ตามภาคผนวก 2.6	<p>1) ได้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี 3 วิธี ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด(imidacloprid) (สวพ.1)</li> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ฟิโพรนิล (fipronil) (สวพ.4)</li> <li>- วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์คาร์เบนดาซิม(carbendazim) (สวพ.6)</li> </ul> <p>2) ได้วิธีมาตรฐานที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด</p>

3) วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสาร abamectin, acetamiprid, fenobucarb, carbosulfan, fipronil			3) ได้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสาร abamectin, acetamiprid, fenobucarb, carbosulfan, fipronil				3) ได้วิธีมาตรฐานที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสาร abamectin, acetamiprid, fenobucarb, carbosulfan, fipronil
4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือ เทคโนโลยี/กระบวนการ ใหม่ หรือนวัตกรรมทาง สังคม 4.4 เทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ ระดับห้องปฏิบัติการ - ฐานข้อมูลวิธีการตรวจสอบสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไฮโดโคนินในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS)	1	กระบวนการใหม่	ได้ฐานข้อมูลสำหรับการตรวจสอบสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไฮโดโคนินในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS)	1	กระบวนการใหม่	ตามภาคผนวก 2.7	ได้วิธีมาตรฐานในการตรวจคัดกรองสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ด้วยเทคนิค LC ms/ms

\* ใส่ผลผลิตที่ได้ตามคำรับรอง

\*\* หลักฐานเชิงประจักษ์ของผลผลิตให้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก และแนบไฟล์ เรียงตามลำดับผลผลิต

### 3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
<p>การนำวิธีมาใช้เป็นวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. วิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี และทดสอบความเสถียรของธาตุอาหาร แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี</li> <li>2. วิธีการตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณของ ปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม</li> <li>3. วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด ฟิโพรนิล และคาร์เบนดาซิมแบบสารเดี่ยว</li> <li>4. วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด</li> <li>5. วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสาร สารอะบาเมกติน อะซิพริด ฟิโนบูคาร์บ คาร์โบซัลแฟน และฟิโพรนิล</li> <li>6. วิธีวิเคราะห์คัดกรอง (Screening method) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช กลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไฮโดโคนิน ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สารสกัดจากพืช ที่ไม่ระบุชนิด (unknown sample) ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS)</li> </ol>	2565

\*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

### 3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
ด้านสังคม : หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร (กลุ่มสารวัตรเกษตร ด้านตรวจพืช สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8 ) นำข้อมูลผลการทดสอบไปใช้ในการดำเนินการควบคุมการจำหน่ายปุ๋ย และผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางเกษตร 2535 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 รวมทั้งการควบคุมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ตามประกาศคณะกรรมการว่าด้วยฉลาก ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 181 ง	2565
ด้านสังคม : วิธีการวิเคราะห์ทดสอบสามารถถ่ายทอดแก่ห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัย หน่วยงานส่วนภูมิภาค และห้องปฏิบัติการบริษัทเอกชนได้	2565

\* ผลกระทบ : ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามผลลัพธ์ (Results of the change) ซึ่งวัดได้อย่างชัดเจนและมีหลักฐานปรากฏชัด (Evidence-based) ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งที่วัดในเชิงปริมาณได้และไม่ได้ ผลกระทบอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

### 3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

#### วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

**ด้านนโยบาย** หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร (กลุ่มสารวัตรเกษตร ด้านตรวจพืช สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8 ) นำข้อมูลไปใช้ในการดำเนินการควบคุมการจำหน่ายปุ๋ย และผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางเกษตร 2535 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 รวมทั้งการควบคุมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ตามประกาศคณะกรรมการว่าด้วยฉลาก ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 181 ง

**ด้านสังคม** เกษตรกรและผู้บริโภค ได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามฉลาก และคุณสมบัติ ภายใต้ควบคุมการจำหน่ายปุ๋ย และผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางเกษตร 2535 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 รวมทั้งการควบคุมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ตามประกาศคณะกรรมการว่าด้วยฉลาก ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 181 ง ซึ่งหากมีการใช้ผลิตภัณฑ์ปลอม และมีสารตกค้าง หรือผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐานอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และสุขภาพได้

**ด้านเศรษฐกิจ** บริษัทเอกชน ผู้ประกอบการ นำวิธีการตรวจสอบ ไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ต้องการขึ้นทะเบียนผลิตและจำหน่าย มีผลต่อมูลค่าการจำหน่ายปุ๋ย สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และเกษตรกรและผู้บริโภค ได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามฉลาก และคุณสมบัติ สามารถลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้

**ด้านวิชาการ** หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัย หน่วยงานราชการ และห้องปฏิบัติการภาคเอกชน ได้รับความรู้ จากการเผยแพร่ความรู้จากผลงานวิจัย โดยการจัดการฝึกอบรมและการนำเสนอบทความวิจัย ได้แก่

1) การจัดการฝึกอบรมหลักสูตรเรื่อง การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอโรโมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัด ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS) วันที่ 1 ธันวาคม 2565 ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

2) การจัดการฝึกอบรมหลักสูตรเรื่อง การตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ย ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) วันที่ 2 ธันวาคม 2565 ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

3) บทความวิจัยผลงานทางวิชาการ เรื่อง การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอโรโมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัด ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS) ในการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 19 และประกวดนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ประจำปี 2565 ระหว่างวันที่ 7-8 ธันวาคม 2565

4) บทความวิจัยผลงานทางวิชาการ เรื่อง การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรองปุ๋ยมาร์ล ปุ๋นโดโลไมท์ ปุ๋นขาว และยิปซัม ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) การนำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ณ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 7 - 9 ธันวาคม 2565

#### บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

วิธีการวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์การทดสอบความใช้ได้ตามข้อกำหนด ISO/IEC 17025 : 2017 ทำให้ได้วิธีมาตรฐานสำหรับห้องปฏิบัติการ ในการวิเคราะห์แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในรูปที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี และทดสอบความเสถียรของธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในปุ๋ยเคมี การตรวจคัดกรองสารปรับปรุงดิน และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณของปุ๋ยมาร์ล ปุ๋นโดโลไมท์ ปุ๋นขาว และยิปซัม การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด ฟิโพรนิล และคาร์เบนดาซิมแบบสารเดี่ยว การวิเคราะห์แบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด การวิเคราะห์แบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสารอะบาเมกติน อะซิโธนิลพริด ฟิโนบูคาร์บ คาร์โบซัลแฟน และฟิโพรนิล และการวิเคราะห์คัดกรอง (Screening method) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช กลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน ในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ สารสกัดจากพืช ที่ไม่ระบุชนิด (unknown sample) ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS) สร้างความน่าเชื่อถือในผลวิเคราะห์เพิ่มมากขึ้น สามารถใช้ในการดำเนินการทางกฎหมาย และถ่ายทอดวิธีการวิเคราะห์แก่ห้องปฏิบัติการอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการส่งตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพไปใช้ในการดำเนินการควบคุมการจำหน่ายปุ๋ย และผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางเกษตร 2535 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 รวมทั้งการควบคุมผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ตามประกาศคณะกรรมการว่าด้วยฉลาก ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 139 ตอนพิเศษ 181 ง

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

-

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

-

## เอกสารอ้างอิง

ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 138 ตอนพิเศษที่ 243 ง. หน้า 9-14.

AOAC. 2016. Official Method of Analysis of AOAC International 20<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemises. Gaithersburg. Marry land, USA..

Döbelin, N. 2020. Validation of XRD phase quantification using semi-synthetic data. Powder Diffraction 1 : 1-14.

Eurachem. 2014. The Fitness for Purpose of Analytical Methods A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. 2<sup>nd</sup> 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>.

Gaudin, V., A. Rault, C. Hedou, C. Soumet and E. Verdon. 2017. Strategies for the screening of antibiotic residues in eggs: comparison of the validation of the classical microbiological method with an immunobiosensormethod. Food Addit & Contam. 34 (9) : 1510 - 1527.

International Center for Diffraction Data (ICDD). 2019. Powder Diffraction file (PDF-4 / Minerals). International Center for Diffraction Data, Pennsylvania, USA.

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.

NATA. 2018. General accreditation guidance-validation and verification of quantitative and qualitative test methods. January, Australia.

SANTE/11312. 2021. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed.

The International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH). 2005. Validation of analytical procedures Q2(R1). Harmonized guideline validation of analytical procedures text and methodology.

Zhao, P., X. Liu, A. G. De la Torre, L. Lu and K. Sobolev. 2017. Assessment of quantitative accuracy of Rietveld/XRD analysis of the crystalline and amorphous phases in fly ash. Anal. Method. 9 : 2415 - 2424.

ภาคผนวก

กรมวิชาการเกษตร

## ภาคผนวก 1

### สิ่งที่แสดงประกอบเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาผลงานวิจัย

ผลผลิตที่เกิดขึ้นในแต่ละโครงการย่อยภายใต้โครงการวิจัย


ชื่อโครงการย่อยภายใต้โครงการวิจัย	ผลผลิตที่เกิดขึ้น
โครงการวิจัยย่อยที่ 281 พัฒนาระบบการรับรองมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยตามมาตรฐานสากล	ตามภาคผนวก 2.5
โครงการวิจัยย่อยที่ 282 พัฒนา และจัดทำเกณฑ์มาตรฐานการตรวจรับรองสารปรับปรุงดิน (ปุ๋ยมาร์ล ปุ๋นโดโลไมท์ ปุ๋นขาว และยิปซัม)	ตามภาคผนวก 2.1 และ 2.3
โครงการวิจัยย่อยที่ 283 วิจัยพัฒนาเทคนิคการทดสอบแบบสารรวมและสารเดี่ยวในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่จำหน่ายในท้องตลาด	ตามภาคผนวก 2.6
โครงการวิจัยย่อยที่ 284 วิจัยและพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์ วัตถุอันตรายทางการเกษตร	ตามภาคผนวก 2.2, 2.4 และ 2.7



## ภาคผนวก 2

### หลักฐานเชิงประจักษ์ของผลผลิตที่ได้ จากข้อ 3.2

ภาคผนวก 2.1 ผลผลิต 1. กำลังคน หรือหน่วยงานที่ได้รับการพัฒนาทักษะ 1.1 นิสิต/นักศึกษาระดับปริญญาตรี การอบรมถ่ายทอดกระบวนการวิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภท ปูน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) แก่นิสิต/นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเคมีการเกษตร ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 30 คน

  
**บันทึกข้อความ**

ส่วนราชการ... กองวิจัยพัฒนาวิจัยการผลิตทางการเกษตร... กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี โทร. ๐๒-๕๗๙๙-๘๖๐๐.....  
ที่ กษ.๐๙๑๖/ ๖๕๕๙ วันที่ ๑๗ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุมัติหลักการจัดฝึกอบรมและค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม.....

เรียน รรท. (นายภัคชญาณ หมั่นแจ้ง)


**เรื่องเดิม**  
ตามที่โครงการวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐานและยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย ได้รับอนุมัติจัดสรรงบประมาณสนับสนุนจากมูลนิธิ (Fundamental Fund) จากกองทุนวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว) ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ นั้น

**ข้อเท็จจริง**  
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัยฯ ได้ดำเนินงานวิจัยตามหลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติตามแผนปฏิบัติการด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรมวิชาการเกษตร (ว-๓ก) และเพื่อให้งานวิจัยบรรลุเป้าหมายตามคำรับรองการปฏิบัติตามเงื่อนไขของอนุมติงบประมาณด้าน ววน. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๕ จึงขออนุมัติจัดฝึกอบรม จำนวน ๒ หลักสูตร ระหว่างวันที่ ๓ - ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕ ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จำนวนเงิน ๓๔,๖๐๐ บาท (หนึ่งหมื่นสี่พันหกสิบบาทถ้วน) โดยเบิกจ่ายจากงบประมาณ สทว. ปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โครงการวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย

**ข้อเสนอเพื่อพิจารณา**

- อนุมัติหลักการจัดฝึกอบรม จำนวน ๒ หลักสูตร
  - หลักสูตร "การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอโรโมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัด ด้วยเทคนิคสเปกโตรเมทรีการไหลของไอออน (LC-MS/MS)" จำนวน ๑ วัน ในวันที่ ๑ ธันวาคม ๒๕๖๕
  - หลักสูตร "วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปูนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)" จำนวน ๑ วัน ในวันที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕
- ผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน ๔๐ คน
- ค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดฝึกอบรม จำนวน ๒ หลักสูตร เป็นเงิน ๓๔,๖๐๐ บาท (หนึ่งหมื่นสี่พันหกสิบบาทถ้วน) โดยเบิกจ่ายจากงบประมาณ สทว. ปี ๒๕๖๕ โครงการวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย ทั้งนี้ขอได้ทุกรายการตามรายละเอียดโครงการฝึกอบรมที่แนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

  
(นางจิราพรพรณ ทองหยอด)  
ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ส่งเรื่องผ่านระบบ E-doc กป.ค.  
ถ้อย ○ สืบ ○ ลี ล้ำ วันที่ ๑๕.๑๕.๒๕๖๕



# บันทึกข้อความ


ส่วนราชการ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ที่ กษ ๐๓๑๖/๒๕๕๗ วันที่ ๗ พฤศจิกายน ๒๕๕๕

เรื่อง ขออนุมัติหลักการจัดฝึกอบรมและค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม

กลุ่มสารบรรณ
สำนักสารบรรณการกรม
เลขที่ ๓๓๐๖
วันที่ ๑๑ พฤศจิกายน
เวลา ๕.๓๐ น.

๑๙ ส. ป. น. ๕

อนุมัติ  
  
 ๑๑ พ.ย. ๕๕

(นายวิฑูรย์คุณ ทนเข้มแข็ง)  
 รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน  
 อธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ห้องเลขที่ ๖๖๖๖๖๖
เลขที่ ๓๓๓๓๓๓
วันที่ ๑๑ พฤศจิกายน
เวลา

แจ้ง กอ-กษ. ๑๐-๖๖  
 ๑๐-๖๖  
 ๑๑ พ.ย. ๕๕

(นางกัญญา บัวโพธิ์)  
 ผู้อำนวยการกลุ่มสารบรรณ  
 ปฏิบัติราชการแทนเลขาธิการกรม

การติดต่อทางอิเล็กทรอนิกส์ทางการเกษตร
ใน Electronic No. ๑๓๑๑๑
วันที่ ๑๑ พฤศจิกายน
เวลา ๑๓.๑๕

ส. น. ก. ก. ก.

กลุ่มวิจัยและพัฒนา
เลขที่ ๑๑๑๑
วันที่ ๑๑ พฤศจิกายน
เวลา

(นางจิราพรพร ทองยอด)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

เรียน  อธิการ,  รองอธิบดี  ผู้อำนวยการ  อธิบดี  อธิบดีกรม  อธิบดีกรม  อธิบดีกรม

  
 (นางสาววรรณรัตน์ ชูพิบูลย์)  
 นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ  
 ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเกษตรเคมี

กรมวิชาการเกษตร

รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมหลักสูตร "วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปูนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)"  
วันที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕ ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นิสิตระดับปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล	สาขา	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
๑	นางสาว กัทธกัญ โห้สิทธิ์	เคมีการเกษตร ปี 3	กัทธกัญ	
๒	นางสาว ภิรดาพัชร นิกังกุลพิพัฒน์	เคมีการเกษตร ปี 3	ภิรดาพัชร	
๓	นางสาว วีรยา เล็กวงษ์	เคมีการเกษตร ปี 3	วีรยา	
๔	นาย จตุพล จันทน์อินทร์	เคมีการเกษตร ปี 3	จตุพล	
๕	นางสาว กันต์ฤทัย พฤทธิสาริก	เคมีการเกษตร ปี 3	กันต์ฤทัย	
๖	นางสาว ชฎามินทร์ อินุโส	เคมีการเกษตร ปี 3	ชฎามินทร์	
๗	นาย มานะ แซ่ม้า	เคมีการเกษตร ปี 3	มานะ	
๘	นางสาว ศีรวิมล เลื่อนนาวา	เคมีการเกษตร ปี 3	ศิรวิมล	
๙	นางสาว สุพรรณิการ์ เกตุเขียว	เคมีการเกษตร ปี 3	สุพรรณิการ์	
๑๐	นางสาว กมลวรรณ ยีกำพัน	เคมีการเกษตร ปี 3	กมลวรรณ	
๑๑	นางสาว ทวีมา อ่ำผ่อง	เคมีการเกษตร ปี 3	ทวีมา	
๑๒	นางสาว ณัฐธินันท์ ขวัญเมือง	เคมีการเกษตร ปี 3	ณัฐธินันท์	

รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมหลักสูตร "วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปูนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)"  
วันที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕ ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นิสิตระดับปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล	สาขา	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
๑๓	นางสาว นฤกร สันทอง	เคมีการเกษตร ปี 3	นฤกร สันทอง	
๑๔	นาย วสันต์ พรหมามินทร์	เคมีการเกษตร ปี 3	วสันต์ พรหมามินทร์	
๑๕	นางสาว สโรชา สุวรรณอนุกุล	เคมีการเกษตร ปี 3	สโรชา สุวรรณอนุกุล	
๑๖	นางสาว กัญญา นาคสุติก	เคมีการเกษตร ปี 3	กัญญา นาคสุติก	
๑๗	นางสาว อรนิชา มุ่งแสง	เคมีการเกษตร ปี 3	อรนิชา มุ่งแสง	
๑๘	นาย อมรเทพ คงนุ่มไพร	เคมีการเกษตร ปี 3	อมรเทพ คงนุ่มไพร	
๑๙	นางสาว ปวีรีศา สมสุขหวัง	เคมีการเกษตร ปี 3	ปวีรีศา สมสุขหวัง	
๒๐	นางสาว ศิริวรรณ ขวัญเมือง	เคมีการเกษตร ปี 3	ศิริวรรณ ขวัญเมือง	
๒๑	นางสาว ณัฐธิดา ไชระพงศ์	เคมีการเกษตร ปี 3	ณัฐธิดา ไชระพงศ์	
๒๒	นางสาว เกศกนก สัจจะบุญทวี	เคมีการเกษตร ปี 3	เกศกนก สัจจะบุญทวี	
๒๓	นางสาว นมาลัย เพ็งชาติไทย	เคมีการเกษตร ปี 3	นมาลัย เพ็งชาติไทย	
๒๔	นาย ธวัชชัย สาธุแสน	เคมีการเกษตร ปี 3	ธวัชชัย สาธุแสน	


รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมหลักสูตร "วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)"  
วันที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕ ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

มีสัปดาห์ปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำดับที่	ชื่อ-นามสกุล	สาขา	ตามมือชื่อ	หมายเหตุ
๒๕	นางสาว เบญจวรรณ ตั้งมั่น	เคมีการเกษตร ปี 3	เบญจวรรณ ตั้งมั่น	
๒๖	นางสาว ชนินญา กิตติชินพาณิชย์	เคมีการเกษตร ปี 3	ชนินญา กิตติชินพาณิชย์	ไม่มีใบลงทะเบียนลงทะเบียน
๒๗	นางสาว ปณิตดา คุณศรี	เคมีการเกษตร ปี 3	ปณิตดา คุณศรี	ไม่มีใบลงทะเบียนลงทะเบียน
๒๘	นางสาว สุชาติพร ขอบวิญญู	เคมีการเกษตร ปี 3	สุชาติพร ขอบวิญญู	ไม่มีใบลงทะเบียนลงทะเบียน
๒๙	นาย อภิรักษ์ นุ่มเกตุ	เคมีการเกษตร ปี 3	อภิรักษ์ นุ่มเกตุ	ไม่มีใบลงทะเบียนลงทะเบียน
๓๐	นางสาว นลินดา จันทร์ทอง	เคมีการเกษตร ปี 3	นลินดา จันทร์ทอง	ไม่มีใบลงทะเบียนลงทะเบียน

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก 2.2 ผลผลิต 1. กำลังคน หรือหน่วยงานที่ได้รับการพัฒนาทักษะ 1.16 บุคลากรภาครัฐ  
การอบรมถ่ายทอดกระบวนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอริโมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัด  
ด้วยเทคนิคลิวติโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS) แก่บุคลากรภาครัฐ จำนวน 15 คน


<b>บันทึกข้อความ</b>
ส่วนราชการ... กองวิจัยพัฒนาวิจัยการผลิตทางการเกษตร กลุ่มวิจัยในเกษตรเคมี โทร. ๐๒-๕๒๙-๕๖๐๐..... ที่ กษ.๐๙๒๖/ ๖๖๕๙ ..... วันที่ ๑๗ พฤศจิกายน ๒๕๖๕.....
เรื่อง ขออนุมัติหลักการจัดฝึกอบรมและค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม.....
เรียน รรท. (นายภัสชญภณ หมื่นแจ้ง)
<b>เรื่องเดิม</b> ตามที่โครงการวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย ได้รับอนุมัติจัดสรรงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) จากกองทุนวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริม วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.) ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๕ นั้น
<b>ข้อเท็จจริง</b> กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัยฯ ได้ดำเนินงานวิจัย ตามหลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติตามแผนปฏิบัติการด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรมวิชาการเกษตร (ว-๑ก) และเพื่อให้งานวิจัยบรรลุเป้าหมายตามคำรับรองการปฏิบัติตามเงื่อนไขของกรอบอนุมัติงบประมาณ ด้าน ววน. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๕ จึงขออนุมัติจัดฝึกอบรม จำนวน ๒ หลักสูตร ระหว่างวันที่ ๓ - ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕ ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จำนวนเงิน ๓๔,๖๐๐ บาท (หนึ่งหมื่นสี่พันหกร้อยบาทถ้วน) โดยเบิกจ่ายจากงบประมาณ สทว. ปีงบประมาณ ๒๕๖๕ โครงการวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับ คุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย
<b>ข้อเสนอเพื่อพิจารณา</b> ๑. อนุมัติหลักการจัดฝึกอบรม จำนวน ๒ หลักสูตร ๑.๑. หลักสูตร "การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอริโมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และ สารสกัด ด้วยเทคนิคลิวติโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)" จำนวน ๑ วัน ในวันที่ ๑ ธันวาคม ๒๕๖๕ ๑.๒. หลักสูตร "วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภท ปุ๋ยด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)" จำนวน ๑ วัน ในวันที่ ๒ ธันวาคม ๒๕๖๕ ๒. ผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน ๔๐ คน ๓. ค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดฝึกอบรม จำนวน ๒ หลักสูตร เป็นเงิน ๓๔,๖๐๐ บาท (หนึ่งหมื่นสี่พัน หกร้อยบาทถ้วน) โดยเบิกจ่ายจากงบประมาณ สทว. ปี ๒๕๖๕ โครงการวิจัยพัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพ ปัจจัยการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย ทั้งนี้ขอได้ ทุกรายการตามรายละเอียดโครงการฝึกอบรมที่แนบ
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ
 (นางจิราพรพรณ ทองหยอด) ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ส่งเรื่องด้วยระบบ E-doc กปท. กต่อง <input type="radio"/> สืบ <input checked="" type="radio"/> ปิด วันที่ ๑๗.๑๑.๒๕๖๕



# บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ที่ กษ ๐๓๐๖/๒๕๕๗ วันที่ ๗ พฤศจิกายน ๒๕๕๗

เรื่อง ขออนุมัติหลักการจัดฝึกอบรมและค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม

กลุ่มการอบรม
สำนักงานและราชการกรม
เลขที่ ๒๓๐๖
วันที่ ๑๑-๑๒-๑๓ พ.ย. ๕๗
เวลา ๘.๐๐-๑๖.๐๐ น.

๑๗ ส. ๒๓๐๖

อนุมัติ  
  
 ๑๑ พ.ย. ๕๗

(นายวิฑูรย์คุณ ทนเข้มแข็ง)  
 รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน  
 อธิบดีกรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมอื่นที่เกี่ยวข้อง
เลขที่ ๒๓๐๖
วันที่ ๑๑-๑๓ พ.ย. ๕๗
เวลา

เรื่อง กอ-กษ๗.  
 ๒๐-๒๕  
 ๑๑ พ.ย. ๕๗

(นางเกตุษา บัวโพธิ์)  
 ผู้อำนวยการกลุ่มสารบรรณ  
 ปฏิบัติราชการแทนเลขาธิการกรม

การติดต่อทางอิเล็กทรอนิกส์ทางการเกษตร
ใน Electronic No. ๒๓๐๖
วันที่ ๑๑-๑๓ พ.ย. ๕๗
เวลา ๐๙.๐๐-๑๖.๐๐ น.

ส.ก.ค.

กลุ่มวิจัยและพัฒนาคณ.
เลขที่ ๒๓๐๖
วันที่ ๑๑-๑๓ พ.ย. ๕๗
เวลา

(นางจิราพรพร ทองยอด)


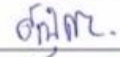

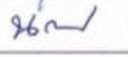
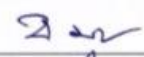
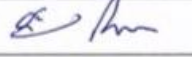

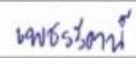
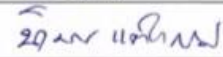



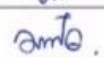
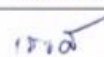

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

เรียน  อธิการ,  รองอธิบดี  ผู้อำนวยการ  อธิบดี  อธิบดีกรม  อธิบดีกรม  อธิบดีกรม

(นางสาววรรณรัตน์ ชุติบุตร)  
 นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ  
 ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเกษตรเคมี


กรมวิชาการเกษตร

รายชื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรม  
หลักสูตร การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของรีโมนพีซีในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัด  
ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมตรี (LC-MS/MS)  
วันที่ ๑ ธันวาคม ๒๕๖๕  
ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ลำดับที่	รายชื่อผู้เข้าฝึกอบรม	ตำแหน่ง	ลายมือชื่อ
๑.	นางสาธิตา โปธิน้อย	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	
๒.	นางสาวสุพิศสา ทองเขียว	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	
๓.	นางสาวศุภากร ดวนใหญ่	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	
๔.	นางสาวนันทกานต์ ชุนโหร	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	
๕.	นางสงกรานต์ มะลิสอน	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	
๖.	นางสาวสุภา โปธิจันทร์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	
๗.	นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	
๘.	นางสาวเพชรรัตน์ ศิริวิ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	
๙.	นางทิตากร แต่เกษม	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	
๑๐.	นางสาวเจนจิรา เทเวศร์วรกุล	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	
๑๑.	นางสาวดวงพร อีระพิทยาพงศ์	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	
๑๒.	นางสาวกัญธรรณา คล้ายแก้ว	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	
๑๓.	นายมนต์ชัย อินทร์ท่าอิฐ	นักวิทยาศาสตร์	
๑๔.	นางสาวเรวดี ศิริยาน	นักวิทยาศาสตร์	
๑๕.	นายณัฐพงศ์ พรหมะวัน	นักวิทยาศาสตร์	

ภาคผนวก 2.3

ผลผลิต 2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) 2.3 บทความภายในประเทศ  
การนำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ณ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ วันที่ 7 - 9 ธันวาคม 2565 เรื่อง “การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรองปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)”



87 ๘๓๗๓(๒) ๗/ ๖.๒๖๐๐๘

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
๒๓๙ อ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ๕๐๒๐๐

๒๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๕


เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาการนำเสนอผลงานวิชาการ  
เรียน คุณจิตศิริรัตน์ ชูชาติ

ตามที่ ท่านได้ส่งบทความวิชาการ เรื่อง การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรองปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) เพื่อนำเสนอผลงานในรูปแบบ การบรรยาย ในการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ ๗ ภายใต้หัวข้อ “ดิน จุดเริ่มต้นของความมั่นคงทางอาหารอย่างยั่งยืน” กำหนดจัดระหว่างวันที่ ๗-๙ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๕ ณ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภายในศูนย์วิจัย สาธิต และฝึกอบรมการเกษตรแม่เหาะ ความทราบแล้วนั้น

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ มีความยินดีแจ้งให้ท่านทราบว่า บทความวิชาการของท่านได้รับการพิจารณาให้นำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการฯ ในครั้งนี้ได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยพงษ์ แสงขโยสวัสดิ์)  
ประธานกรรมการฝ่ายวิชาการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ  
การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ ๗  
ภาควิชา เคมีดิน ปุ๋ย และปฐพีศาสตร์  
โทรศัพท์ (๐๕๓) ๕๙๔-๔๐๔๖ ต่อ ๓๓๐, ๐๕๓-๕๕๖๖-๐๕๓๔  
E-mail: 7nsf2022@gmail.com





2022

หนังสือบทคัดย่อ  
การประชุมวิชาการ  
ดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 7

THE 7<sup>th</sup> NATIONAL SOIL AND FERTILIZER CONFERENCE



7 – 9 ธันวาคม 2565

ณ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ ศูนย์วิจัย สาธิต และฝึกอบรมการเกษตรแม่โจ้  
ถนนเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



**สารบัญ**  
**บทคัดย่อผลงานภาคบรรยาย**

ลำดับที่	หน้า
<b>บทคัดย่อผลงานภาคบรรยาย session 1 ห้อง Rice grain auditorium</b>	
1	1
การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรอง ปูนมาร์ล ปูนโคโลไมท์ ปูนขาว และอิปซิม ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) โดย: นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ กรมวิชาการเกษตร	
2	3
การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์และการทำนายปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน โดย: นางสาวจวรรณก ปรีสงค์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
3	5
การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกอ้อยที่เป็นดินเหนียว โดย: นางสาวกรรณา พุ่มทรง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	
4	7
การประเมินค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เป้าหมายของการวิเคราะห์ดินจากโปรแกรมทดสอบความชำนาญ โดย: นางสาวจวีร์รัตน์ กุศลวีระวงศ์ กรมวิชาการเกษตร	
5	9
ผลของธาตุแก๊อซีเมนต์เคลือบด้วยโคโคโอโตโกแซคคาไรด์ต่อการเติบโต ผลผลิต และสมบัติดินบางประการของข้าวโพดมีกก่อนที่ปลูกในชุดดินกำพวงแสน โดย: นายณัฐวุฒิ คงตะโก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	
6	11
ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับกรดฮิวมิกต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดและสมบัติเคมีของดินบางประการในดินนาเมื่อละเอียดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย โดย: นางสาวชฎาพิพย์ โพธิ์ระกัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น	
7	13
ผลของการใช้ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย (CRF) ต่อ การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 โดย: นางสาวเครือวัลย์ จันทร์เพ็ญ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
8	15
ผลของการลดปริมาณโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสต่อการสะสมธาตุอาหาร การเจริญเติบโต และผลผลิตผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ โดย: นางสาวรุจิรา ตะคี มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
9	17
การศึกษาฟางข้าว แกลบร่วมกับปุ๋ยหมักเปลือกถั่วสำหรับผลิตปุ๋ยคอกเพื่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในพื้นที่ดินเค็ม จังหวัดบุรีรัมย์ โดย: นายอรรถพล เป็ื่องไธสง มหาวิทยาลัยขอนแก่น	

การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรองปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม  
ในผลิตภัณฑ์การปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (XRD)

Development and Validation of Screening Method for Detection of Marl, Dolomite,  
Hydrated Lime and Gypsum in Soil Conditioners by using X-ray Diffraction (XRD)

จิตติรัตน์ ชูชาติ\* จิรัตน์ กุศลวิไลวงษ์ สุภา โฉมจันทร์ สุภามลิษา จิตต์ธรรมา  
สงกรานต์ มลิสม พงษ์าม ศัญญา คล้ายแก้ว และ กอวิทย์ ธิยดี  
Jittirat Choochat\*, Charat Kusonwityawong, Supha Photichan, Yarnthicha Jittua-ard,  
Songkant Malisom, Pojarnam Poomam, Kanthana Klatsaew and Komsah Bhrlee

การวิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจสอบดินและการปรับปรุงดิน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10000  
Agricultural Production Sciences Research and Development Division, Department of Agriculture, Chotuchak, Bangkok 10000


\*Corresponding author. Email: c.jittirat@gmail.com

**Abstract:** The objective of this study was to develop and validate a rapid, non-destructive technique for the determination of marl, dolomite, hydrated lime, and gypsum in soil conditioners. For this purpose, X-ray diffraction (XRD) conditions were varied, and the method for concurrent detection of these substances was optimized. Scanning parameters like step size and time per step were experimented on measurement scan range  $5 - 100^\circ 2\theta$  with Cu K $\alpha$  energy ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ) at  $25^\circ \text{C}$ . The identification of these phases were performed using the Rietveld refinement method, simultaneously detecting them based on the  $2\theta$  of peak position and miller indices ( $hkl$ ) values. Crystalline phases were confirmed using the search library match databases ICDD (PDF-4). Depending on the observation, 6.12 seconds per step with a step size  $0.0110^\circ$  combination was found to be optimal in an overall measurement time of 5.33 minutes. XRD Diffractogram, position, intensities, and d-spacing values of pure and crystalline standards under optimized conditions use to validate the XRD method, in which statistical validation parameters such as accuracy, precision, and limit of detection. In summary, the XRD method was validated, which can be used as a screening method for the determination of marl, dolomite, hydrated lime, and gypsum in soil conditioners.

**Keywords:** Screening method, method validation, x-ray diffraction (XRD), soil conditioners (marl, dolomite, hydrated lime, and gypsum)

ภาคผนวก 2.4 ผลผลิต 2. ต้นฉบับบทความวิจัย (Manuscript) 2.3 บทความภายในประเทศ

การนำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 ในการจัดสัมมนาและประชุมวิชาการงาน  
เกษตรกำแพงแสน ประจำปี 2565 ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2565 ณ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขต  
กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เรื่อง “การศึกษาวิถีชีวิตของสัตว์สำหรับสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนินใน  
ผลิตภัณฑ์วัตถุดิบทางการเกษตรโดยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)”

ที่ อว 6502.01/2137.185		มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
8 ธันวาคม 2565		
เรื่อง ตอบรับการร่วมประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เรียน คุณอุทิศา ทองเขียว		
ตามที่ท่านได้เสนอผลงานเรื่องการศึกษาวิถีชีวิตของสัตว์สำหรับสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC- MS/MS) สาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพ ภาคปศุสัตว์ ในการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 ในการจัดสัมมนาและประชุมวิชาการงาน เกษตรกำแพงแสน ประจำปี 2565 ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2565 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม นั้น		
ในกรณี คณะกรรมการฝ่ายจัดสัมมนาและประชุมวิชาการ งานเกษตรกำแพงแสน ประจำปี 2565 ขอแจ้งให้ทราบว่า ผลงานของท่านได้ผ่านการพิจารณาและตอบรับการเข้าร่วมประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยท่านสามารถตรวจสอบกำหนดการ และสถานที่ในการนำเสนอผลงานทางวิชาการได้ที่เว็บไซต์ <a href="http://esd.kps.ku.ac.th/kuk-conference/">http://esd.kps.ku.ac.th/kuk-conference/</a> ภายในวันศุกร์ที่ 25 พฤศจิกายน 2565		
จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ		
ขอแสดงความนับถือ		
		
(รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.อบุชัย ภิญโญภูมิพันธ์) รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน ปฏิบัติหน้าที่แทน อธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์		
สำนักงานวิทยาเขตกำแพงแสน กองบริหารการศึกษา โทร. 034-341545 โทรสาร 034-351395		



KU KASETSART UNIVERSITY

The 19<sup>th</sup> KU KPS National Conference

ครั้งที่

80

การประชุมวิชาการระดับชาติ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

19



ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2565

เกษตรศาสตร์อัจฉริยะ สุขภาวะคนไทย สู่ภัยเศรษฐกิจ

## Proceedings

ผลงานทางวิชาการ 8 สาขา

1. สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ
2. สาขาสัตวและสัตวแพทย์
3. สาขาวิศวกรรมศาสตร์
4. สาขาศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
5. สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และอุตสาหกรรมบริการ
6. สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา
7. สาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ
8. สาขาส่งเสริมการเกษตร



ผลของความสูงของกล่องฟิชโด้ยตัวแปรทางชีวกลศาสตร์	
ของการทำแม่พิมพ์ในนักกีฬามหาวิทยาลัย	3069
ผลพันธุกรรมที่มีต่อการก้าวเท้าป่องกับเส้นเอ็นของ	
ในผู้ป่วยโรคพอสตีออสไมเอโรซิส	3077
<b>สาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ</b>	
การนำวิธีคุณภาพน้ำที่นิยมโรงพยาบาลในช่วงการระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19)	3088
ผลของการเสริมวิตามินและแร่ธาตุเสริมต่อสมรรถภาพของนักกีฬา	3099
การโจมตีของไวรัสในพืชต้นเชื้อราเพื่อส่งเสริมการเจริญของพืช	3112
การศึกษาการก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดใบหญ้าในผู้บริโภคน้ำมันมะพร้าวที่	
ด้วยวิธีทดสอบแบบ OECD-Test guideline 471	3120
การขยายพันธุ์บริเวณระยะโดยวิธีคำนวณเส้นโค้งที่ต่อเนื่องของกรุงเทพมหานคร	3128
การประยุกต์ใช้การตรวจวัดปริมาณของธาตุเหล็กในกรุงเทพมหานคร	3136
การวิเคราะห์ทางเภสัชศาสตร์ของยาต้านเชื้อราในกลุ่ม TByEFC10-0007	3142
ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาอู่หลง, มะนาว และมะขาม	3150
ผลของสภาวะการเก็บและการใส่เชื้อแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสง	
ต่อปริมาณฮีโมโกลบินและโครงสร้างประชากรแบคทีเรียในสภาพแวดล้อม	3159
การศึกษาไวรัสจากพืชที่พบในดินปลูกสำหรับนักกอล์ฟ	
กรณีศึกษา: เบิร์ท, ทอปิคา, ฮอปส์, จ๊อบ	3172
การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว จังหวัดอุดรธานี	3179
ความหลากหลายของไมทีนในป่าธรรมชาติ สวนพฤกษศาสตร์	
น้ำนมเกล้า พิษณุโลก ในพระราชดำริ	3186
อุปกรณ์ตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แบบพกพาที่ใช้จากสารเรืองแสงเรือง-กลูตาไรต์ไฮโดร	3194
การศึกษาวิถีชีวิตของสัตว์ป่ากลุ่มนกอินทรีในเขตเมือง และไฮโดรเจน ในผลิตภัณฑ์	
ทางการแพทย์โดยเทคนิคสเปกโตรสโกปี (LC-MS/MS)	3202
การวิเคราะห์ค่า Genomic Template Stability ในดีเอ็นเอของเชื้อรา ( <i>Vigna radiata</i> ) ที่ได้รับในรูปแบบ	3210
ผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวและประเภทของผลผลิตต่อการดูดซับโลหะหนัก	3218
ผลของสารสกัดขมิ้นชันและโสมในช่วยรักษาโรคเบาหวานที่ดื้อต่อการเจริญเติบโตและค่าซีโรนิน	3226
ผลของสารสกัดโสมในช่วยรักษาโรคเบาหวานที่ดื้อต่อการเจริญเติบโตและค่าซีโรนิน	3234
Antagonistic activity of <i>Stenotremella</i> species isolated from dwarf honey bees	
against <i>Aspergillus calcocephalus</i> TISTR 360	3242
การพัฒนาแบบจำลองน้ำเสียสำหรับการเลี้ยงปลากระพงขาวในบ่อซีเมนต์ด้วยระบบน้ำหมุนเวียน	3250

การศึกษาวิธีคัดกรองสำหรับสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ในผลิตภัณฑ์  
ทางการเกษตรโดยเทคนิคสวิตโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)  
Study on Validation of Screening Method for Auxin Gibberellin and Cytokinin in Agricultural  
Products by Liquid Chromatography Mass Spectrometry (LC-MS/MS)

สุพิศสา ทองเขียว<sup>1</sup>, เพชรรัตน์ ศรีวิ, สุเวลักษณ์ ไชยทอง<sup>1</sup> และ สารีดา โขทัยชัย<sup>1</sup>  
Supisaa Thongkheaw, Petcharant Sriwi, Suweluck Chaitong and Sarida Phonyai

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและตรวจสอบวิธีคัดกรองสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ประกอบด้วย สารกลุ่มออกซิน 2 ชนิดคือ Indole-3-acetic acid (IAA) และ Indole-3-butyric acid (IBA) กลุ่มจิบเบอเรลลิน 3 ชนิดคือ Gibberellin A3 (GA<sub>3</sub>), Gibberellin A4 (GA<sub>4</sub>), Gibberellin A7 (GA<sub>7</sub>) และกลุ่มไซโตไคนิน 4 ชนิดคือ Zeatin, Kinetin, 6-Benzylaminopurine (6-BAP) และ Forchlorfenuron (CPPU) ด้วยเทคนิค LC-MS/MS จากการศึกษาพบว่า สภาพที่แยกแยะในการทดลอง คือ Gradient elution ระหว่าง 0.1% Formic acid กับ Acetonitrile ในระยะเวลา 10 นาที วิธีคัดกรองมีผลบวกถึง 100% และผลลบถึงน้อยกว่า 5% มีความไวและความจำเพาะสูงในการคัดแยกชนิดสารโดยเฉลี่ยมากกว่า 95% สามารถคัดกรอง IAA และ IBA ได้ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 1.7 และ 2.2 ng/mL GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> และ GA<sub>7</sub> ได้ที่ค่าสูงสุด 0.9, 3.7 และ 3.9 ng/mL Zeatin, Kinetin, 6-BAP และ CPPU ได้ที่ค่าสูงสุด 1.2, 1.2, 0.9 และ 2.7 ng/mL ตามลำดับ วิธีนี้จึงสามารถใช้ตรวจคัดกรองชนิดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำสูงเพื่อใช้ในการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณค่าสำคัญ วิจัยและพัฒนา จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

Abstract

The objective of this research was to study and validate a screening method of plant growth regulators in agricultural products consisting of 2 auxins (Indole-3-acetic acid (IAA) and Indole-3-butyric acid (IBA)), 3 gibberellins (Gibberellin A3 (GA<sub>3</sub>), Gibberellin A4 (GA<sub>4</sub>), Gibberellin A7 (GA<sub>7</sub>)), and 4 cytokinins (Zeatin, Kinetin, 6-Benzylaminopurine (6-BAP), Forchlorfenuron (CPPU)) by LC-MS/MS technique. From the results, the optimum condition for separating was a gradient elution between 0.1% formic acid and acetonitrile within 10 minutes. False positive and negative rate were less than 5%. Average sensitivity and specificity were greater than 95%. The detection capability of IAA and IBA were 1.7 and 2.2 ng/mL. GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> and GA<sub>7</sub> were 0.9, 3.7 and 3.9 ng/mL. Zeatin, Kinetin, 6-BAP and CPPU were 1.2, 1.2, 0.9 and 2.7 ng/mL, respectively. The method was able to rapidly screen the compounds of plant growth regulators in agricultural products, minimizing time of analysis.


Key word: Screening method, Auxin, Gibberellin, Cytokinin, Agricultural products

Email address: supisaa.t@doe.go.th

<sup>1</sup> กลุ่มวิจัยและพัฒนา เทคโนโลยีชีวภาพและวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 76120

Agricultural Chemistry Group, Agricultural Production Science Research and Development Office, Department Of Agriculture, Ladysao Chaturakul 10900, Thailand

ภาคผนวก 2.5 ผลผลิต 4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์/หรือเทคโนโลยี/กระบวนการใหม่ หรือนวัตกรรมทางสังคม 4.4 เทคโนโลยี/ กระบวนการใหม่ ระดับห้องปฏิบัติการ 1) ค่าต่ำที่สุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ และสามารถรายงานผลได้ของ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี 2) ความเสถียรของปริมาณธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถันในตัวอย่างปุ๋ยในระยะเวลา 1 ปี




## CERTIFICATE OF ANALYSIS

**WSL-0265-01**

Parameter	Assigned Value (%)	Standard Deviation (%)
Water Soluble Calcium (Ca)	5.17	0.16
Water Soluble Magnesium (Mg)	5.23	0.16
Water Soluble Sulphur (S)	6.99	0.21
Water Soluble Molybdenum (Mo)	2.67	0.09

**NOTE**

- This certificate is valid until November 2027. This certificate is nullified if the material is damaged, contaminated or otherwise modified.
- To maintenance of this material, the stability studies will be conducted at 6-month intervals. Therefore, this validity of certificate may be changed as further evidence of stability. Please combine long term stability testing certificate where applicable.
- This material has been assigned under the responsibility of System Research of Soil and Water Quality Sub-group, Agricultural Chemistry Group, Agricultural Production Sciences Research and Development Division, Department of Agriculture.

Prepared By:   
**(Mrs. Songkrant Malisorn)**  
Scientist, Professional Level

Approved By:   
**(Ms. Charirat Kusonwiriawong)**  
Scientist, Senior Professional Level

Issue date: November 2022

**DESCRIPTION OF THE SAMPLE**  
WSL-0265-01 is available in plastic bottles containing about 30 g of powdered material (particle size < 40 mesh or 420 µm).

**ANALYTICAL METHOD USED FOR CERTIFICATION**

Water Soluble Calcium (Ca)	: Inductively coupled plasma emission spectroscopic method, Atomic absorption spectrophotometric method
Water Soluble Magnesium (Mg)	: Inductively coupled plasma emission spectroscopic method, Atomic absorption spectrophotometric method
Water Soluble Sulphur (S)	: Inductively coupled plasma emission spectroscopic method, Turbidimetric method
Water Soluble Molybdenum (Mo)	: Inductively coupled plasma emission spectroscopic method, Sodium thiocyanate method

**INSTRUCTIONS FOR USE**  
WSL-0265-01 should be used "as is", without drying. The bottle should be thoroughly mixed before taking samples.

**STORAGE**  
WSL-0265-01 shall be stored in a desiccator. After using, container should be tightly closed to prevent any gain of moisture, if changes of physical properties (color or lump forming) are observed, potential affecting the certification before the expiration of this certificate, this material should be discarded.

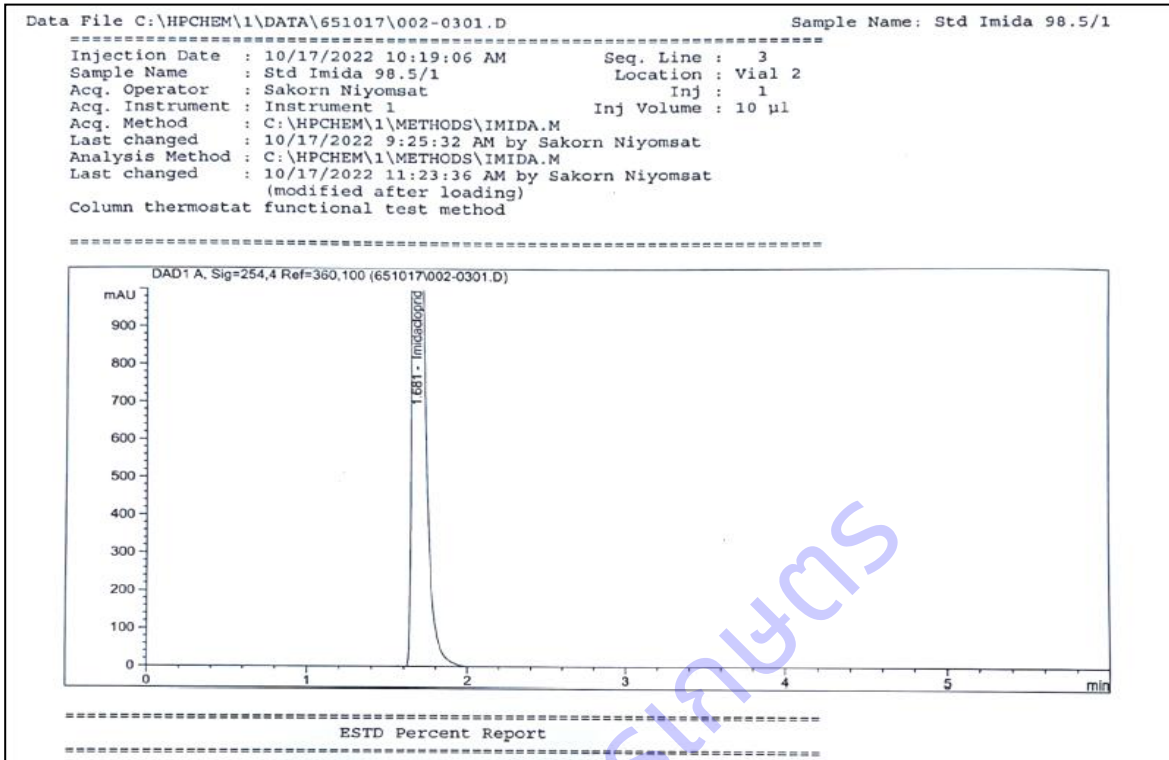
**HOMOGENEITY**  
For homogeneity testing, 10 bottles were chosen by stratified random sampling. Two subsamples from each bottle were randomly analyzed under repeatability conditions. The evidence indicates that WSL-0265-01 is adequately homogeneous.

**ASSIGNED VALUE AND STANDARD DEVIATION**  
Assigned value and standard deviation were statistically calculated from the proficiency testing of chemical fertilizer analysis program using ISO 13528:2015.

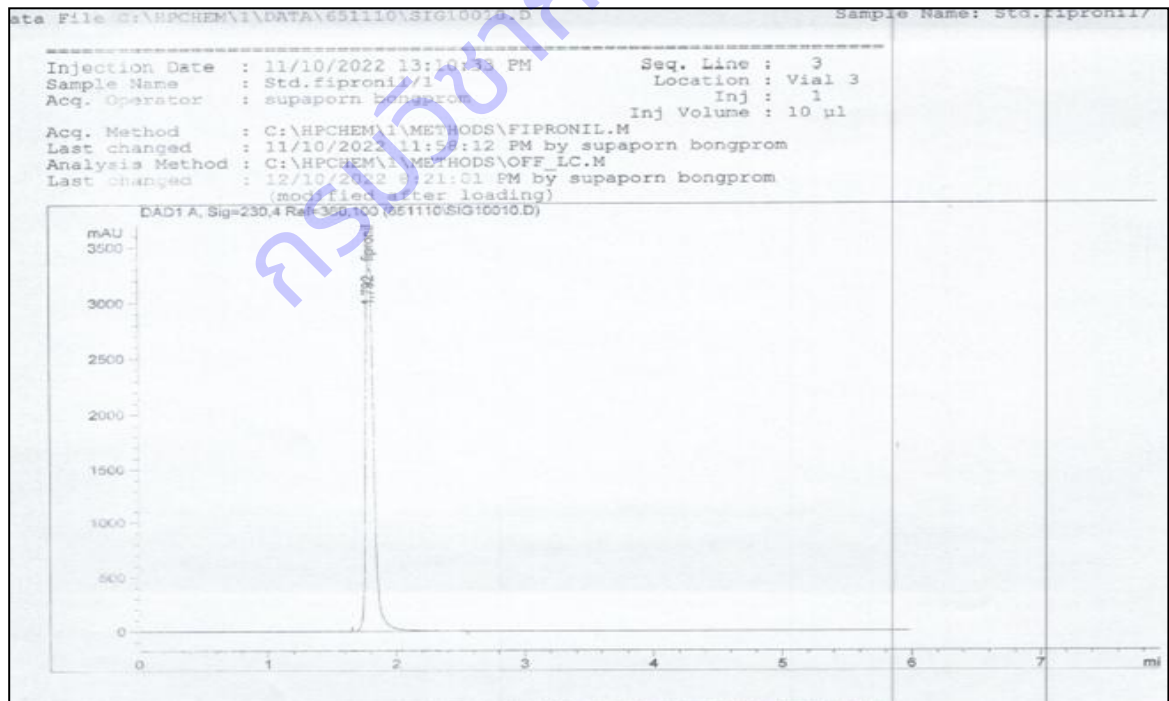


ภาคผนวก 2.6 4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือ เทคโนโลยี/กระบวนการ ใหม่ หรือนวัตกรรมทาง สังคม 4.4 เทคโนโลยี/กระบวนการ ใหม่ ระดับห้องปฏิบัติการ 1) วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่ผ่านการตรวจสอบความ ใช้ได้ของวิธี 3 วิธี 3 กระบวนการ ดังนี้

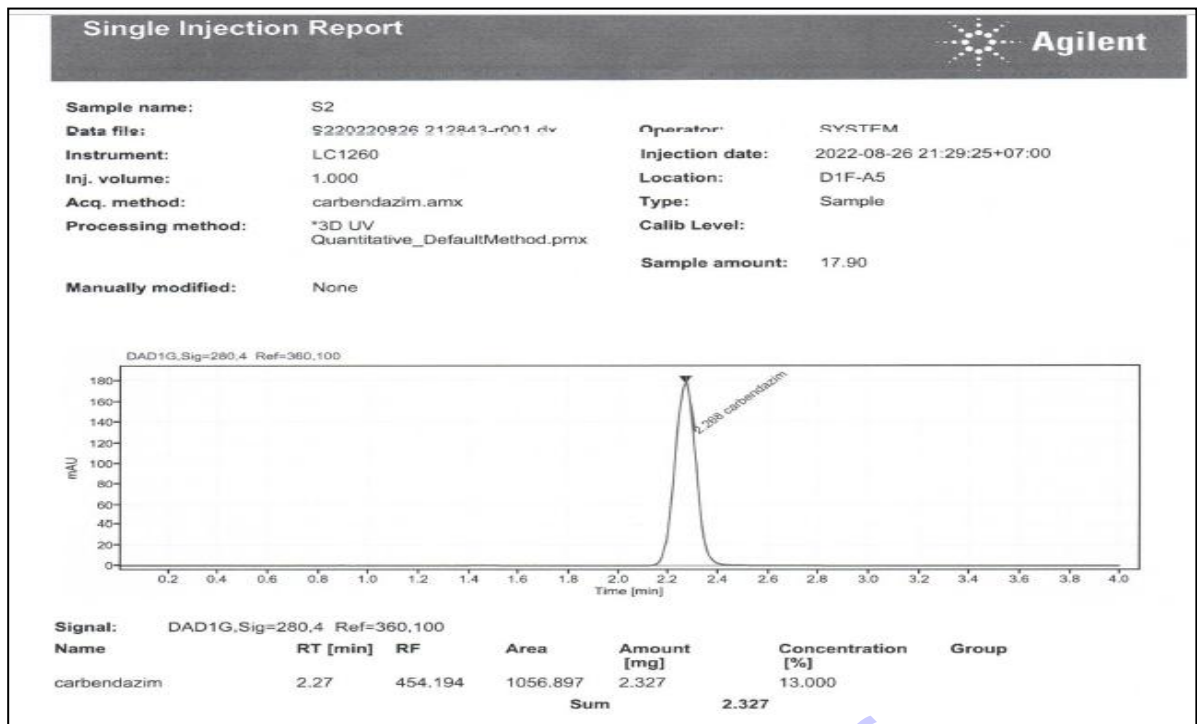
1. วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด (imidacloprid) (สวพ.1) วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ฟิโพรนิล (fipronil) (สวพ.4) และวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์คาร์เบนดาซิม (carbendazim) (สวพ.6)



การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพริด (imidacloprid) (สวพ.1)

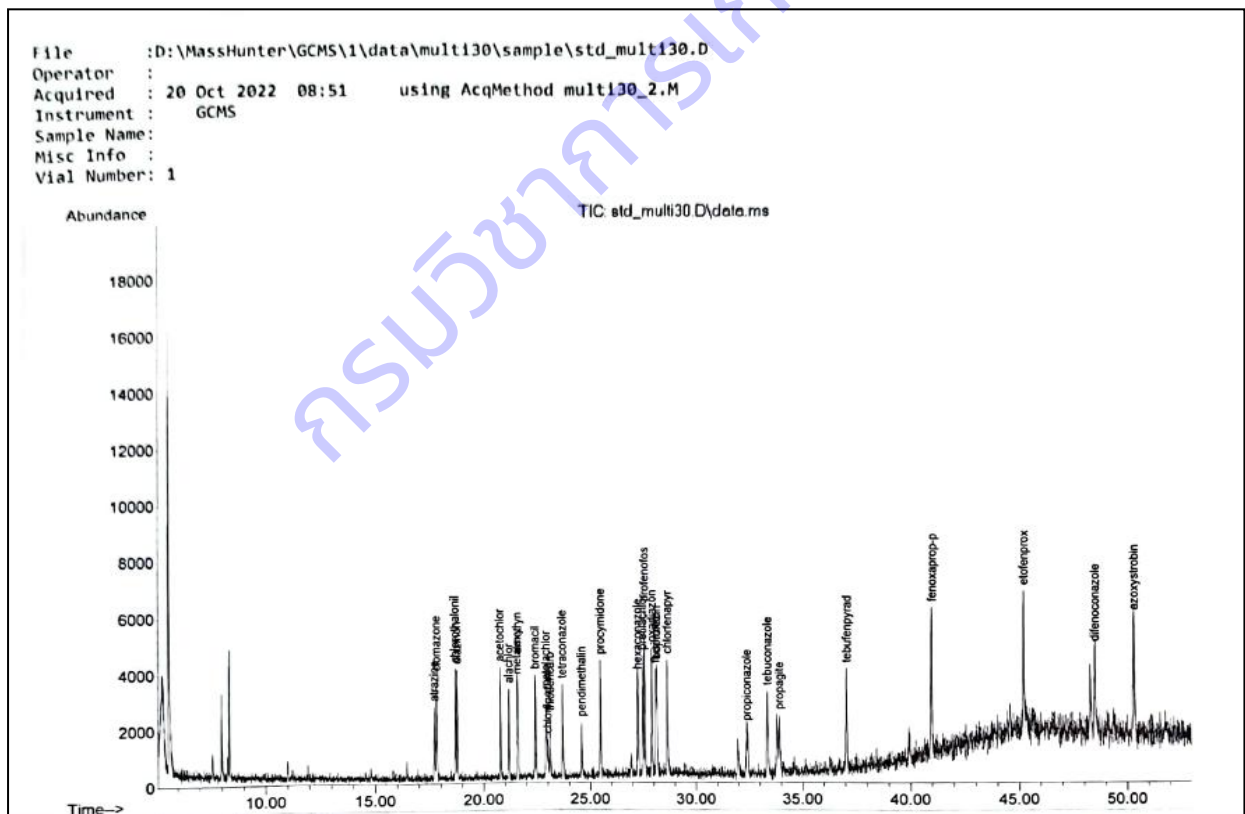


การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ฟิโพรนิล (fipronil) (สวพ.4)



การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์คาร์เบนดาซิม (carbendazim) (สวพ.6)

2. วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด



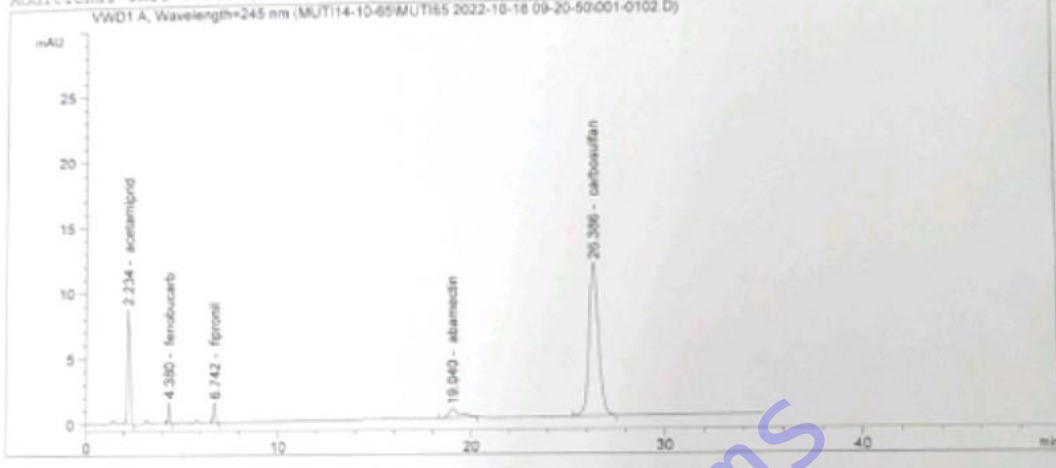
3. วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย HPLC ของสาร abamectin, acetamiprid, fenobucarb, carbosulfan, fipronil

Data File C:\CHEM32\1\DATA\MUTI14-10-65\MUTI65 2022-10-18 09-20-50\001-0102.D  
 Sample Name: std.mix

```

-----
Acq. Operator   : Tassanee                      Seq. Line :    1
Acq. Instrument : Instrument 1                  Location  : Vial 1
Injection Date  : 10/18/2022 9:58:15 AM       Inj       :    2
                                                Inj Volume: 10.0 µl
Acq. Method     : C:\CHEM32\1\DATA\MUTI14-10-65\MUTI65 2022-10-18 09-20-50\MUTI65.M
Last changed    : 8/18/2022 3:59:51 PM by Tassanee
Analysis Method : C:\CHEM32\1\METHODS\MUTI65.M
Last changed    : 10/18/2022 1:11:58 PM by Tassanee
                (modified after loading)
  
```

Additional Info : Peak(s) manually integrated



```

Sorted By      :      Signal
Calib. Data Modified : 10/18/2022 1:11:58 PM
Multiplier:    :      1.0000
Dilution:      :      25.0000
Sample Amount: :      1.00000 [ng/ul]
Use Multiplier & Dilution Factor with ISTDs
  
```

Signal 1: VWD1 A, Wavelength=245 nm

RetTime [min]	Type	Area mAU	Ant/Area *s	Amount	Grp	Name
2.234	VB	91.38576	1.09426e-1	2.50000e3		acetamiprid
4.380	VB	9.12555	1.09582e-1	2.50000e3		fenobucarb
6.742	VV	12.49039	8.00615e-2	2.50000e3		fipronil
19.040	VB	27.38349	1.65184e-2	2.50000e3		abamectin
26.386	VB	385.14398	2.89643e-3	2.50000e3		carbosulfan
Totals :				1.25000e4		

ภาคผนวก 2.7 4. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ หรือ เทคโนโลยี/กระบวนการ ใหม่ หรือนวัตกรรมทาง สังคม 4.4 เทคโนโลยี/กระบวนการ ใหม่ ระดับห้องปฏิบัติการ 1 กระบวนการ ได้แก่ ได้ฐานข้อมูลการตรวจสอบสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตโคนินในผลิตภัณฑ์วัตถุดิบทางการเกษตรด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)

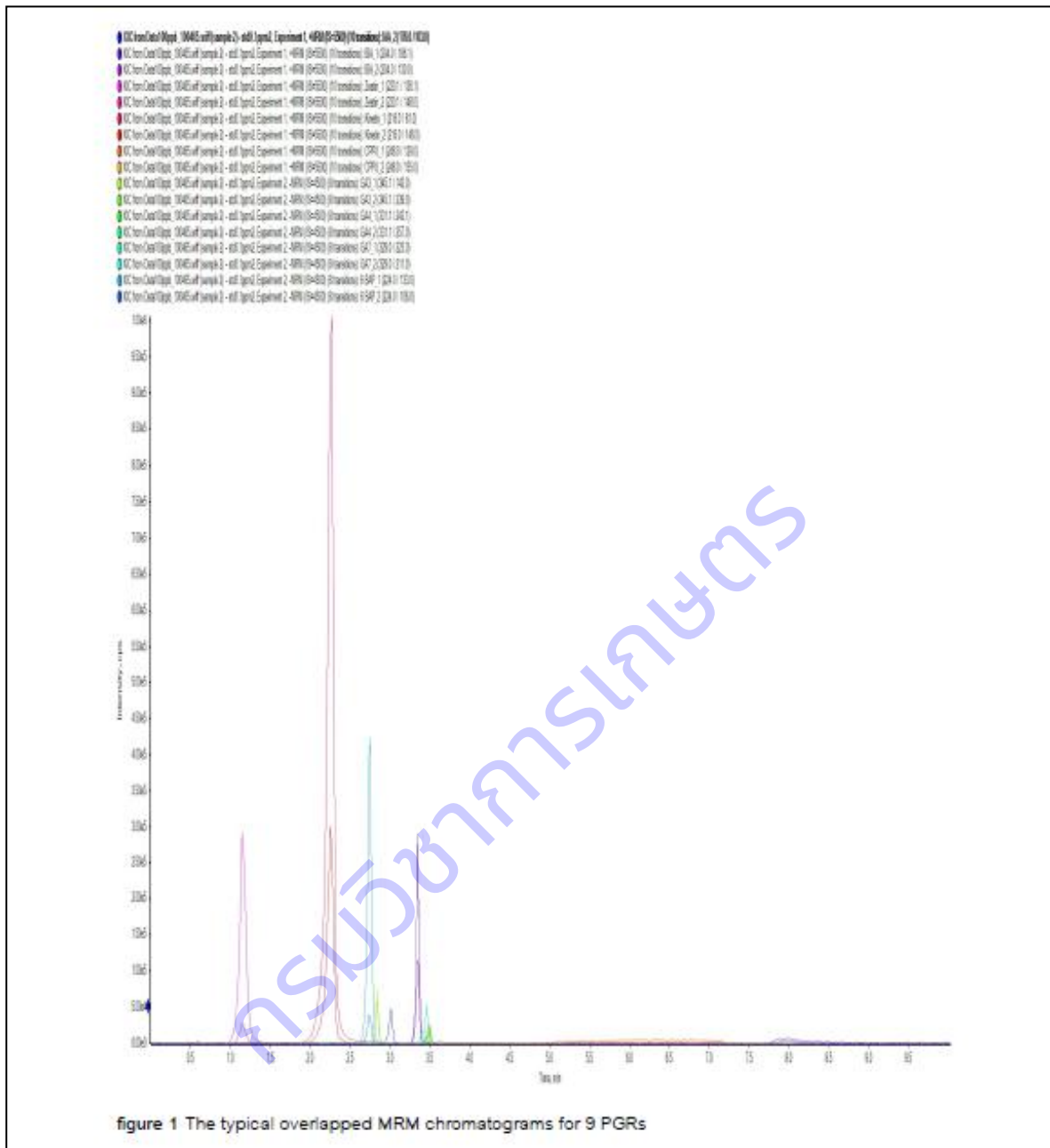


figure 1 The typical overlapped MRM chromatograms for 9 PGRs

### ภาคผนวก 3

## หลักฐานเชิงประจักษ์ของการนำผลงานไปใช้ประโยชน์

ภาคผนวก 3.1 อบรมถ่ายทอดกระบวนการวิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปูน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) แก่นิสิต/นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเคมีการเกษตร ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 30 คน



แบบสรุปการทดสอบก่อน-หลังเรียน  
**หลักสูตร "วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ย  
 ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)"**  
 วันที่ 2 ธันวาคม 2565 ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี  
 กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

คะแนนเฉลี่ยทดสอบก่อนเรียน (10 คะแนน)	คะแนนเฉลี่ยทดสอบหลังเรียน (10 คะแนน)
4.20	7.58

แบบสรุปความพึงพอใจกิจกรรมอบรมหลักสูตร วิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิง  
 ปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)

ระดับความพึงพอใจ / ความรู้ความเข้าใจ / การนำไปใช้ ต่อการเข้าร่วมกิจกรรมอบรม	ร้อยละความพึงพอใจ
การถ่ายทอดความรู้และการอธิบายเนื้อหาของวิทยากรมีความชัดเจน	94.17
การใช้เวลาตามที่กำหนดไว้	93.33
การตอบข้อซักถามในการฝึกอบรม	95.00
การยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย	95.83
อาหารและอาหารว่างมีความเหมาะสม	88.33
สถานที่และสภาพแวดล้อมในการจัดอบรมมีความเหมาะสม	95.83
ความพร้อมของสื่อที่สนับสนุน	91.66
ความเหมาะสมของอุปกรณ์ในการจัดอบรม	95.00
ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสม	95.83
ท่านมีความรู้ เรื่องวิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารปรับปรุงดินประเภทปุ๋ยด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (xrd) เพิ่มขึ้น	92.50
ท่านสามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ถ่ายทอดได้ปฏิบัติงานได้	90.83
ท่านมีความสนใจศึกษาความรู้จากการอบรมเพิ่มขึ้น	94.16
โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจกับการเข้าร่วมกิจกรรมอบรมครั้งนี้	94.16

ภาคผนวก 3.2 การอบรมถ่ายทอดกระบวนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของฮอร์โมนพืชในผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์และสารสกัดด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS) แก่บุคลากรภาครัฐ จำนวน 15 คน



แบบประเมินการทดสอบ  
เรื่อง การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของออร์โมนพืชในผลิตภัณฑ์อาหารชีวภัณฑ์และสารสกัดด้วย  
เทคนิคสปีดโครมาโทกราฟีและแมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS)  
วันที่ 1 ธันวาคม 2565  
ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี  
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

การประเมิน	คะแนนเฉลี่ย (%)
ประเมินการทดสอบก่อนเรียน	62.38
ประเมินการทดสอบหลังเรียน	83.81
จำนวนผู้รับการทดสอบ 15 คน	

แบบประเมินการฝึกอบรม  
เรื่อง การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของออร์โมนพืชในผลิตภัณฑ์อาหารชีวภัณฑ์และสารสกัดด้วย  
เทคนิคสปีดโครมาโทกราฟีและแมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS/MS)  
วันที่ 1 ธันวาคม 2565  
ณ ห้องประชุมกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี  
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

รายละเอียด	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม	คิดเป็น %
<b>ส่วนที่ 1 การประเมินการจัดฝึกอบรม</b>			
1. รูปแบบ/โปรแกรมของการฝึกอบรม	68	75	90.7
2. ความเหมาะสมของเนื้อหาในหลักสูตร	68	75	90.7
3. สถานที่และระยะเวลาการฝึกอบรม	69	75	92.0
4. จำนวนผู้เข้าร่วมการฝึกอบรม	70	75	93.3
5. เอกสารประกอบการศึกษาและโคสท์คู่มือ	69	75	92.0
6. การลงทะเบียนเข้าร่วมฝึกอบรมและขั้นตอนการรับเอกสาร	69	75	92.0
7. การอำนวยความสะดวก	72	75	96.0
8. ประโยชน์ที่ได้รับจากการฝึกอบรม	69	75	92.0
9. ความพึงพอใจในการฝึกอบรม	71	75	94.7
<b>ส่วนที่ 2 การประเมินผลด้านเทคนิค/เนื้อหาการฝึกอบรม</b>			
1. ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ พื้นฐานของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS/MS	63	75	84.0
2. ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเทคนิค LC-MS/MS	64	75	85.3
3. ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS/MS	62	75	82.7
4. ความสามารถของวิทยากรอธิบายในการถ่ายทอดความรู้	69	75	92.0
5. เทคนิควิธีในการนำเสนอเนื้อหาของวิทยากร	68	75	90.7
6. ความชัดเจนในการตอบข้อซักถามหรือให้คำแนะนำของวิทยากร	68	75	90.7
ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะอื่นๆ	ไม่มีข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ		



ภาคผนวก 3.3

เผยแพร่บทความภายในประเทศ

การนำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ณ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ วันที่ 7 - 9 ธันวาคม 2565 เรื่อง “การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรองปุ๋ยมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)”

หนังสือบทคัดย่อ

**2022**

**การประชุมวิชาการ  
ดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 7**  
THE 7<sup>th</sup> NATIONAL SOIL AND FERTILIZER CONFERENCE

**7 - 9 ธันวาคม 2565**  
ณ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ ศูนย์วิจัย สาธิต และฝึกอบรมการเกษตรแม่ฟ้าหลวง  
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

TIT ไบโกลัส Speedy K.S. Construction sci-ed FLEXLAB

**สารบัญ**  
**บทคัดย่อผลงานภาคบรรยาย**

ลำดับที่	หน้า
<b>บทคัดย่อผลงานภาคบรรยาย session 1 ห้อง Rice grain auditorium</b>	
1	1
การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรอง ปูนมาร์ล ปูนโคโลไมท์ ปูนขาว และอิปซิม ในผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) โดย: นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ กรมวิชาการเกษตร	
2	3
การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์และการทำนายปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน โดย: นางสาวจวรรณก ปรีสงค์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
3	5
การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ปริมาณซิลิคอนที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกอ้อยที่เป็นดินเหนียว โดย: นางสาวกรรณา พุ่มทรง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	
4	7
การประเมินค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เป้าหมายของการวิเคราะห์ดินจากโปรแกรมทดสอบความชำนาญ โดย: นางสาวจวีร์รัตน์ กุศลวีระวงศ์ กรมวิชาการเกษตร	
5	9
ผลของมูลไก่กิ้งก่าเม็ดเคลือบด้วยโคโคโอโตโกและคอกาโรคต่อการเติบโต ผลผลิต และสมบัติดินบางประการของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินกำพวงแสน โดย: นายณัฐวุฒิ คงตะโก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	
6	11
ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับกรดฮิวมิกต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดและสมบัติเคมีของดินบางประการในดินนาเมื่อละเอียดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย โดย: นางสาวชฎาพิพย์ โพธิ์ระกัน มหาวิทยาลัยขอนแก่น	
7	13
ผลของการใช้ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย (CRF) ต่อ การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 โดย: นางสาวเครือวัลย์ จันทร์เพ็ญ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
8	15
ผลของการลดปริมาณโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสต่อการสะสมธาตุอาหาร การเจริญเติบโต และผลผลิตฝักสดถั่วอินทรีย์ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ โดย: นางสาวรุจิรา ตะคี มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
9	17
การศึกษาฟางข้าว แกลบร่วมกับปุ๋ยหมักเปลือกถั่วสำหรับผลิตปุ๋ยคอกเพื่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในพื้นที่ดินเค็ม จังหวัดบุรีรัมย์ โดย: นายอรรถพล เป็ื่องโสมง มหาวิทยาลัยขอนแก่น	

การพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการตรวจคัดกรองปูนมาร์ล ปูนโดโลไมท์ ปูนขาว และยิปซัม  
ในผลิตภัณฑ์การปรับปรุงดิน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (XRD)

Development and Validation of Screening Method for Detection of Marl, Dolomite,  
Hydrated Lime and Gypsum in Soil Conditioners by using X-ray Diffraction (XRD)

จิตติรัตน์ ชูชาติ\* จิรรัตน์ กุศลวิไลวงษ์ สุภา โปธิจันทร์ สุภามลิษา จิตต์ธรรมา  
สงกรานต์ มลิสม พงษ์าม ศัญญา คล้ายแก้ว และ กอวิทย์ ธิยดี  
Jittirat Choochat\*, Charat Kusonwityawong, Supha Photichan, Yarnthicha Jittua-ard,  
Songkant Malisom, Pojarnam Poomam, Kanthana Klatsaw and Komsah Bhlao

การวิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจสอบดินและการปรับปรุงดิน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900  
Agricultural Production Sciences Research and Development Division, Department of Agriculture, Chotuchak, Bangkok 10900

\*Corresponding author. Email: c.jittirat@gmail.com

**Abstract:** The objective of this study was to develop and validate a rapid, non-destructive technique for the determination of marl, dolomite, hydrated lime, and gypsum in soil conditioners. For this purpose, X-ray diffraction (XRD) conditions were varied, and the method for concurrent detection of these substances was optimized. Scanning parameters like step size and time per step were experimented on measurement scan range  $5 - 100^\circ 2\theta$  with Cu K $\alpha$  energy ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ) at  $25^\circ \text{C}$ . The identification of these phases were performed using the Rietveld refinement method, simultaneously detecting them based on the  $2\theta$  of peak position and miller indices ( $hkl$ ) values. Crystalline phases were confirmed using the search library match databases ICDD (PDF-4). Depending on the observation, 6.12 seconds per step with a step size  $0.0110^\circ$  combination was found to be optimal in an overall measurement time of 5.33 minutes. XRD Diffractogram, position, intensities, and d-spacing values of pure and crystalline standards under optimized conditions use to validate the XRD method, in which statistical validation parameters such as accuracy, precision, and limit of detection. In summary, the XRD method was validated, which can be used as a screening method for the determination of marl, dolomite, hydrated lime, and gypsum in soil conditioners.

**Keywords:** Screening method, method validation, x-ray diffraction (XRD), soil conditioners (marl, dolomite, hydrated lime, and gypsum)

ภาคผนวก 3.4 เผยแพร่บทความภายในประเทศ

การนำเสนอบทความวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 ในการจัดสัมมนาและประชุมวิชาการงาน เกษตรกำแพงแสน ประจำปี 2565 ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2565 ณ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เรื่อง “การศึกษาวิถีชีวิตครองสำหรับสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนินใน ผลิตภัณฑ์วัตถุดิบตรายทางการเกษตรโดยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมทรี (LC-MS/MS)”



ผลของความสูงของกล่องฟีดเดอร์ต่อตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ ของการทำแมลงจิมในนิกกีศึกษานววิทยา	3069
ผลพันธุกรรมที่มีต่อการก้าวเท้าป่องกับพันธุกรรมของ ในผู้ป่วยโรคพอสตีคอสเมอโรวะที่งมีบทบาท	3077
<b>สาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ</b>	
การนำวิธีวัดคุณภาพน้ำที่เ็นโรงพยาบาลในช่วงการระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19)	3088
ผลของการเสริมซูโม่และงูเซียมต่อสมมติของระบบที่ง่าง่ารูป	3099
การโจมตีของสปีดในวัยผู้ใหญ่เพื่อลดความเสี่ยงการเจริญของเทอิกแมง	3112
การศึกษาการก่อกลายพันธุ์ของสารสกัดในกัญชาพันธุ์ธรรมชาติที่กัมบงอ่าวใต้ ด้วยวิธีทดสอบสมมติ OECD-Test guideline 471	3120
การขยายพันธุ์บริเวณระยะโดยวิธีคำนวณด้วยสมมติของเครื่องจักรของกรุงเทพมหานคร	3128
การประยุกต์ใช้การตรวจวัดปริมาณบริเวณระยะของกรุงเทพมหานคร	3136
การวิเคราะห์ทางเภสัชจักษุและฐานข้อมูลของงานโกลน TByEFC10-0007	3142
ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวกล้องงอก, มะม่วงสุกและมะม่วงเขียว	3150
ผลของสภาวะการเก็บและการใส่เชื้อแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยสาร ต่อปริมาณเชื้อราและโครงสร้างประชากรแบคทีเรียในสภาพแวดล้อม	3159
การศึกษาไวรัสซูอินทรีย์จากแพะที่เ็นไวรัสปลูกสำหรับนักภาคชีววิทยาสูง กรณีศึกษา นววิทยา ทฤษฎีความ ยอติ จำเ็ด	3172
การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว จังหวัดอุดรธานี	3179
ความหลากหลายของไมทีนในป่าธรรมชาติ สวนพฤกษศาสตร์ บ้านร่มเกล้า พิษณุโลก ในพระราชดำริ	3186
ซูเปอร์สตาร์โคไลโดเจนเปอร์ออกไซด์แบบทราวด์ลี จากธรรมชาติของโรลของเรณู-กตุราฟอสโฟไลต์	3194
การศึกษาวิถีชีวิตของสัตว์ป่ากลุ่มของจีน จินเจียงและจีน และโคโคโคโคโค ในผลิตภัณฑ์ ทางการเกษตรโดยเทคนิคดีเอ็นเอจากพืชที่ผลิตด้วยเทคโนโลยี (LC-MS/MS)	3202
การวิเคราะห์ค่า Genomic Template Stability ในดีเอ็นเอตัวเมีย (Vigna radiata) ที่ได้รับควันรูป	3210
ผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวและประเภทของผลผลิตต่อการดูดซับโลหะหนัก	3218
ผลของสารสกัดขมิ้นชันและโสมต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการเจริญเติบโตและค่าชี้ของปลาของ	3226
ผลของสารสกัดโสมต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการเจริญเติบโตและค่าชี้ของปลาน้ำจืด	3234
Antagonistic activity of <i>Stenotremella</i> species isolated from dwarf honey bees against <i>Aspergillus calcocephalus</i> TISTR 360	3242
การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำเสียสำหรับการเลี้ยงปลาดุกเทศในบ่อปลาในตำบลบ่อปลาพุนเขิน	3250

การศึกษาวิธีคัดกรองสำหรับสารกลุ่มออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ในผลิตภัณฑ์  
ทางการเกษตรโดยเทคนิคสวิตโครมาโทกราฟีแมสสเปคโตรเมตรี (LC-MS/MS)  
Study on Validation of Screening Method for Auxin Gibberellin and Cytokinin in Agricultural  
Products by Liquid Chromatography Mass Spectrometry (LC-MS/MS)

สุพิศสา ทองเขียว<sup>1</sup>, เพชรรัตน์ ศรีวิ, สุเวลักษณ์ ไชยทอง<sup>1</sup> และ สารีดา โขทัยชัย<sup>1</sup>  
Supisaa Thongkheaw, Petcharant Sriwi, Suweluck Chaitong and Sarida Phonyay

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและตรวจสอบวิธีคัดกรองสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ประกอบด้วย สารกลุ่มออกซิน 2 ชนิดคือ Indole-3-acetic acid (IAA) และ Indole-3-butyric acid (IBA) กลุ่มจิบเบอเรลลิน 3 ชนิดคือ Gibberellin A3 (GA<sub>3</sub>), Gibberellin A4 (GA<sub>4</sub>), Gibberellin A7 (GA<sub>7</sub>) และกลุ่มไซโตไคนิน 4 ชนิดคือ Zeatin, Kinetin, 6-Benzylaminopurine (6-BAP) และ Forchlorfenuron (CPPU) ด้วยเทคนิค LC-MS/MS จากการศึกษาพบว่า สภาพที่แยกแยะในการทดลอง คือ Gradient elution ระหว่าง 0.1% Formic acid กับ Acetonitrile ในระยะเวลา 10 นาที วิธีคัดกรองมีผลบวกถึง 100% และผลลบถึงน้อยกว่า 5% มีความไวและความจำเพาะสูงในการคัดแยกชนิดสารโดยเฉลี่ยมากกว่า 95% สามารถคัดกรอง IAA และ IBA ได้ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 1.7 และ 2.2 ng/mL GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> และ GA<sub>7</sub> ได้ที่ค่าสูงสุด 0.9, 3.7 และ 3.9 ng/mL Zeatin, Kinetin, 6-BAP และ CPPU ได้ที่ค่าสูงสุด 1.2, 1.2, 0.9 และ 2.7 ng/mL ตามลำดับ วิธีนี้จึงสามารถใช้ตรวจคัดกรองชนิดสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำกว่าวิธีอื่นในการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณค่าสำคัญ วิจัยกรมส่งเสริมการเกษตร กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

Abstract

The objective of this research was to study and validate a screening method of plant growth regulators in agricultural products consisting of 2 auxins (Indole-3-acetic acid (IAA) and Indole-3-butyric acid (IBA)), 3 gibberellins (gibberellin A3 (GA<sub>3</sub>), gibberellin A4 (GA<sub>4</sub>), gibberellin A7 (GA<sub>7</sub>)), and 4 cytokinins (zeatin, kinetin, 6-Benzylaminopurine (6-BAP), Forchlorfenuron (CPPU)) by LC-MS/MS technique. From the results, the optimum condition for separating was a gradient elution between 0.1% formic acid and acetonitrile within 10 minutes. False positive and negative rate were less than 5%. Average sensitivity and specificity were greater than 95%. The detection capability of IAA and IBA were 1.7 and 2.2 ng/mL. GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub> and GA<sub>7</sub> were 0.9, 3.7 and 3.9 ng/mL. Zeatin, Kinetin, 6-BAP and CPPU were 1.2, 1.2, 0.9 and 2.7 ng/mL, respectively. The method was able to rapidly screen the compounds of plant growth regulators in agricultural products, minimizing time of analysis.



Key word: Screening method, Auxin, Gibberellin, Cytokinin, Agricultural products

Email address: [supisaa.t@doa.go.th](mailto:supisaa.t@doa.go.th)

<sup>1</sup> กลุ่มวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร อาคาร 11 ถนนพหลโยธิน กรุงเทพฯ 10900


Agricultural Chemistry Group, Agricultural Production Science Research and Development Office, Department Of Agriculture, Ladysao Chaturakul 10900, Thailand

ภาคผนวก 3.5 การนำวิธีวิเคราะห์แคลเซียมแมกนีเซียม กำมะถัน ที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี ไปใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ในการให้ค่า กำหนดของตัวอย่างอ้างอิงภายใน

	<b>CERTIFICATE OF ANALYSIS</b>	
	<b>WSL-0265-01</b>	
	<b>NOTE</b>	
	<p>1. This certificate is valid until November 2027. This certificate is nullified if the material is damaged, contaminated or otherwise modified.</p> <p>2. To maintenance of this material, the stability studies will be conducted at 6-month intervals. Therefore, this validity of certificate may be changed as further evidence of stability. Please combine long term stability testing certificate where applicable.</p> <p>3. This material has been assigned under the responsibility of System Research of Soil and Water Quality Sub-group, Agricultural Chemistry Group, Agricultural Production Sciences Research and Development Division, Department of Agriculture.</p>	
Prepared By..... (Mrs. Songkrant Malisorn) Scientist, Professional Level		Approved By..... (Ms. Charirat Kusunwiryawong) Scientist, Senior Professional Level
issue date:	November 2022	

ภาคผนวก 3.6 การนำวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์อิมิดาโคลพรีด (imidacloprid) (สวพ.1) วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ฟิไพโรนิล (fipronil) (สวพ.4) วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์คาร์เบนดาซิม (carbendazim) (สวพ.6) ไปใช้ทดสอบเพื่อนำผลไปใช้ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางเกษตร 2535 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562

F5-7.8-09 Rev.2 Date 1 ก.ย. 65  
หน้า 1/1



**ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต**

กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1  
กรมวิชาการเกษตร 225 หมู่ 3 ตำบลแม่เหิระ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100  
โทรศัพท์ : 053-869637 โทรสาร : 053-814126-7


เลขที่รายงาน : FM 5002/65  
วันที่ : 19 ตุลาคม 2565

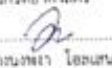
**รายงานผลการทดสอบวัตถุอันตรายทางการเกษตร**

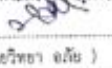
<p>ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง : นานทยา โสณน ที่อยู่ : สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 225 หมู่ 3 ตำบลแม่เหิระ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100 โทรศัพท์ : 053-869637 โทรสาร : 053-814126 ผู้ผลิต : บริษัท เชนแพค จำกัด ผู้จัดจำหน่าย : บริษัท เชนแพค จำกัด ทะเบียนเลขที่ : 170-2563 ภาชนะบรรจุ : ขอลงจากอีกาโมเนค ขนาด : 100 กรัม วันที่ผลิต : 8 กุมภาพันธ์ 2564</p>	<p>หมายเลขหนังสือรับตัวอย่าง : ไม่ระบุ รหัสตัวอย่าง : ไม่ระบุ รหัสตัวอย่างทดสอบ : 66-FM-0002 วันที่รับตัวอย่าง : 12 ตุลาคม 2565 วันที่รับตัวอย่าง : 17 ตุลาคม 2565 วันที่ทดสอบ : 17 ตุลาคม 2565</p>								
<p>ชื่อการค้า : อิมิดาโคลพรีด 70 ลักษณะสูตร : 70% w/v WG</p>	<p>ชื่อสามัญ : อิมิดาโคลพรีด (imidacloprid) สภาพตัวอย่าง : ขอลงแจ้ง ปกติ</p>								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>รายการทดสอบ</th> <th>ผลการทดสอบ</th> <th>เกณฑ์กำหนด</th> <th>วิธีทดสอบ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Imidacloprid</td> <td>69.61 % w/v</td> <td>68.25 - 71.75 % w/v</td> <td>In house method based on W DOBRAT and AMARTUN 1998. Analysis of Technical and Formulated Pesticide CPAC Handbook Vol. H page : 185-193</td> </tr> </tbody> </table>	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	เกณฑ์กำหนด	วิธีทดสอบ	Imidacloprid	69.61 % w/v	68.25 - 71.75 % w/v	In house method based on W DOBRAT and AMARTUN 1998. Analysis of Technical and Formulated Pesticide CPAC Handbook Vol. H page : 185-193	
รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	เกณฑ์กำหนด	วิธีทดสอบ						
Imidacloprid	69.61 % w/v	68.25 - 71.75 % w/v	In house method based on W DOBRAT and AMARTUN 1998. Analysis of Technical and Formulated Pesticide CPAC Handbook Vol. H page : 185-193						

เกณฑ์การตัดสินและการระบุการเป็นไปตามข้อกำหนด  
ผลการทดสอบพบปริมาณสาร Imidacloprid เป็นไปตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์ค่าคงที่และวิธีคำนวณปริมาณ ซึ่งกำหนดไว้ของสารสำคัญในวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับทดสอบ พ.ศ. 2560 ข้อ 4 มาตรฐาน FAO : 2018 (68.25 - 71.75 % w/v)

หมายเหตุ  
รายงานนี้เป็นเอกสารตัวอย่างที่จัดทำขึ้น มีเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น และต้องไม่ถูกทำซ้ำบนเพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ (ยกเว้นทำเองฉบับ) และรายงานโดยห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิตเท่านั้น

ผู้ทดสอบ :   
( นายสาร ฉิมรัมย์ )  
นักวิทยาศาสตร์

ผู้ตรวจสอบ :   
( นานทยา โสณน )  
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้พิมพ์ :   
( นายวิฑูรย์ อภัย )  
ผู้อำนวยการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต



รายงานผลการทดสอบวัตถุอันตรายทางการเกษตร				
ห้องปฏิบัติการทดสอบวัตถุอันตรายทางการเกษตร				
กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4				
เลขที่ 268 หมู่ 12 ถนนสถิตยนิมานกาล ตำบลท่าช้าง อำเภอสว่างวีระวงศ์ จังหวัดอุบลราชธานี 34190				
รายงานผลการทดสอบฉบับแก้ไขของเลขที่รายงานผลการทดสอบ ..... แก้ไขครั้งที่ .....				
เลขที่รายงาน : R001-FML-66		หมายเลขหนังสือรับตัวอย่าง : ที่ กษ 0920/4554		
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง : นางสาวสุปราณี ชุมจันทร์		โทรศัพท์/ โทรสาร : 045-252858		
ที่อยู่ผู้ส่งตัวอย่าง : 268 หมู่ที่ 12 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ตำบลท่าช้าง อำเภอสว่างวีระวงศ์ จังหวัดอุบลราชธานี 34190				
รายละเอียดตัวอย่าง				
ชื่อการค้า : ฟิโพรนิล เอสซี				
ชื่อสามัญ : ฟิโพรนิล (fipronil)				
สารสำคัญ : (±)-5-amino-1-(2,6-dichloro-α-α-α-trifluoro-p-tolyl)-4-trifluoromethylsulfinylpyrazole-3-carbonitrile				
5% W/V SC				
ทะเบียนเลข : 2398-2556		วันที่ผลิต/Lot No. : 151263		วันหมดอายุ : -
สภาพตัวอย่าง : ของเหลว บรรจุขวดพลาสติก ขนาดบรรจุ 1000 มิลลิลิตร				
ผู้ผลิต : บริษัท วี.ซี.เอส อโกร เคมี จำกัด				
ผู้จำหน่าย : บริษัท สหพันธ์ส่งเสริมการเกษตร จำกัด				
ชื่อและที่อยู่ร้านค้าผู้จำหน่าย :				
รหัสตัวอย่างทดสอบ : 001-66-FML		วันที่รับตัวอย่าง : 11 ตุลาคม 2565		
วันที่ทดสอบ : 11 ตุลาคม 2565		วันที่รายงานผล : 17 ตุลาคม 2565		
รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	เกณฑ์กำหนด /สรุปผล	ผู้ทดสอบ
fipronil	4.93 % W/V	In-house method base on fipronil กรมวิชาการเกษตร	4.50 - 5.50 (FAO specification 581/SC (August 2009))	ธศกรณัฏ์ ดุละโก
หมายเหตุ				
- รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น				
- รายงานผลทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน (ยกเว้นทำหิ้งฉบับ) โดยไม่ได้ได้รับความยินยอม เป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ				
Note :				
ผู้ควบคุมการทดสอบ (นางสุภาพร บังพรม)	ผู้ตรวจสอบ (นายอิทธิพล บังพรม)	อนุมัติ (นายอิทธิพล บังพรม)	แทน ผู้อำนวยการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต	
ตำแหน่ง หัวหน้างานตรวจสอบวัตถุอันตรายทางการเกษตร	ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ			

# สำเนา



ห้องปฏิบัติการวัตถุอันตราย กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต  
 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 โทรศัพท์ 039397134 ต่อ 110 โทรสาร 039434536  
 ที่อยู่ 63 หมู่ 6 ตำบลตะบอง อำเภอธวัชบุรี จังหวัดสุรินทร์ 22110

## รายงานผลการทดสอบวัตถุอันตราย

หมายเลขเอกสาร กษ 0922-03-0996-65

วันที่ 1 กันยายน 2565

ชื่อเจ้าของ/ผู้ส่งตัวอย่าง กลุ่มควบคุมตามพระราชบัญญัติ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ที่อยู่ 63 หมู่ 6 ตำบลตะบอง อ.ธวัชบุรี จ.สุรินทร์ 22110 ผู้ส่งมอบ/ผู้รับจ้าง : บริษัท เคมแพค จำกัด / บริษัท เคมแพค จำกัด ผู้จำหน่าย : บริษัท เคมแพค จำกัด		หมายเลขหนังสือรับตัวอย่าง : Lab_No : 65-0606 H-0001 รหัสตัวอย่างทดสอบ (No) 65-L03-AF-1857 วันที่รับตัวอย่าง 10 สิงหาคม 2565 วันที่ทดสอบ 26 สิงหาคม 2565 วันที่รายงานผล 1 กันยายน 2565	
ชื่อการค้า คาร์เบนดาซิม	ชื่อสามัญ คาร์เบนดาซิม (carbendazim)		
ลักษณะสูตร 50% W/V SC	ลักษณะตัวอย่าง รอยผง สีขาว		
รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	เกณฑ์กำหนด	วิธีทดสอบ
คาร์เบนดาซิม	48.0 %	47.5 - 52.5 %	In house method base on CPAC Handbook Volume H, 1998


- หมายเหตุ
- \* รายงานนี้ไม่สงวนลิขสิทธิ์เป็นนันทนาการเท่านั้น
  - \* ผลทดสอบนี้เป็นผลทดสอบตามตัวอย่างที่ได้รับ
  - \* รายงานผลทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาและเผยแพร่แก่ผู้อื่น ยกเว้นที่ที่มอบโดยได้รับพยานยินยอม
  - \* เป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ
  - \* ND : Not Detected

วิเคราะห์  
 (นางสาวประไพ พลพร)  
 นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้ควบคุม  
 (นางสาวประไพ พลพร)  
 หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์วัตถุอันตราย  
 ทางการเกษตร

ผู้อนุมัติ  
 (นางเกษิณี ฉันทพิโรธสุน)  
 ผู้อำนวยการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืช  
 และปัจจัยการผลิต

การนำวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมแบบสารรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และสารสกัดจากพืช โดย GC จำนวน 30 ชนิด ไปใช้ทดสอบเพื่อนำผลไปใช้ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางเกษตร 2535 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 และ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562



กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๑๐๐  
โทรศัพท์ ๐ ๒๖๕๐ ๕๕๕๖ โทรสาร ๐ ๒๖๕๐ ๖๔๕๕  
๒๕๖๕ ตุลาคม ๒๕๖๕

เลขที่รายงาน ที่ กษ ๐๖๑๖/๒๕๖๕/๑

เรื่อง รายงานผลการทดสอบตัวอย่าง วัตถุอันตราย  
เรียน ผู้อำนวยการสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร  
สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่ กษ ๐๖๑๖/๒๕๖๕/๑ ลงวันที่ ๕ ตุลาคม ๒๕๖๕  
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ขอแจ้งผลการวิเคราะห์วัตถุอันตรายตามหนังสือที่อ้างถึง ศีรษะละเอียด  
ในขอบข่ายของหนังสือ

ขอแสดงความนับถือ

(นางจีราพรรณ ทองหยอด)  
ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร  
รายงานผลการทดสอบ  
กลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจควบคุมภาพวัตถุมีพิษการเกษตร

ชื่อ-ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร 50 กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพฯ โทรศัพท์ 0 2940 5434 โทรสาร - ผู้นำเข้า ไม่ระบุ ผู้ผลิต ไม่ระบุ ผู้จำหน่าย ไม่ระบุ		หมายเลขหนังสือรับตัวอย่าง F01236/65 รหัสตัวอย่างทดสอบ 65-F-2181 วันที่รับตัวอย่าง 6 ตุลาคม 2565 วันที่ทดสอบ 6 ตุลาคม 2565 - 31 ตุลาคม 2565 วันที่รายงานผล 31 ตุลาคม 2565		
ชื่อการค้า XXX	ชื่อสามัญ ไม่ระบุ			
สภาพตัวอย่าง ของแข็ง บรรจุ ซองฟอยล์ ขนาด 100 กรัม	ลักษณะสูตร ไม่ระบุ			
รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	เกณฑ์กำหนด	วิธีทดสอบ	ผู้ทดสอบ
1. แมงโคเซบ (mancozeb)	30.0 % W/W	-	CPAC H	ศวรรัตน์
2. คาร์เบนดาซิม (carbendazim)	ตรวจไม่พบ	-	In-house method TM-106- F08 based on CPAC Handbook Vol. H 1998	ฉจรรัตน์
3. อะซอกซีสโตรบิน (azoxystrobin)	ตรวจไม่พบ	-	CPAC M	ธัญชา


Lab No : 65-1205-H-0013  
รายงานนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น  
รายงานผลทดสอบนี้จะไม่ถูกใช้สำเนาระงับเพื่อแจ้งงานอื่น (ยกเว้นค่าห้องปฏิบัติการ) โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ  
นายอเทพ ศุภราชละเอียด แบบ กษ.9

ผู้ตรวจสอบ



(นายภาวศิมภ มั่งคั่งดี)  
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้อนุมัติ



(นายประชาสิทธิ์ พงษ์สิริใหญ่)  
ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร



## ภาคผนวก 4

### หลักฐานการปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

รายละเอียดการขอขยายระยะเวลาดำเนินงานโครงการวิจัย ประจำปี 2565

(63 โครงการวิจัย)

1. ชื่อโครงการวิจัย พัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพใบแจ้งผลการผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และยกระดับคุณภาพของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย (โครงการวิจัยลำดับที่ 56)

ชื่อหัวหน้าโครงการ นางสาวจริรัตน์ ภูสวลีวิริยะวงศ์ สังกัด กองวิจัยพัฒนาใบแจ้งผลการผลิตทางอวกาศเกษตร.

2. เหตุผลความจำเป็นที่ขอขยาย

ด้าน	เหตุผลความจำเป็น
3. อื่นๆ	<p>เพื่อการเผยแพร่ผลงานวิจัย และการถ่ายทอดเทคโนโลยี</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การตีพิมพ์บทความวิจัย</li> <li>- การจัดการฝึกอบรมถ่ายทอด</li> <li>- การจัดทำรายงานผลสัมฤทธิ์</li> </ul> <p>เนื่องจากงานวิจัยเพิ่งเสร็จสิ้น ไม่สามารถตีพิมพ์บทความวิจัย และจัดการฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ทันภายในเดือนกันยายน โดยจะดำเนินการให้แล้วเสร็จในเดือนธันวาคม</p>

3. แผนการดำเนินงาน/แผนการใช้จ่ายงบประมาณในส่วนของระยะเวลาที่ขอขยาย (ให้ตรวจสอบงบประมาณที่คงเหลือจริงก่อนนำมาจัดทำแผน)

3.1 แผนการดำเนินงาน

แผนดำเนินงาน (กิจกรรมการดำเนินงาน)	แผนการดำเนินงาน					
	ต.ค.65	พ.ย.65	ธ.ค.65	ม.ค.66	ก.พ.66	มี.ค.66
1. โครงการวิจัยย่อยที่ 281. พัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพใบแจ้งผลการผลิต ตรวจสอบคุณภาพของใบแจ้งผลการผลิต						
- รายงานผลสัมฤทธิ์ (ภายใน 29 ธ.ค. 65)	←		→			
2. โครงการวิจัยย่อยที่ 282. พัฒนาระบบการตรวจรับรองคุณภาพใบแจ้งผลการผลิต รับรองสารปนเปื้อน (ปุ๋ยเคมี, ปุ๋ยอินทรีย์, ปุ๋ยชีวภาพ และอินทรีย์)						
- การตีพิมพ์บทความวิจัย	←		→			
- การจัดการฝึกอบรมถ่ายทอด		←	→			
- รายงานผลสัมฤทธิ์ (ภายใน 29 ธ.ค. 65)			←	→		
3. โครงการวิจัยย่อยที่ 283. วิจัยและพัฒนาเทคนิคการทดสอบแบบสวิตช์ รวมและสวิตช์เดี่ยวในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์จากดินร่วนซุยของดินร่วนซุย จำนวนน้ำในดิน						
- การตีพิมพ์บทความวิจัย	←		→			
- รายงานผลสัมฤทธิ์ (ภายใน 29 ธ.ค. 65)			←	→		
3. โครงการวิจัยย่อยที่ 284. วิจัยและพัฒนาเทคนิคการทดสอบแบบสวิตช์ รวมและสวิตช์เดี่ยวในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์จากดินร่วนซุยของดินร่วนซุย จำนวนน้ำในดิน						
- การตีพิมพ์บทความวิจัย	←		→			
- การจัดการฝึกอบรมถ่ายทอด		←	→			
- รายงานผลสัมฤทธิ์ (ภายใน 29 ธ.ค. 65)			←	→		