



การประชุมวิชาการ

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ประจำปี 2561

“บูรณาการงานวิจัย สู่เกษตรกรไทยยุคดิจิทัล”



25 - 27 มิถุนายน 2561

ณ โรงแรมศุภาลัย ป่าสัก รีสอร์ท แอนด์ สปา
อ.แท่งกอย จ. สระบุรี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กรมวิชาการเกษตร

คำนำ

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร มีบทบาทหน้าที่ ศึกษา ค้นคว้า วิจัย พัฒนาวิชาการ และให้บริการวิเคราะห์ ตรวจสอบ ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตทางการเกษตรต่างๆ ได้แก่ ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุมีพิษทางการเกษตร วัสดุการเกษตร วัตถุเคมีการเกษตร และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้สร้างงานวิจัย และงานบริการด้านปัจจัยการผลิตที่มีคุณค่าให้กับการพัฒนาการเกษตรของประเทศ ทั้งนี้ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรจัดให้มีการประชุมวิชาการอย่างต่อเนื่องทุกปี เพื่อให้นักวิจัยได้มีโอกาสนำเสนอผลงานวิจัย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนักวิจัยภายในหน่วยงาน รวมทั้งเป็นการต่อยอดงานวิจัย เพื่อพัฒนา ปรับเปลี่ยน และเพิ่มประสิทธิภาพระบบการผลิตพืช นอกจากนี้ ผลงานวิจัยที่ได้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการขับเคลื่อนภาคการเกษตรในยุคเกษตร 4.0 ได้อย่างแท้จริง สำหรับในปีงบประมาณ 2561 กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรได้จัดการประชุมวิชาการระหว่างวันที่ 25 - 27 มิถุนายน 2561 ณ โรงแรมศุภาลัย ป่าสัก รีสอร์ท แอนด์ สปา อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ภายใต้หัวข้อ “บูรณาการงานวิจัย สู่เกษตรไทยยุคดิจิทัล” เพื่อให้เกิดความร่วมมือร่วมใจของนักวิจัย ในการสร้างสรรค์ผลงานวิจัยด้านปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพ สู่การนำไปใช้ประโยชน์

ในการประชุมวิชาการครั้งนี้ ได้มีการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งภาคบรรยาย จำนวน 17 เรื่อง และภาคโปสเตอร์ จำนวน 15 เรื่อง โดยได้จัดทำเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ สำหรับใช้ในการติดตามความก้าวหน้าผลการดำเนินงานวิจัยและนำไปใช้ประโยชน์สู่การพัฒนากระบวนการจัดการปัจจัยการผลิตทางการเกษตรได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิต สามารถแข่งขันในตลาดได้อย่างยั่งยืน ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร หวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2561 ฉบับนี้จะมีคุณค่า และเป็นประโยชน์กับผู้ที่สนใจ นำไปพัฒนา และประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาการเกษตรของประเทศต่อไป



(นางสาวลมัย ชูเกียรติวัฒนา)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
กำหนดการ	ก - ง
ภาคบรรยาย	
กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา	
เรื่องที่ 1 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยโคลนดีเด่น ในพื้นที่ดินเหนียว ชุดดินสมอทอด	1
เรื่องที่ 2 ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อประชากรแบคทีเรียในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน	11
เรื่องที่ 3 ศึกษาความเข้ากันได้ของวัตถุติบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เคมี	22
เรื่องที่ 4 ศึกษารูปแบบการจัดการดินเพื่อผลิตข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ในกลุ่มดินเหนียว	27
เรื่องที่ 5 ศึกษาการให้น้ำในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่เหมาะสมในพื้นที่ดินเหนียว-ร่วนเหนียว	35
เรื่องที่ 6 การประเมินการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนที่ระเหิดจากดินต่าง	47
กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี	
เรื่องที่ 7 ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช แพคโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol) จิบเบอเรลลิก แอซิด (Gibberellic acid) เอทีฟอน (Ethephon) 1-แนปทาซีนอะซิติก แอซิด (1-Naphthaleneacetic acid) จากแหล่งจำหน่ายในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก	56
เรื่องที่ 8 การใช้ค่าวิเคราะห์ดินเพื่อการจัดการดินและลดต้นทุนการผลิตมะม่วงในพื้นที่ดำเนินงานกิจกรรมดูแลสุขภาพดินและน้ำเพื่อเกษตรกรพื้นที่จังหวัดพิจิตร	65
เรื่องที่ 9 การตรวจติดตามให้คำแนะนำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 - 8	75
เรื่องที่ 10 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ของบูทราลิน และไตรเนกซาแพก-เอทิล ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	84
ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น	
เรื่องที่ 11 การพัฒนาต้นแบบโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อย่างง่าย	94
กลุ่มบริหารโครงการวิจัย	
เรื่องที่ 12 สรุปแผน - ผลการดำเนินงานตามภารกิจ กปผ. และงานตามนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี 2560 - 2561	102
กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร	
เรื่องที่ 13 ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ฟิโนบูคาร์บ (fenobucarb), คาร์โบซัลแฟน (carbosulfan), ไดยูรอน (diuron), โคลมาโซน (clomazone), เพนดิเมทาลิน (pendimethalin), ควินคลอแรก (quinclorac) และ บิสไพริแบค-โซเดียม (bispiribac-sodium)	113
เรื่องที่ 14 ทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดพืชสะเดา ว่านน้ำและหางไหล ที่มีต่อแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในแปลงพริก	123
เรื่องที่ 15 การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างพาราควอตในดิน	135
เรื่องที่ 16 การศึกษาสารพิษตกค้าง Dinotefuran Imidacloprid และ Thiamethoxam ในสับปะรด เพื่อกำหนดค่า Import Tolerance	144
ฝ่ายบริหารทั่วไป	
เรื่องที่ 17 แนวทางการปฏิบัติงานของฝ่ายบริหารทั่วไป กปผ.	154

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคโปสเตอร์

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

เรื่องที่ 1	การจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ เพื่อการผลิตข้าวโพดหวานในกลุ่มดินร่วน จังหวัดราชบุรี	169
เรื่องที่ 2	การคัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและโพแทชจากดินรอบรากและรากสับปะรด	174
เรื่องที่ 3	การเทียบค่าความชื้นดินกับอุปกรณ์วัดความชื้นดิน	179
เรื่องที่ 4	อัตราปุ๋ยโพแทชต่อการดูใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	184
เรื่องที่ 5	การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์	188

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

เรื่องที่ 6	การวิจัยและพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายไนเตรท และฟอสเฟตเพื่อประเมินคุณภาพน้ำทางการเกษตร	192
เรื่องที่ 7	พัฒนาวิธีวิเคราะห์เนื้อดินในดินที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ	197
เรื่องที่ 8	พัฒนาวิธีวิเคราะห์และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืช	202
เรื่องที่ 9	การได้รับการรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบธาตุอาหารรองในปุ๋ยเคมีตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025	207
เรื่องที่ 10	ศึกษาผลของปริมาณยูเรียต่อค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ในปุ๋ยเคมี	212

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น

เรื่องที่ 11	ผลของปุ๋ยหมักเติมอากาศและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต้ม	217
--------------	--	-----

กลุ่มวิจัยวัสดุภูมิพิษการเกษตร

เรื่องที่ 12	การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลงในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช : บูโพรเฟซิน ไพริดาเบน เบตา-ไซฟลูทริน และอีทิโพรล	222
เรื่องที่ 13	วิจัยการใช้เทคนิคที่แอลซีสมรรถนะสูง (HPTLC) ในการทำเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของสารสำคัญในหนอนตายหยาก	227
เรื่องที่ 14	การเผ่าระวังสารกำจัดวัชพืชพาราควอตที่ตกค้างในผัก	232

ภาคผนวก

คำสั่ง กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ที่ 9/2561 เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานจัดประชุมวิชาการประจำปี 2561

กำหนดการ

การประชุมวิชาการ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ประจำปี ๒๕๖๑

เรื่อง “บูรณาการงานวิจัยสู่เกษตรกรไทยยุคดิจิทัล”

วันที่ ๒๕ - ๒๗ มิถุนายน ๒๕๖๑

ณ โรงแรมศุภาลัย ป่าสัก รีสอร์ท แอนด์ สปา อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

วันจันทร์ที่ ๒๕ มิถุนายน ๒๕๖๑

ภาคเช้า

- ๐๖.๓๐ - ๐๘.๐๐ น. ออกเดินทางจากกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- ๐๘.๐๐ - ๐๘.๓๐ น. ลงทะเบียน
- ๐๘.๓๐ - ๑๐.๐๐ น. พัก - อาหารว่างและเครื่องดื่ม
- ๑๐.๐๐ - ๑๐.๒๐ น. กล่าวต้อนรับผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการ
โดย นางสาวลมัย ชูเกียรติวัฒนา ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- ๑๐.๒๐ - ๑๐.๓๐ น. การนำเสนอผลงานวิจัย : กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
ประธาน นายพีรพงษ์ เชาวนพงษ์ นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
เลขานุการ นางสาวทิพวรรณ แก้วหนู นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
- ๑๐.๓๐ - ๑๐.๕๕ น. เรื่อง ประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยโคสนดีเด่น ในพื้นที่ดินเหนียว ชุดดินสมอทอด
โดย นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
- ๑๐.๕๕ - ๑๑.๐๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๑.๐๐ - ๑๑.๒๕ น. เรื่อง ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อประชากรแบคทีเรียในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย
จ.แม่ฮ่องสอน
โดย นายมนต์ชัย มนัสสิลา นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
- ๑๑.๒๕ - ๑๑.๓๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๑.๓๐ - ๑๑.๕๕ น. เรื่อง ศึกษาความเข้ากันได้ของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เคมี
โดย นางสาวสุตา รื่นเจริญ นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
- ๑๑.๕๕ - ๑๒.๐๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๒.๐๐ - ๑๓.๐๐ น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

ภาคบ่าย

- ๑๓.๐๐ - ๑๕.๐๐ น. บรรยายพิเศษ “การปรับตัวขององค์กรภาครัฐเพื่อรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงยุคดิจิทัล”
โดย พันเอก ดร.เศรษฐพงศ์ มะลิสุวรรณ
- ๑๕.๐๐ - ๑๕.๒๐ น. พัก - อาหารว่างและเครื่องดื่ม
- ๑๕.๒๐ - ๑๕.๔๕ น. เรื่อง ศึกษารูปแบบการจัดการดินเพื่อผลิตข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ในกลุ่มดินเหนียว
โดย นางสาวรมิดา ชันตรีกรม นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
- ๑๕.๔๕ - ๑๕.๕๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๕.๕๐ - ๑๖.๑๕ น. เรื่อง ศึกษาการให้น้ำในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่เหมาะสมในพื้นที่ดินเหนียว-ร่วนเหนียว
โดย นายรัฐกร สืบคำ นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
- ๑๖.๑๕ - ๑๖.๒๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๖.๒๐ - ๑๗.๐๐ น. ขมนิทรรศน์และผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์
- ๑๘.๐๐ น. รับประทานอาหารเย็น

วันอังคารที่ ๒๖ มิถุนายน ๒๕๖๑

ภาคเช้า

- ๐๙.๐๐ – ๐๙.๑๐ น. การนำเสนอผลงานวิจัย : กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี และกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
ประธาน นางสาวจรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
เลขานุการ นางสาวกัญธนา คล้ายแก้ว นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
- ๐๙.๑๐ – ๐๙.๓๕ น. เรื่อง การประเมินการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนที่ระเหิดจากดินต่าง
โดย นางสาวกิตติเมธ แจ่มศิริกุล นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
- ๐๙.๓๕ – ๐๙.๔๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๐๙.๔๐ – ๑๐.๐๕ น. เรื่อง ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช แพคโคบิวทราโซล
(Paclobutrazol) จิบเบอเรลลิก แอซิด (Gibberellic acid) เอทีฟอน (Ethephon)
1-แนฟทาไลน์อะซิติก แอซิด (1-Naphthaleneacetic acid) จากแหล่งจำหน่ายในพื้นที่ภาคเหนือ
ภาคกลาง และภาคตะวันออก
โดย นางสาวเพชรรัตน์ ศิริวิ นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
- ๑๐.๐๕ – ๑๐.๑๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๐.๑๐ – ๑๐.๓๕ น. เรื่อง การใช้ค่าวิเคราะห์ดินเพื่อการจัดการดินและลดต้นทุนการผลิตมะม่วงในพื้นที่ดำเนินงาน
กิจกรรมดูแลสุขภาพดินและน้ำเพื่อเกษตรกรรมพื้นที่จังหวัดพิจิตร
โดย นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
- ๑๐.๓๕ – ๑๐.๔๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๐.๔๐ – ๑๑.๐๐ น. พัก – อาหารว่างและเครื่องดื่ม
- ๑๑.๐๐ – ๑๑.๒๕ น. เรื่อง การตรวจติดตามให้คำแนะนำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร
เขตที่ 1 - 8
โดย นางรัตนภรณ์ คชวงศ์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
- ๑๑.๒๕ – ๑๑.๓๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๑.๓๐ – ๑๑.๕๕ น. เรื่อง ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ของบูทราลิน และไตรเนกซาแพก-เอทิล ในผลิตภัณฑ์
สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
โดย นางสาวสุพิศสา ทองเขียว นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
- ๑๑.๕๕ – ๑๒.๐๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐ น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

ภาคบ่าย

- ๑๓.๐๐ – ๑๔.๐๐ น. พิธีเปิดการประชุมวิชาการประจำปี ๒๕๖๑
โดย นายสุวิทย์ ชัยเกียรติยศ อธิบดีกรมวิชาการเกษตร
- ชมภาพนิ่งประกอบการบรรยายผลการดำเนินงานของ กปผ.
 - อธิบดีกรมวิชาการเกษตรให้โอวาท และมอบนโยบายแก่บุคลากร
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- ๑๔.๐๐ – ๑๔.๒๐ น. พัก – อาหารว่างและเครื่องดื่ม
- ๑๔.๒๐ – ๑๔.๔๕ น. เรื่อง การพัฒนาต้นแบบโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์อย่างง่าย
โดย นางอุษฎา สุขจันทร์
ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น
- ๑๔.๔๕ – ๑๔.๕๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ

- ๑๔.๕๐ – ๑๕.๑๕ น. เรื่อง สรุปแผน - ผลการดำเนินงานตามภารกิจ กปผ. และงานตามนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี 2560 - 2561
โดย นางสาวศิลดา ประนาโส นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
- ๑๕.๑๕ – ๑๕.๒๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๕.๒๐ – ๑๗.๓๐ น. กิจกรรมกลุ่มเสริมสร้างความสัมพันธ์ของบุคลากรภายใน กปผ. โดยวิทยากรภายนอก แบ่งเป็น ๕ กลุ่ม ดังนี้
- กลุ่ม ๑ โดย ๑. นายจรัญ กุหลาบ
๒. นายชนาธิป พวงทอง
 - กลุ่ม ๒ โดย ๑. นายถวิล จำพิมาย
๒. นางสาวมนปรียา แรงการไถ
 - กลุ่ม ๓ โดย ๑. นางสาวสุจิตรา ปราชนีย์
๒. นายวารินทร์ ยอดบุตร
 - กลุ่ม ๔ โดย ๑. นางสาวสุรรัตน์ มีเจตนา
๒. นางสาวโสภิตา ปะมะระกา
 - กลุ่ม ๕ โดย ๑. นางสาวนิตยา พิมพ์ธรรม
๒. นางสาวคุณณภัค ชุมนุททิพ
- ๑๘.๐๐ น. รับประทานอาหารเย็น

วันพุธที่ ๒๗ มิถุนายน ๒๕๖๑

ภาคเช้า

- ๐๙.๐๐ – ๐๙.๑๐ น. การนำเสนอผลงานวิจัย : กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร และฝ่ายบริหารทั่วไป
ประธาน นางสาวจินตนา ภู่มงกุฎชัย นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
เลขานุการ นางสาววະนิตา สุขประเสริฐ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
- ๐๙.๑๐ – ๐๙.๓๕ น. เรื่อง ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์วัตถุดิบอันตรายทางการเกษตร ฟิโนบูคาร์บ (fenobucarb), คาร์โบซัลแฟน (carbosulfan), ไดยูรอน (diuron), โคลมาโซน (clomazone), เพนดิเมทาลิน (pendimethalin), ควินคลอแรก (quinclorac) และบิสไพริแบค-โซเดียม (bispribac-sodium)
โดย นายฉลองรัตน์ หมั่นขวา นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
- ๐๙.๓๕ – ๐๙.๔๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๐๙.๔๐ – ๑๐.๐๕ น. เรื่อง ทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดพืชสะเดา ว่านน้ำและหางไหล ที่มีต่อแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในแปลงพริก
โดย นางธนิดา คำอำนวย นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
- ๑๐.๐๕ – ๑๐.๑๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๐.๑๐ – ๑๐.๓๕ น. เรื่อง การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างพาราควอตในดิน
โดย นางมลิสรา เวชยานนท์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
- ๑๐.๓๕ – ๑๐.๔๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๐.๔๐ – ๑๑.๐๐ น. พักร - อาหารว่างและเครื่องดื่ม

- ๑๑.๐๐ – ๑๑.๒๕ น. เรื่อง การศึกษาสารพิษตกค้าง Dinotefuran Imidacloprid และ Thiamethoxam ในสับปะรด เพื่อกำหนดค่า Import Tolerance
โดย นางสาวมัลลิกา ทองเขียว นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
- ๑๑.๒๕ – ๑๑.๓๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
- ๑๑.๓๐ – ๑๑.๕๕ น. เรื่อง แนวทางการปฏิบัติงานของฝ่ายบริหารทั่วไป กปผ.
โดย นางสาวชลธิชา จันทระทีป เจ้าหน้าที่งานธุรการปฏิบัติงาน
นางสาวอัมพา อัมภรัตน์ นักวิชาการพัสดุ
นางสาวภัทรกร จิระโคถาวร นักวิชาการพัสดุ

๑๑.๕๕ – ๑๒.๐๐ น. ชักถามปัญหาและข้อเสนอแนะ

๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐ น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

ภาคบ่าย

- ๑๓.๐๐ – ๑๕.๐๐ น. เรื่อง ยุทธศาสตร์การขับเคลื่อนงานวิจัยของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
โดย ผู้เชี่ยวชาญกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- ๑๕.๐๐ – ๑๕.๒๐ น. พักรับประทานอาหารว่างและเครื่องดื่ม
- ๑๕.๒๐ – ๑๕.๕๐ น. สรุปผลการประชุมวิชาการ
- ๑๕.๕๐ – ๑๖.๒๐ น. พิธีมอบรางวัลผู้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์
- ๑๖.๒๐ – ๑๖.๓๐ น. พิธีปิดการประชุมวิชาการ
- ๑๖.๓๐ น. เดินทางกลับกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ภาคบรรยาย

ประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยโคลนดีเด่นในพื้นที่ดินเหนียวชุดดินสมอทอด

Water Use Efficiency of the Promising Sugarcane Clones

in Clay Soil : Samo Thod Soil Series

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์^{1/} ศุภกาญจน์ ล้วนมณี^{1/} ดาวรุ่ง คงเทียน^{2/} นัฐภัทร์ คำหล้า^{2/} วรกานต์ ยอดชมภู^{2/}
อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข^{3/} วีระพล พลรักดี^{4/} กิตจเมธ แจ่มศิริกุล^{1/} รัฐกร สืบคำ^{1/}

^{1/} กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

^{2/} ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

^{3/} ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี

^{4/} ข้าราชการบำนาญ

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อย ซึ่งความต้องการน้ำของอ้อยจะแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ อายุ และสภาพแวดล้อม จึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยโคลนดีเด่น เพื่อนำไปใช้ในการประเมินพันธุ์สำหรับการคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมในดินเหนียว โดยเป้าหมายในการศึกษานี้เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่มากกว่าพันธุ์มาตรฐานขอนแก่น 3 อย่างน้อย 1 พันธุ์ โดยทำการทดลองในชุดดินสมอทอด ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก เป็นการให้น้ำ 3 ระดับ ได้แก่ ไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) ให้น้ำ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อยโดยระบบน้ำหยด ปัจจัยรอง ได้แก่ อ้อย 3 โคลน และ 1 พันธุ์ ได้แก่ KK07-037 NSUT10-310 UT07-317 และพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยทุกวิธีการทดลองให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเท่ากัน คือ 18-9-18 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ผลการศึกษาในช่วงตั้งแต่ปลูกอ้อยจนถึงเก็บเกี่ยว (1 กุมภาพันธ์ 2560 - 2 มกราคม 2561) มีการให้น้ำอ้อยดังนี้ ไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) มีการให้น้ำในระยะตั้งแต่ 182 มิลลิเมตร ให้น้ำ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อย มีการให้น้ำ 191 และ 199 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยที่อ้อยปลูกมีความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูก 2,309 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูก 1,489 มิลลิเมตร ในด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต พบว่าการให้น้ำที่ระดับต่าง ๆ ร่วมกับโคลนและพันธุ์อ้อย ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน และการให้น้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกพารามิเตอร์ที่ศึกษา เนื่องจากมีปริมาณและการกระจายตัวของฝนดี โดยที่โคลน KK07-037 ให้ความยาวลำ จำนวนลำ และผลผลิตสูงสุด คือ 412 เซนติเมตร 15,071 ลำต่อไร่ และ 29,066 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มากกว่าโคลนและพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ในทางกลับกันกับมีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต่ำสุด ส่งผลให้ล้มง่าย และมีค่าปริมาตร ซีซีเอส (CCS) และผลผลิตน้ำตาลต่ำสุดด้วย สำหรับโคลน NSUT10-310 ให้ค่าซีซีเอสสูงสุด 13.3 ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล 3,217 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีค่าซีซีเอส 12.5 ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล 3,241 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าและแตกต่างกับโคลน UT07-037 และโคลน KK07-037 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) พบว่าโคลน KK07-037 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด และแตกต่างจากทุกโคลนและพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) คือ 12.6 กิโลกรัมผลผลิตต่อการใช้น้ำ 1 มิลลิเมตร รองลงมาเป็นพันธุ์ขอนแก่น 3 NSUT10-310 และ UT07-317 คือ 11.2 10.5 และ 10.3 กิโลกรัมผลผลิตต่อการใช้น้ำ 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ และควรมีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยในแต่ละพันธุ์ต่อไป

คำนำ

อ้อย เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปีการผลิต 2559/60 มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศจำนวน 10.99 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยส่งโรงงาน 9.86 ล้านไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อยทำพันธุ์ 1.13 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่ลดลงจากปีการผลิต 2558/2559 จำนวน 24,350 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.22 เนื่องจากได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง ผลผลิตทั้งหมด 92.99 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศ 9.51 ตันต่อไร่ ผลิตน้ำตาลทรายได้ 10.23 ล้านตัน จังหวัดที่มีพื้นที่

การผลิตอ้อยมาก 5 จังหวัดแรก ได้แก่ นครสวรรค์ กำแพงเพชร กาญจนบุรี อุตรธานี และลพบุรี (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560) ในปี พ.ศ. 2558/2559 โรงงานน้ำตาลในประเทศไทยมีทั้งหมด 52 โรงงาน ผลิตน้ำตาลได้ 9.8 ล้านตัน ประสิทธิภาพการผลิต 104 กิโลกรัมต่อตันอ้อย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559ก) โดยปริมาณน้ำตาลทรายร้อยละ 73 ส่งออกต่างประเทศ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2559)

ประเทศที่นำเข้าน้ำตาลทรายจากประเทศไทยสูงสุด 5 อันดับแรก ในปี พ.ศ. 2559 คือ อินโดนีเซีย กัมพูชา เมียนมาร์ จีน และฟิลิปปินส์ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559ข) ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีรายได้จากการส่งออกน้ำตาลทรายเป็นอันดับ 2 ของโลก ในปี 2558 มีรายได้จากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายปีละประมาณ 200,000 ล้านบาท แต่เกษตรกรก็ยังคงมีความยากจนโดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย เนื่องจากพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และขาดแหล่งน้ำ ทำให้ได้ผลผลิตต่ำแต่ต้นทุนการผลิตสูง (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559ก)

ศักยภาพการผลิตอ้อยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์และสภาพแวดล้อมซึ่งประกอบด้วยสภาพพื้นที่ ชนิดดิน ภูมิอากาศ เป็นต้น ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมนั้นมีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตของอ้อยปลูกถึง 74 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าด้านพันธุ์ซึ่งมีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ในอ้อยต่อนั้นบทบาทของพันธุ์จะมีเพิ่มมากขึ้นเป็น 16 เปอร์เซ็นต์ในอ้อยต่อ 1 และ 20 เปอร์เซ็นต์ในอ้อยต่อ 2 (วีระพล, 2555) สภาพแวดล้อม เช่น สมบัติดิน น้ำฝนและความชื้นดินที่เป็นประโยชน์ และอุณหภูมิที่เหมาะสม เป็นตัวกระตุ้นให้อ้อยแต่ละพันธุ์แสดงออกโดยให้ผลผลิตสูงสุด (กอบเกียรติ, 2555ก)

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยมีหลายปัจจัย เช่น การปรับปรุงและเลือกใช้พันธุ์ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูง และเหมาะสมกับพื้นที่ การเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม การวางแผนการปลูกให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนการจัดการดินและปุ๋ยอย่างเหมาะสมกับลักษณะและสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อย ซึ่งความต้องการน้ำของอ้อยจะแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ โครงสร้างของพืช อายุ ระบบราก และสภาพแวดล้อม แต่เนื่องจากแหล่งน้ำที่ใช้ในการเกษตรของประเทศไทยมีจำกัด จึงต้องมีการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันเชิงพาณิชย์ พร้อมรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งนับวันจะมีความรุนแรงมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน จึงทำให้มีความเสี่ยงที่จะได้รับความเสียหายค่อนข้างสูงเมื่อเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานาน และทำให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศต่ำ การเพิ่มประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบปริมาณความต้องการน้ำของอ้อยแต่ละพันธุ์ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อสามารถจัดการช่วงฤดูปลูกและการให้น้ำเสริมอย่างเพียงพอและเหมาะสมในภาวะวิกฤตได้ แนวทางการลดต้นทุนในการผลิตอ้อยวิธีหนึ่งสามารถทำได้ คือการปรับปรุงพันธุ์อ้อยที่มีประสิทธิภาพสูงในการใช้น้ำหรือศักยภาพการให้ผลผลิตสูงในสภาพที่มีน้ำจำกัดได้ (กอบเกียรติ, 2556)

งานวิจัยนี้ถือได้ว่าดำเนินตามนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ขับเคลื่อนขยายผล และปรับปรุงจากนโยบายเดิม โดยยึดหลัก 3 ต. คือ 1. ต่อ คือ เดิมที่ทำอยู่มีผลดีนำมาทำต่อและขยายผลให้ครอบคลุม 2. เดิม คือ งานที่ทำอยู่แล้วควรเพิ่มเติมอะไร เพื่อให้ดีขึ้น 3. แต่ง คือ ไม่ดีนำมาปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือบูรณาการให้ดีขึ้น (สุวิทย์, 2560) ซึ่งในปัจจุบันการดำเนินการของนักวิจัยทางด้านปรับปรุงพันธุ์อ้อย ยังขาดข้อมูลในเรื่องของการตอบสนองต่อการใช้น้ำของอ้อยในแต่ละพันธุ์ ซึ่งไม่สามารถทำควบคู่กันได้ในขั้นตอนของการปรับปรุงพันธุ์ การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการ “ต่อ เดิม แต่ง” งานเดิมที่ทำอยู่แล้วให้ดีขึ้น โดยการนำอ้อยโคลนดีเด่นที่ปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว มาทดสอบศักยภาพการใช้น้ำในแต่ละระดับการให้น้ำที่แตกต่างกันของแต่ละโคลนอ้อย เพื่อนำไปใช้ในการประเมินและรับรองพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมกับแต่ละสภาพพื้นที่ต่อไปได้ โดยเป้าหมายในการศึกษานี้เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่มากกว่าพันธุ์มาตรฐานขอนแก่น 3 อย่างน้อย 1 พันธุ์

วิธีดำเนินการ

1. ดำเนินการเตรียมพันธุ์อ้อย ได้แก่ โคลน KK07-037 NSUT10-310 UT07-317 และพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยปลูกขยายโคลน/พันธุ์ละ 400 ตารางเมตร ทำการปลูกเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2559

2. ดำเนินการศึกษาลักษณะ และสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน โดยแปลงที่ทำการทดลองอยู่ในศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ (แปลง C3) ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ จำแนกได้เป็นชุดดินสมอทอด (Very-fine, smectitic, isohyperthermic Chromic Haplusterts) ที่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มดินเหนียว เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย

แบ่ง ที่ระดับความลึก 0-150 เซนติเมตร ดินมีความจุความชื้นสนาม (Field capacity; FC) 958 มิลลิเมตร ความจุความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (Permanent wilting point; PWP) 884 มิลลิเมตร และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของพืช (Available Water Capacity; AWC) 74.1 มิลลิเมตร (Figure 1 และ Table 1) สุ่มเก็บตัวอย่างดิน 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกพบว่าเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.5 และ 6.7 ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง อินทรีย์วัตถุ 1.96 และ 1.44 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12 และ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำ (Table 2) จากผลการวิเคราะห์ดินทำให้ได้อัตราปุ๋ยสำหรับอ้อยในสภาพที่มีการให้น้ำ คือ 18-9-18 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (กอบเกียรติ, 2556)

3. วางแผนการทดลองแบบ Split plot 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก (Main plot) เป็นการให้น้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 1) ไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) 2) ให้น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อยโดยระบบน้ำหยด 3) ให้น้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อยโดยระบบน้ำหยด ปัจจัยรอง (Sub plot) เป็นอ้อย 3 โคลน และ 1 พันธุ์ ได้แก่ โคลน KK07-037 โคลน NSUT10-310 โคลน UT07-317 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ปลูกอ้อยเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560 ขนาดของแปลงย่อย 13.5 x 9 เมตร ใช้ระยะปลูก 1.5 x 0.5 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 40.5 ตารางเมตร ใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก 9-9-9 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3 เดือน 9 กิโลกรัม N ต่อไร่ เก็บเกี่ยวอ้อยเมื่อวันที่ 29-31 มกราคม 2561

4. การให้น้ำในกรรมวิธีที่มีการให้น้ำ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อย เป็นการให้น้ำแบบระบบน้ำหยด โดยพิจารณาความต้องการน้ำของอ้อย จากอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อย (ET_c) คำนวณการให้น้ำตามวิธีของ Smith (1992) จากสมการ $ET_c = K_c \times ET_o$ โดยที่ K_c เป็นค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient) สำหรับอ้อยแต่ละอายุการเจริญเติบโต โดยใช้ค่า K_c ของพันธุ์ขอนแก่น 3 (กอบเกียรติ, 2556) ส่วนค่า ET_o เป็นอัตราการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง ดัดแปลงจากวิธีของ Braney-Criddle (FAO, 1986) โดยใช้สมการ $ET_o = p(0.46T_{mean} + 8)$ ค่า p เป็นเปอร์เซ็นต์ชั่วโมงกลางวันในรอบปีเฉลี่ยรายวัน (mean daily percentage of annual daytime hours: p) และ T_{mean} หมายถึง อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย คำนวณปริมาณน้ำที่ให้เสริมที่ระดับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อย จากอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อยรายสัปดาห์หักลบปริมาณน้ำฝนสะสมรายสัปดาห์ โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ (กลุ่มงานอากาศเกษตรตากฟ้า) ตำบลสุขสำราญ อำเภอดงพิกษ จังหวัดนครสวรรค์ โดยทุกกรรมวิธีให้น้ำเสริมในครั้งแรกหลังปลูกในช่วงระยะประมาณ 2 เดือนครึ่งหลังปลูก เพื่อกระตุ้นการงอกและการอยู่รอดของประชากรอ้อยที่ทำการศึกษา และหยุดการให้น้ำเมื่ออ้อยอายุ 9 เดือน เนื่องจากเป็นช่วงสะสมน้ำตาล พบว่ามีปริมาณการให้น้ำอ้อยดังนี้ 1) ไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) มีการให้น้ำในช่วงระยะตั้งตัวปริมาณ 182.4 มิลลิเมตร 2) ให้น้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อย 191 มิลลิเมตร และ 3) ให้น้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อย 199 มิลลิเมตร สำหรับปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้ง ดินมีความสามารถในการกักน้ำที่ให้แต่ละครั้งได้ โดยที่อ้อยปลูกมีอัตราการคายระเหยน้ำหรือความต้องการน้ำที่อายุ 12 เดือนเท่ากับ 2,309 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูก 1,489 มิลลิเมตร (Table 3)

5. บันทึกข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต และวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อย (water use efficiency) เพื่อจัดสมรรถนะของพันธุ์อ้อยโคลนดีเด่นตามประสิทธิภาพการใช้น้ำ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการประเมินพันธุ์อ้อยต่อไป และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IRRISTAT Version 3/93 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Anon, 1984)

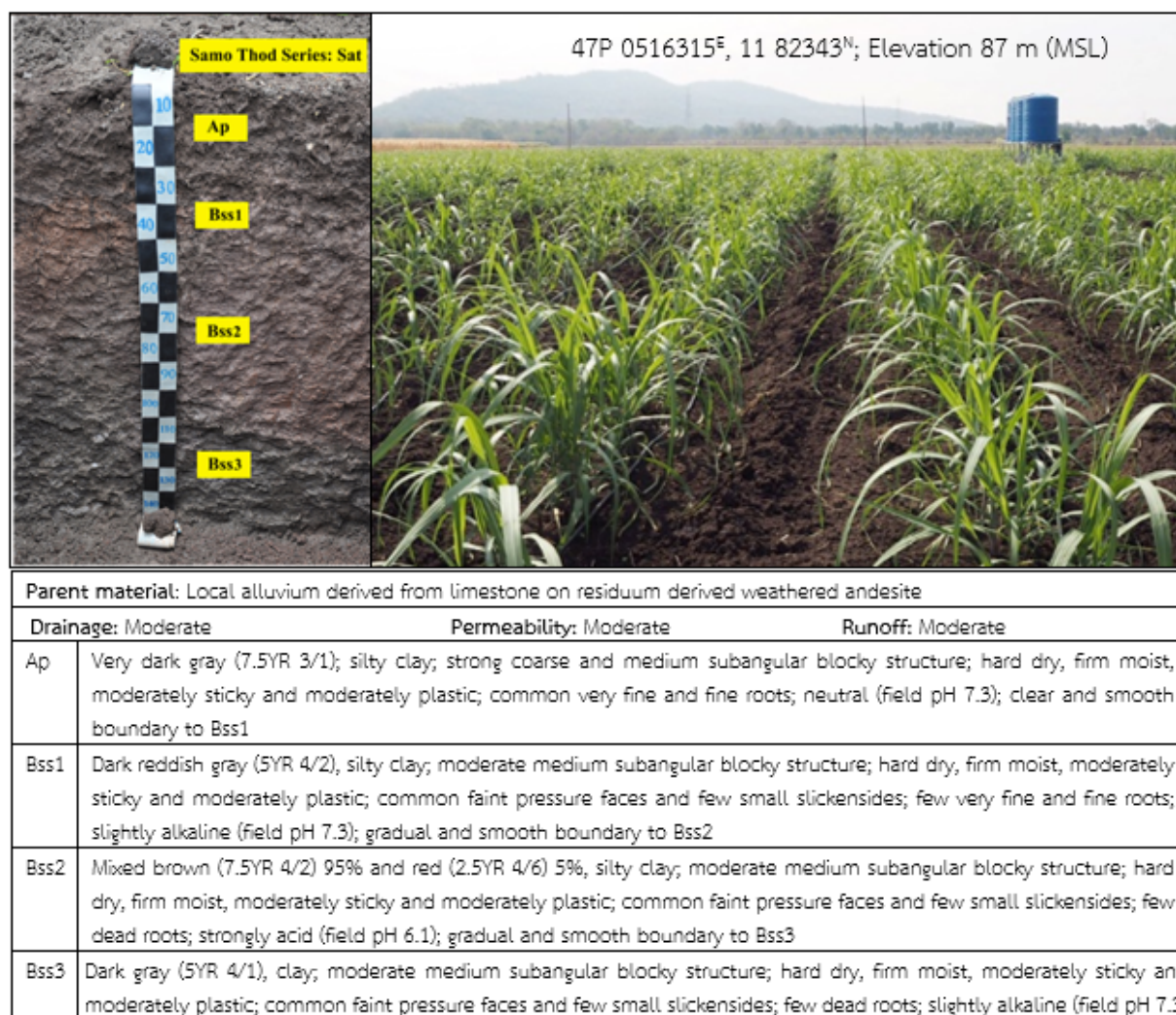


Figure 1 Surrounding landforms, land use and field morphology of Samo Thod soil series at Nakhon Sawan Field Crop Research Center

Table 1 Physical properties of Samo Thod Soil Series at Nakhon Sawan Field Crop Research Center

Horizon	Depth (cm)	Particle size distribution (g/kg)			Textural class	BD ¹ (g /cm ³)	K _{sat} ² (mm /hr)	FC ³	PWP ⁴	AWC ⁵
		Sand	Silt	Clay						
Ap	0-25	11	42	47	Silty Clay	1.78	0.03	205	193	12.1
Bss1	25-50	8	45	47	Silty Clay	1.65	0.065	168	154	14.3
Bss2	50-100	9	47	44	Silty Clay	1.66	0.015	274	251	22.5
Bssk	100-150	8	26	66	Clay	1.65	0.015	311	286	25.2

Remark : ¹BD = Bulk density, ²K_{sat} = Hydraulic conductivity, ³FC = Field capacity, ⁴PWP = Permanent wilting point and ⁵AWC = Available water capacity

Table 2 Soil chemical properties before planting

Depth	pH (soil:water, 1:1)	OM (%)	Avai. P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)
0-20	6.5	1.96	12	50
20-50	6.7	1.44	4	60

Table 3 Weekly rainfall, sugarcane evapotranspiration and amount of supplemented water during 1-52 weeks at Nakhon Sawan Field Crop Research Center

Weeks	Kc of Sugarcane	Weekly rainfall (mm/week)	Ave. Tmax (°c)	Ave. Tmin (°c)	Evapotranspiration (ETc) (mm/week)	Date of irrigation	Amount of supplemented water (mm)		
							Rainfed	50%ETc	100%ETc
1	0.21	0	19.6	34.3	7.7	3 Feb. 2017	19.2	19.2	19.2
2	0.21	0	19.8	32.9	7.7	8 Feb. 2017	9.6	9.6	9.6
3	0.21	0	19.6	34.5	7.7	16 Feb. 2017	9.6	9.6	9.6
4	0.21	0	23.4	35.3	8.1	22,28 Feb. 2017	19.2	19.2	19.2
5	0.73	0	22.9	35.9	20.4	-	0	0	0
6	0.73	0	24.2	36.9	30.0	9 Mar. 2017	19.2	19.2	19.2
7	0.73	0.4	24.7	36.2	29.8	17 Mar. 2017	19.2	19.2	19.2
8	0.73	26	24.6	35.9	29.8	24 Mar. 2017	28.8	28.8	28.8
9	0.73	1.4	24.1	36.2	30.8	30 Mar. 2017	28.8	28.8	28.8
10	0.73	4.2	25.9	36.9	32.1	7 Apr. 2017	28.8	28.8	28.8
11	0.73	14.5	25.2	36.5	31.8	12 April 2017	0	8.5	17
12	0.73	0	26.5	38.8	32.9	-	0	0	0
13	0.73	28	26.3	37.4	32.8	-	0	0	0
14	0.73	132.9	25.1	36.8	32.9	-	0	0	0
15	0.73	17.1	25.6	34.8	32.4	-	0	0	0
16	0.73	0	27.2	33.9	32.7	-	0	0	0
17	0.73	39.1	25.7	33.5	32.0	-	0	0	0
18	0.73	36.7	25.1	34.8	32.3	-	0	0	0
19	0.73	73.6	25.3	34.0	32.1	-	0	0	0
20	0.73	99.1	24.4	33.6	31.6	-	0	0	0
21	0.73	31.1	25.1	33.8	31.9	-	0	0	0
22	0.73	78.8	25.0	33.4	31.8	-	0	0	0
23	0.73	160.9	24.0	32.1	31.0	-	0	0	0
24	0.73	10.5	24.6	32.4	31.3	-	0	0	0
25	1.70	22.3	24.6	32.4	49.3	-	0	0	0
26	1.70	56.8	24.9	33.0	73.2	-	0	0	0
27	1.70	43.4	25.3	32.6	71.0	-	0	0	0
28	1.70	5.0	25.4	34.7	72.7	-	0	0	0
29	1.70	28.1	24.6	32.6	70.5	-	0	0	0
30	1.70	108.7	24.4	32.5	70.2	-	0	0	0
31	1.70	3.4	25.3	34.1	72.2	-	0	0	0
32	1.70	88.1	25.2	33.8	71.9	-	0	0	0
33	1.70	10.8	24.7	33.4	71.2	-	0	0	0
34	1.70	27.4	25.1	32.3	70.7	-	0	0	0
35	1.70	178.4	24.6	32.6	69.5	-	0	0	0
36	1.70	68.7	24.8	32.6	68.1	-	0	0	0
37	1.70	31.5	24.6	32.4	67.8	-	0	0	0
38	1.70	20.8	24.3	32.6	67.8	-	0	0	0
39	1.70	0	23.0	32.2	66.5	-	0	0	0
40	1.70	0.7	21.9	30.4	62.0	-	0	0	0
41	1.70	0	23.9	32.9	65.2	-	0	0	0
42	1.70	7.8	24.4	34.0	66.3	-	0	0	0
43	1.17	0	22.6	31.7	52.3	-	0	0	0
44	1.17	0	22.9	32.3	42.9	-	0	0	0
45	1.17	0	22.2	32.7	42.2	-	0	0	0
46	1.17	0	21.1	31.0	40.9	-	0	0	0
47	1.17	15.1	17.2	28.4	37.8	-	0	0	0
48	1.17	13.8	21.1	28.7	40.4	-	0	0	0
49	1.17	0.8	22.3	33.4	44.3	-	0	0	0
50	1.17	0	18.1	28.2	39.7	-	0	0	0
51	1.17	0	20.3	34.1	43.7	-	0	0	0
52	1.17	2.3	23.8	34.1	45.4	-	0	0	0
Total	-	1,489	-	-	2,309	-	182	191	199

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

จากการศึกษาในอ้อยปลูกปี 2560/2561 พบว่าการให้น้ำที่ระดับต่าง ๆ ร่วมกับอ้อยโคลน และพันธุ์อ้อย ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน และการให้น้ำในแต่ละระดับไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา เนื่องจากมีฝนตกในปริมาณมากในช่วงที่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวถึง 1,489 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2561) ซึ่งในช่วง 9 เดือนหลังจากปลูก ที่มีการพิจารณาการให้น้ำทุก 7 วัน พบว่ามีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงกว่าอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อย โดยมีการให้น้ำตามกรรมวิธีที่สัปดาห์ที่ 11 เพียงครั้งเดียวเท่านั้น หลังจากนั้นก็พบว่าการกระจายตัวของฝนอย่างต่อเนื่อง และมีปริมาณน้ำฝนสะสมตลอด 9 เดือน ซึ่งสูงกว่าอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อยจึงไม่มีการให้น้ำ (Table 3)

ความยาวลำ พบว่าที่โคลน KK07-037 ให้ความยาวลำสูงสุด คือ 412 เซนติเมตร มากกว่าโคลนและพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 4)

เส้นผ่านศูนย์กลางลำ พบว่าโคลน NSUT10-310 โคลน UT07-317 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 2.91 2.79 2.83 เซนติเมตร ตามลำดับ และมากกว่าโคลน KK07-037 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 4)

จำนวนลำต่อไร่ พบว่าโคลนและพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่โคลน KK07-037 ให้ความยาวลำสูงสุด คือ 15,071 ลำต่อไร่ รองลงมา คือ โคลน UT07-317 พันธุ์ขอนแก่น 3 และโคลน NSUT10-310 คือ 13,982 13,870 และ 11,236 ลำต่อไร่ ตามลำดับ (Table 5)

น้ำหนักผลผลิตพบว่าโคลน KK07-037 ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 29,066 กิโลกรัมต่อไร่ และมากกว่าโคลนและพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 5)

ค่าบrix พบว่าโคลน NSUT10-310 โคลน UT07-317 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 19.5 18.9 20.1 องศาบrix ตามลำดับ และมากกว่าโคลน KK07-037 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 6)

ซีซีเอส พบว่าโคลน NSUT10-310 ให้ค่าซีซีเอส 13.3 ซีซีเอส ซึ่งไม่แตกต่างจากพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีค่า 12.5 ซีซีเอส และแตกต่างกับโคลน UT07-037 และโคลน KK07-037 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 6)

ผลผลิตน้ำตาล พบว่าโคลน NSUT10-310 ให้ผลผลิตน้ำตาลไม่ต่างจากพันธุ์ขอนแก่น 3 คือ 3,217 และ 3,241 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าโคลน KK07-037 และ UT07-317 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 7)

จากลักษณะความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำของโคลน KK07-037 ที่มีความยาวลำสูงสุดและลำเล็กสุดจึงง่ายแก่การล้มมากกว่าเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่น (Figure 2b-f) เมื่อมีฝนตกชุกและพายุลมแรง แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้โคลน KK07-037 จะให้ผลผลิตสูงสุด แต่ในทางกลับกันกับให้ค่าบrix ความหวาน (ซีซีเอส) และผลผลิตน้ำตาลต่ำสุดเมื่อเทียบกับโคลนและพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของศุภกาญจน์ และคณะ (2561) ที่ทำการศึกษาคงการวิจัยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยโดยการจัดการน้ำและธาตุอาหารและการใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ นครราชสีมา สระแก้ว ราชบุรี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ขอนแก่น ชลบุรี และอุทัยธานี พบว่าโคลน KK07-037 มีการล้มสูงสุด และล้มก่อนพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์ LK92-11 และให้ผลผลิตสูงสุด แต่มีค่าบrix ซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาลต่ำสุด ส่วนโคลน NSUT10-310 ให้ความค่าบrix ซีซีเอส ผลผลิตน้ำตาลไม่ต่างกับพันธุ์มาตรฐานขอนแก่น 3 แต่ก็ยังมีน้ำหนักผลผลิตไม่สูงเท่ากับโคลน KK07-037 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งโคลนอ้อยแต่ละโคลนจะมีข้อเด่นที่แตกต่างกัน

2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยปลูก

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยแต่ละพันธุ์ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการให้น้ำที่ระดับต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยจากสัดส่วนระหว่างปริมาณผลผลิตต่อปริมาณของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อยตลอดฤดูปลูก ($ET_c = 2,309$ มิลลิเมตร) พบว่าโคลน KK07-037 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุดและแตกต่างจากทุกโคลนและพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) คือ 12.6 กิโลกรัมผลผลิตต่อการใช้น้ำ 1 มิลลิเมตร รองลงมาเป็นพันธุ์ขอนแก่น 3 คือ 11.2 กิโลกรัมผลผลิตต่อการใช้น้ำ 1 มิลลิเมตร (Table 7) แต่ในขณะที่กอบเกียรติ และคณะ (2555) ศึกษาความต้องการน้ำของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกบนดินร่วนปนทรายชุดดินวาริน (Fine-loamy, siliceous Typic Kandistults) ณ แปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2552 ถึง ธันวาคม 2554

พบว่าอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 มีความต้องการน้ำเฉลี่ย 1,591-1,620 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก โดยให้ผลผลิต 34.8-35.0 ตันต่อไร่ มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 21.6-21.8 กิโลกรัมผลผลิตต่อไร่ต่อน้ำ 1 มิลลิเมตร ซึ่งจากผลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าความต้องการน้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยจะขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่

3. ผลของการให้น้ำที่ระดับต่าง ๆ ต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อย

ถึงแม้ว่าการให้น้ำที่ระดับต่าง ๆ ไม่ส่งผลให้ผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ จากการพิจารณาการตอบสนองต่อการใช้น้ำของอ้อย พบว่าการให้น้ำที่ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อยมีการตอบสนองน้อยมาก เมื่อพิจารณาจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (Table 8) โดยที่โคลน KK07-037 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตลดลงอย่างชัดเจนเมื่อมีการให้น้ำที่ 2 ระดับนี้เปรียบเทียบกับกรณีไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) ส่วนโคลน NSUT10-310 และ UT07-317 มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าโคลนอ้อยเหล่านี้ไม่เหมาะสมต่อการมีน้ำขัง เนื่องจากอ้อยแต่ละพันธุ์ซึ่งมีลักษณะทางพันธุกรรมและสรีระวิทยาที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความต้องการใช้น้ำและธาตุอาหารแตกต่างกันไปด้วย FAO (1986) รายงานว่าอ้อยมีความต้องการใช้น้ำตั้งแต่ 1,500-2,500 มิลลิเมตรต่อฤดูปลูก ส่วน Carr and Knox (2010) สรุปว่าความต้องการใช้น้ำของอ้อยทั้งหมดประมาณ 1,100-1,800 มิลลิเมตร โดยช่วงที่ต้องการน้ำสูงสุดมีอัตราการใช้น้ำ 6-15 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) สำหรับอ้อยที่ใช้ในการคำนวณครั้งนี้ได้จากอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (กอบเกียรติ, 2556) ควรมีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์พืชสำหรับอ้อยแต่ละพันธุ์ต่อไป



Figure 2a Irrigation system in the experiment plots



Figure 2b KK07-037 (12 September 2016)



Figure 2c KK07-037 (9 January 2017)



Figure 2d NSUT10-310 (9 January 2017)



Figure 2e UT07-317 (9 January 2017)



Figure 2f Khon Kaen 3 (9 January 2017)

Figure 2 Irrigation system in the experiment plots and characteristics of sugarcane clone/varieties

Table 4 Stem height and stem diameter of sugarcane in Samo Thod Soil Series at Nakhon Sawan Field Crop Research Center during 2017/2018

Sugarcane cultivars/ clones	Stem height (cm)			Mean ⁽¹⁾	Stem diameter (cm)			Mean ⁽¹⁾
	Rainfed	Irrigation	Irrigation		Rainfed	Irrigation	Irrigation	
	(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)		(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)	
KK07-037	391	426	419	412 a	2.70	2.63	2.55	2.63 b
NSUT10-310	388	381	384	384 b	2.94	2.92	2.88	2.91 a
UT07-317	364	352	355	357 c	2.89	2.70	2.79	2.79 a
Khon Kaen 3	371	354	349	359 c	2.82	2.71	2.97	2.83 a
Mean ⁽¹⁾	378	378	377		2.83	2.74	2.80	

Remark : Stem height (cm) CV (Irrigation) = 6.6% CV (Cultivars/Clones) = 6.0%

Stem diameter (cm) CV (Irrigation) = 9.7% CV (Cultivars/Clones) = 6.0%

⁽¹⁾ Mean follow by the same letter in columns and rows are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 5 Number of millable cane per unit area(rai) and sugarcane yield (kg/rai) of plant cane in Samo Thod Soil Series at Nakhon Sawan Field Crop Research Center during 2017/2018

Sugarcane cultivars/ clones	Number of millable cane/rai			Mean ⁽¹⁾	Sugarcane yield (kg/rai)			Mean ⁽¹⁾
	Rainfed	Irrigation	Irrigation		Rainfed	Irrigation	Irrigation	
	(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)		(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)	
KK07-037	15,318	14,933	14,963	15,071 a	29,641	28,646	28,911	29,066 a
NSUT10-310	11,151	11,427	11,131	11,236 c	23,850	23,639	25,170	24,219 c
UT07-317	13,580	14,262	14,104	13,982 b	23,342	24,326	23,576	23,748 c
Khon Kaen 3	14,114	13,827	13,669	13,870 b	26,659	26,011	25,017	25,896 b
Mean ⁽¹⁾	13,541	13,612	13,467		25,873	25,655	25,668	

Remark : Number of millable cane/rai CV (Irrigation) = 5.3% CV (Cultivars/Clones) = 6.2%

Sugarcane yield (kg/rai) CV (Irrigation) = 5.7% CV (Cultivars/Clones) = 5.3%

⁽¹⁾ Mean follow by the same letter in columns and rows are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 6 Degrees Brix of sugarcane juice and CCS of plant cane in Samo Thod Soil Series at Nakhon Sawan Field Crop Research Center during 2017/2018

Sugarcane cultivars/ clones	Degrees Brix of sugarcane juice			Mean ⁽¹⁾	CCS			Mean ⁽¹⁾
	Rainfed	Irrigation	Irrigation		Rainfed	Irrigation	Irrigation	
	(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)		(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)	
KK07-037	17.7	16.5	17.4	17.2 b	9.9	9.0	10.1	9.7 c
NSUT10-310	19.1	20.4	19.0	19.5 a	14.2	13.1	12.6	13.3 a
UT07-317	18.7	19.1	19.1	18.9 a	11.9	12.2	11.7	11.9 b
Khon Kaen 3	19.1	20.3	20.9	20.1 a	12.6	12.5	12.4	12.5 ab
Mean ⁽¹⁾	18.6	19.1	19.1		12.2	11.7	11.7	

Remark : Degrees Brix of sugarcane juice CV (Irrigation) = 7.8% CV (Cultivars/Clones) = 6.7%

%CCS CV (Irrigation) = 19.0% CV (Cultivars/Clones) = 11.4%

⁽¹⁾ Mean follow by the same letter in columns and rows are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 7 Sugar yield and water use efficiency of plant cane in Samo Thod Soil Series at Nakhon Sawan Field Crop Research Center during 2017/2018

Sugarcane cultivars/clones	Sugar yield (kg/rai)			Mean ⁽¹⁾	WUE (kg yield/mm of ETc)			Mean ⁽¹⁾
	Rainfed	Irrigation	Irrigation		Rainfed	Irrigation	Irrigation	
	(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)		(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)	
KK07-037	2,907	2,591	2,915	2,805 b	12.8	12.4	12.5	12.6 a
NSUT10-310	3,392	3,092	3,168	3,217 a	10.3	10.2	10.9	10.5 c
UT07-317	2,750	2,979	2,761	2,830 b	10.1	10.5	10.2	10.3 c
Khon Kaen 3	3,352	3,260	3,111	3,241 a	11.6	11.3	10.8	11.2 b
Mean ⁽¹⁾	3,100	2,980	2,989		11.2	11.1	11.1	

Remark : Sugar yield (kg/rai) CV (Irrigation) = 15.6% CV (Cultivars/Clones) = 13.4%

WUE (kg yield/mm of ETc) CV (Irrigation) = 5.7% CV (Cultivars/Clones) = 5.3%

⁽¹⁾ Mean follow by the same letter in columns and rows are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 8 Increase of yield under difference levels of supplemented water as compared to rainfed condition in Samo Thod Soil Series at Nakhon Sawan Field Crop Research Center during 2017/2018

Sugarcane cultivars/clones	Sugarcane yield (kg/rai)			Yield increase (%)	
	Rainfed	Irrigation	Irrigation	Irrigation	Irrigation
	(1,672 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)	50%ETc (1,680 mm)	100%ETc (1,689 mm)
KK07-037	29,641	28,646	28,911	-3.36	-2.46
NSUT10-310	23,850	23,639	25,170	-0.88	5.53
UT07-317	23,342	24,326	23,576	4.22	1.00
Khon Kaen 3	26,659	26,011	25,017	-2.43	-6.12
Mean	25,873	25,655	25,668	-0.84	-0.79

สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้ประโยชน์

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยโคลนดีเด่น ในพื้นที่ดินเหนียวชุดดินสมทอด ในอ้อยปลูก ปี 2560/2561 การให้น้ำที่ระดับต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากในปี 2560 มีปริมาณน้ำฝนสูง โคลน KK07-037 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุดและแตกต่างจากทุกโคลนและพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) รองลงมาเป็นพันธุ์ขอนแก่น 3 และหากมีการให้น้ำที่ระดับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการคายระเหยน้ำของอ้อยจะมีแนวโน้มให้ผลผลิตลดลง ควรศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยในแต่ละพันธุ์ต่อไป

เป้าหมายในการศึกษานี้เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่มากกว่าพันธุ์มาตรฐานขอนแก่น 3 อย่างน้อย 1 พันธุ์ เมื่อพิจารณาที่ผลผลิตอ้อยแล้วพบว่าโคลน KK07-037 ให้ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด และแตกต่างจากโคลน NSUT10-310 และ UT07-317 อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังด้อยในเรื่องของคุณภาพความหวาน ผลผลิตน้ำตาลเมื่อเทียบกับ 2 โคลนนี้ และพันธุ์ขอนแก่น 3 แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรก็ยังให้ความสนใจกับโคลน KK07-037 มากกว่าโคลนอื่น เนื่องจากมีการเจริญเติบโตดี ลำยาว ถึงแม้จะล้มได้ง่าย แต่หากเกษตรกรมีการจัดการที่ดีก็สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ สำหรับโคลน NSUT10-310 ให้ค่าซีเอส และผลผลิตน้ำตาล ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์มาตรฐานขอนแก่น 3 ซึ่งมากกว่าและแตกต่างกับโคลน UT07-317 และโคลน KK07-037 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งจะเป็นโคลนอ้อยตัวเลือกให้กับเกษตรกรได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้ได้ข้อมูลเพียงอ้อยปลูกเท่านั้น ยังคงต้องมีการศึกษาในอ้อยต่อ และข้อมูลทางด้านโรคของอ้อยในแต่ละโคลนประกอบด้วย เพื่อเป็นข้อมูลรับรองพันธุ์ให้กับนักปรับปรุงพันธุ์ใช้ในการตัดสินใจรับรองพันธุ์อ้อยให้แก่เกษตรกรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2561. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ (กลุ่มงานอากาศเกษตรตากฟ้า) ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ ช่วงระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560- 29 มกราคม 2561. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, กรุงเทพฯ. (แผ่นบันทึกข้อมูล)
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2555ก. ดิน น้ำ และปุ๋ยอ้อยเพื่อการปรับปรุงพันธุ์. เอกสารประกอบการบรรยายโครงการฝึกอบรม เรื่องการปรับปรุงพันธุ์อ้อย วันที่ 22 สิงหาคม 2555 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี.
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ทักษิณา ศันสยะวิชัย, ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, ศรีสุตา ทิพย์รักษ์, เกษม ชูสอน, จินดารัตน์ ชื่นรุ่งและ ชัยนัต ภัคดีไทย. 2555ข. ความต้องการน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3. น. 103-114. ใน แก่นเกษตร ปีที่ 40 ฉบับพิเศษ 3.
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2556. การเพิ่มผลผลิตอ้อยโรงงานเชิงบูรณาการเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 78 หน้า.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2559. รายงานราคาสินค้าเกษตรที่สำคัญของไทย ไตรมาสที่ 1/2559. 25 หน้า.
แหล่งที่มา: http://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Southern/CommoitiesPriceReport/Q1_59_CommodityReport%20030559--editMay3.pdf. (1 พฤษภาคม 2561)
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2559ก. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2558/2559. 124 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2559ข. สำนักงานประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) และผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของไทย. 5 หน้า.
แหล่งที่มา: <http://www.ocsb.go.th/go.th/upload/warning/fileupload/2899-6464.pdf>. (1 กันยายน 2559)
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2560. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2559/2560. 127 หน้า.
- สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ. 2560. นโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ใน การประชุมรับมอบนโยบายแนวทางการดำเนินงานปี 2561 เพิ่มเติม 21 ธันวาคม 2560. กรมวิชาการเกษตร.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, สุมาลี โพธิ์ทอง, อุดม วงศ์ชนะภัย, ดาวรุ่ง คงเทียน, พินิจ กลยาธิลปิน, วาสนา วันดี, ชัยนัต ภัคดีไทย, วลิต อมรพล และสุภาพร สุขโต. 2561. โครงการวิจัยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยโดยการจัดการน้ำและธาตุอาหาร และการใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่. ใน แบบติดตามประเมินผลรายงานความก้าวหน้างานวิจัย รอบ 6 เดือน ปี 2561. กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- วีระพล พลรักดี. 2550. การปรับปรุงพันธุ์อ้อย. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยและมันสำปะหลังใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น.
- Anon. 1984. Annual Report for 1983. Los Bonos, Laguna, Philippines. 450 p.
- Carr, M. K. V. and J. W. Knox. 2011. The water relations and irrigation requirements of sugarcane (*Saccharum officinarum*): a review. *Experimental Agriculture*. 47(1): 1-25.
- Smith, M. 1992. CROPWAT a Computer Program for Irrigation Planning and Management. FAO Irrigation and Drainage Paper No 26, Rome: FAO.
- FAO. 1986. Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs, Chapter 3: Crop Water Needs. FAO Corporate Document Repository. Available: <http://www.fao.org/docrep/s2022e/s2022e07.htm>, Accessed Jun. 22, 2017

ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อประชากรแบคทีเรีย ในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน

Effects of Climate Change on Bacterial Community in Pai River Basin, Mae Hong Son Province

มนต์ชัย มนต์ลีลา^{1/} จิตรา เกาะแก้ว^{1/} อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์^{1/} อมรรรัตน์ ใจยะเสน^{1/} บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์^{1/}
กิตติเมธ แจ่มศิริกุล^{1/} สุริยนต์ ดีดเหล็ก^{2/}

^{1/} กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแม่ฮ่องสอน

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1

บทคัดย่อ

การศึกษาจำนวนประชากรและชนิดของแบคทีเรียจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำปาย เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรแบคทีเรียในแต่ละฤดู รวมถึงจำนวนประชากรแบคทีเรียในสภาพที่มีการใช้ประโยชน์ต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จำนวนประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูหนาวมีปริมาณมากที่สุด 1.9×10^6 โคโลนีต่อดิน 1 กรัม และประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำฤดูร้อนมีปริมาณน้อยที่สุด 1.35×10^6 โคโลนีต่อดิน 1 กรัม ความหลากหลายของแบคทีเรียที่พบในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย พื้นที่เกษตรต้นน้ำในช่วงฤดูฝนมีความหลากหลายของชนิดแบคทีเรียมากที่สุด 37 Phylum, 56 Class, 127 Order, 2 Family, 627 Genus และ 1,891 Species พื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูร้อนมีความหลากหลายของชนิดแบคทีเรียน้อยที่สุด 9 Phylum, 18 Class, 26 Order, 35 Family, 78 Genus และจำนวน 692 Species ซึ่งจำนวนประชากรแบคทีเรียที่พบในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันตามสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละฤดู พบว่า จำนวนประชากรแบคทีเรียในพื้นที่ทำการเกษตรในฤดูฝนมีขนาดและความหลากหลายของแบคทีเรียมากที่สุด พื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูร้อนมีความหลากหลายของชนิดแบคทีเรียน้อยที่สุด จำนวนประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูหนาวมีปริมาณมากที่สุด และประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำฤดูร้อนมีปริมาณน้อยที่สุด ปริมาณแบคทีเรียที่พบขึ้นอยู่กับอยู่กับฤดูกาล แต่จำนวนประชากรในชุมชนแบคทีเรียขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนอกจากจะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์แล้ว ยังส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในดินและการผลิตพืช โดยเฉพาะพืชอาหารสำคัญ ๆ สาเหตุเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับปริมาณหยาดน้ำฟ้า (precipitation) และอุณหภูมิ ซึ่งการที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อขาดดุลของปริมาณ หมายความว่า บางพื้นที่จะเกิดสภาวะแห้งแล้งและบางพื้นที่จะเกิดอุทกภัยในอนาคต นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นยังส่งผลกระทบต่อปริมาณโรคและแมลงที่จะเกิดการระบาดอีกด้วย (Chinvanno, 2010) จุลินทรีย์ในดินมีบทบาทที่สำคัญต่อการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ รวมทั้งการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน กิจกรรมเหล่านี้ถูกควบคุมด้วยหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณธาตุอาหาร และระดับของออกซิเจน อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเพิ่มขึ้น มีการปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิที่สูงขึ้น และมีอัตราการเจริญที่เร็วขึ้น

แบคทีเรียจัดเป็นจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่พบมากที่สุดเมื่อเทียบกับจุลินทรีย์ชนิดอื่น โดยจะมีหน้าที่ในการย่อยซากพืช ซากสัตว์ ผลิตฮิวมัส เปลี่ยนแปลงแร่ธาตุในดินให้เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตทั้งตัวจุลินทรีย์ด้วยกันเองและพืช ในบริเวณรากพืชจะพบแบคทีเรียจำนวนมาก กิจกรรมของแบคทีเรียในดินมีมากมายและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ ชุมชนจุลินทรีย์ดินจัดเป็นความเชื่อมโยงที่ซับซ้อนในระบบนิเวศเนื่องจากทำหน้าที่สำคัญในวัฏจักรคาร์บอนและไนโตรเจน การศึกษาชุมชนจุลินทรีย์มีการพัฒนาวิธีที่รวดเร็ว แม่นยำ ไม่ต้องเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำให้สามารถศึกษาทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของชุมชนจุลินทรีย์ดินได้ในสภาพที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม การศึกษาชุมชนจุลินทรีย์ดินโดยไม่มีการเพาะเลี้ยง ทำให้ลดข้อจำกัดในกลุ่มของจุลินทรีย์ดินที่ไม่สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้โดยเฉพาะจุลินทรีย์ดินกลุ่มที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ (anaerobic) รวม

ไปถึงประชากรจุลินทรีย์ดินที่มีความซับซ้อนก็สามารถทำการศึกษาได้ (Bastone and Tyson, 2014) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและมีผลต่อวัฏจักรของธาตุอาหาร

เทคนิคทางชีวโมเลกุลที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยประชากรและความหลากหลายของจุลินทรีย์ทั้งที่สามารถเพาะเลี้ยงได้และเพาะเลี้ยงไม่ได้ มีหลายเทคนิค ได้แก่ Terminal-Restriction Fragment Length Polymorphism (T-RFLP), Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE), Amplified Ribosomal DNA Restriction Analysis (ARDRA) เป็นต้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติโดยส่วนใหญ่ไม่สามารถเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ได้ ดังนั้นการศึกษาและวิเคราะห์ยีนที่สนใจจากจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงไม่ได้จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะกลุ่มของจุลินทรีย์ผลิตเอ็นไซม์และสารสำคัญซึ่งมนุษย์สามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น เอ็นไซม์เซลลูเลส ไซลาลเนส โคติเนส เป็นต้น เมตาจีโนมิกส์จึงเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการศึกษาประชากรของจุลินทรีย์ในธรรมชาติทั้งชนิดที่เพาะเลี้ยงได้และเพาะเลี้ยงไม่ได้ เช่น จุลินทรีย์ในน้ำในดิน ในลำไส้ของมนุษย์ ฯลฯ เพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป (Gill, 2006; Jones, 2008; Kurokawa, 2007; Manichanh, 2008; Sartor, 2008) เช่น การศึกษาประชากรจุลินทรีย์ที่ผลิตเอ็นไซม์ไลเปสและเอสเทอเรสที่ใช้เร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารเคมีอินทรีย์และกระบวนการทางอุตสาหกรรม จากดินบริเวณบ่อน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน (Tirawongsaroj *et al.*, 2008) และการศึกษาการย่อยสลาย wheat straw โดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตสาร polysaccharidase complex ที่มีผลในกระบวนการผลิตเห็ด (Libmond and Savoie, 1993) การศึกษาชุมชนจุลินทรีย์ดินโดยการใช้ข้อมูลโดยรวมของ 16S rRNA ยีนเป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยมาก เมื่อมีการนำเทคนิค pyrosequencing เข้ามาประยุกต์ใช้ทำให้ความแม่นยำ ความน่าเชื่อถือ และโอกาสที่จะได้ข้อมูลของประชากรที่ต้องการศึกษาเพิ่มมากขึ้น pyrosequencing เป็นวิธีที่สามารถทำซ้ำ แม่นยำ ครอบคลุมโครงสร้างประชากรทั้งหมดของชุมชนจุลินทรีย์ดินในสิ่งแวดล้อมที่ต้องการศึกษา (Pilloni *et al.*, 2012) ชุมชนจุลินทรีย์ดินมีความแตกต่างกันอย่างมากเนื่องจากสภาพของดินมีความแตกต่างกันทั้งขนาดอนุภาคดิน ปริมาณน้ำในดิน และช่องว่างภายในดิน ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์แตกต่างกัน (Larsen *et al.*, 2012) ปัจจุบันยังได้มีการพัฒนาเทคนิค next generation sequencing ที่สามารถหาลำดับเบส หรือถอดรหัสพันธุกรรมของพืชและจุลินทรีย์ทั้งจีโนมได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะสามารถนำไปช่วยในการศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประชากรแบคทีเรียที่มีอยู่ในดิน ในสภาพพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ. แม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิช่วงกลางวันและกลางคืนถึง 28.6 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิเฉลี่ยย้อนหลัง ตั้งแต่ พ.ศ. 2548-ปัจจุบัน ช่วงกลางวัน 38.4 องศาเซลเซียส ช่วงกลางคืน 9.8 องศาเซลเซียส) เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของประชากรแบคทีเรียในแต่ละฤดู รวมไปถึงประชากรแบคทีเรียในสภาพที่มีการใช้ประโยชน์ต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย เพื่อให้เข้าใจถึงการตอบสนองของประชากรจุลินทรีย์ และสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชุมชนจุลินทรีย์ดินต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำถึงผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศและผลที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

วิธีดำเนินการ

1. การเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน จากพื้นที่ต้นน้ำ และปลายน้ำ โดยเก็บดินในพื้นที่ทำการเกษตร และดินป่าที่ยังไม่ถูกรบกวนจากการทำเกษตรกรรม โดยชุดดินลึกจากผิวดิน 15 เซนติเมตร อย่างน้อย 5 หลุม ในพื้นที่ 25 ตารางเมตร ตักดินมาหลุมละ 1 กิโลกรัม นำดินที่ได้มาผสมให้เข้ากัน ตักใส่ถุงพลาสติกประมาณ 2 กิโลกรัม ปิดปากถุงให้แน่น บรรจุในถังน้ำแข็ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดินทุกตัวอย่างเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวิเคราะห์

2. เก็บตัวอย่างดินในบริเวณที่ทำการศึกษิตตามกรรมวิธี ทุก ๆ 4 เดือน (ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน) ในรอบ 1 ปี และบันทึกข้อมูลพื้นที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ พิกัด การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิอากาศและดิน

3. วิเคราะห์คุณสมบัติดิน ได้แก่ สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ เนื้อดินวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ สีดิน โดยการเปรียบเทียบสีของตัวอย่างดินกับสมุดสีดิน สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง pH meter อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 โดยปริมาตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินใช้วิธีของ Walkley and Black method ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ใช้วิธีของ Bray II โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ด้วยวิธี NH_4OAc , pH 7 (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

4. ตรวจนับปริมาณของแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA โดยวิธี plate count

5. สกัดดีเอ็นเอโดยตรงจากตัวอย่างดินด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอ DNeasy® PowerSoil Kit (Qiagen) ซึ่งตัวอย่างดิน 0.25 กรัม ใส่ใน PowerBead Tube เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า เติมน้ำละลาย C1 60 µl ผสมให้เข้ากัน เขย่าด้วย vortex ที่ความเร็วสูงสุดนาน 10 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 g นาน 30 วินาที ดูดสารละลายส่วนใสด้านบนใส่ Collection tube เติมน้ำละลาย C2 250 µl เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่านาน 5 วินาที หลังจากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 g นาน 60 วินาที ดูดสารละลายส่วนใสด้านบนใส่ Collection tube (~750 µl) เติมน้ำละลาย C4 1,200 µl เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า นาน 5 วินาที ดูดสารละลาย 675 µl ใส่ MB Spin Column ปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 g นาน 60 วินาที ทิ้งสารละลายด้านล่าง ทำซ้ำจนสารละลายหมด เติมน้ำละลาย C5 500 µl ปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 g นาน 30 วินาที ทิ้งสารละลายด้านล่าง ปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 g นาน 60 วินาที ใส่ MB Spin Column ลงใน Collection tube อันใหม่ เติมน้ำละลาย C6 100 µl ลงใน MB Spin Column ปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 g นาน 30 วินาที ตรวจสอบดีเอ็นเอด้วยเครื่องแยกดีเอ็นเอใน agarose gel ความเข้มข้น 1 %

6. เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของ 16S rRNA gene ที่ตำแหน่ง V3 และ V4 โดยใช้ primer 341F 5'-CCTAYGGGRBGCASCAG-3' และ 806R 5'-GGACTACNNGGTATCTAAT-3' ด้วยวิธี Polymerase chain reaction (PCR) ตรวจสอบคุณภาพ และปริมาณของ PCR product ขนาดของ PCR product จะมีขนาดประมาณ 400-450 bp

7. อ่านลำดับเบสของ PCR product จากตัวอย่างที่เพิ่มปริมาณได้ด้วยเทคนิค Next generation sequence (HiSeq 2500 PE250) และจำแนกแบคทีเรียออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ทำการเปรียบเทียบชนิดของแบคทีเรียที่พบในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่าง ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วย Next generation sequence แสดงใน Figure 1

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติดินในพื้นที่ศึกษา

ตัวอย่างดินจากพื้นที่ทำการเกษตรและพื้นที่ป่าของบริเวณต้นน้ำ และปลายน้ำของกลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน พื้นที่ป่าต้นน้ำ-เกษตรต้นน้ำ ต.แม่มาเดิง อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน พื้นที่ป่าปลายน้ำ-เกษตรปลายน้ำ ต.ผาป่อง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน (Figure. 2, 3 Table 1) นำตัวอย่างดินมาศึกษาสมบัติทางเคมีของตัวอย่างดิน (Table 2) ตัวอย่างดินกลุ่มน้ำปาย มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5.92-6.71 จัดว่าเป็นดินกรดปานกลางถึงเป็นกลาง อินทรีย์วัตถุ 1.85-3.11 เปอร์เซ็นต์ จัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 11.33-75.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 66.97-177.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ดินป่าต้นน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.57 จัดว่าเป็นดินกรดอ่อน อินทรีย์วัตถุ 2.29 เปอร์เซ็นต์เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 75.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 168.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง ดินเกษตรต้นน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.71 จัดว่าเป็นกลาง อินทรีย์วัตถุ 3.11 เปอร์เซ็นต์เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 68.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 177.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง ดินป่าปลายน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.32 จัดว่าเป็นดินกรดอ่อน อินทรีย์วัตถุ 2.77 เปอร์เซ็นต์เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 11.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง ดินเกษตรปลายน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5.92 จัดว่าเป็นดินกรดปานกลาง อินทรีย์วัตถุ 1.85 เปอร์เซ็นต์เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 12.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 66.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง จากข้อมูลสมบัติทางเคมีของดินกลุ่มน้ำปายจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ระหว่างกรดปานกลางถึงเป็นกลาง จากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นพื้นที่เกษตรต้นน้ำและพื้นที่เกษตรปลายน้ำ พืชที่ปลูกคือข้าวสลับกับพืชชนิดอื่น เช่น กระเทียม ถั่วเหลือง หรือข้าวโพด มีการใช้ทั้งปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง

สมบัติทางกายภาพของตัวอย่างดิน พบว่า ดินเป็นดินสีแดงปนเหลือง มีปริมาณ sand, silt และ clay เฉลี่ยอยู่ในช่วง 18-56, 25-41 และ 19-41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดินป่าต้นน้ำเป็นดินร่วนสีแดงปนเหลืองมีปริมาณ sand, silt และ clay อยู่ที่ 38 37 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดินเกษตรต้นน้ำเป็นดินร่วนเหนียวสีแดงปนเหลืองมีปริมาณ sand, silt และ clay อยู่ที่

36, 39 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดินป่าปลายน้ำเป็นดินร่วนทรายสีแดงปนเหลืองมีปริมาณ sand, silt และ clay อยู่ที่ 56, 25 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และดินเกษตรปลายน้ำเป็นดินเหนียวสีแดงปนเหลืองมีปริมาณ sand, silt และ clay อยู่ที่ 18, 41 และ 41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

ผลการศึกษา พบว่า ดินเกษตรปลายน้ำฤดูหนาวมีปริมาณแบคทีเรียมากที่สุด 1.9×10^8 โคโลนีต่อดิน 1 กรัม แต่ชุมชนแบคทีเรียที่มีขนาดใหญ่ที่สุดพบในดินเกษตรปลายน้ำฤดูฝนจำนวน 1,891 Species จากรายงานของ Christian *et al.*, (2008) พบว่า ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลกระทบต่อสภาพดิน และชุมชนจุลินทรีย์มีแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน และลักษณะเนื้อดินเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีขององค์ประกอบชุมชนแบคทีเรีย องค์ประกอบของชุมชนแบคทีเรียมีความใกล้ชิดกับคุณลักษณะของดิน แต่ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้ในการทำนายองค์ประกอบของชุมชนจุลินทรีย์ได้ และสมบัติทางดินก็ไม่จำเป็นที่จะต้องสอดคล้องกันในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน นอกจากนี้การใช้วิธีการอ่านลำดับเบสเพื่อวิเคราะห์ประชากรในชุมชนแบคทีเรีย ให้ข้อมูลรายละเอียดของวิวัฒนาการของประชากรในแต่ละชุมชน และเป็นการประเมินรูปแบบทางชีววิทยาของชุมชนจุลินทรีย์นั้น จากการศึกษาของ Kamlesh *et al.*, (2011) สรุปได้ว่า ประวัติของการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดองค์ประกอบของชุมชนจุลินทรีย์มากกว่าคุณสมบัติของพืชและดิน นอกจากนี้ชุมชนจุลินทรีย์ในดินที่ถูกบกรวดเหมือนจะกลับสู่สภาพดั้งเดิมเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง

2. ผลของสภาพอากาศต่อปริมาณและประชากรในชุมชนแบคทีเรีย

ข้อมูลสภาพอากาศและอุณหภูมิในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง พื้นที่ต้นน้ำป่า ฤดูหนาว (ธ.ค. 2559) มีปริมาณฝน 5 มิลลิเมตร อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง พื้นที่ป่า อุณหภูมิดิน 22 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 27 องศาเซลเซียส พื้นที่ทำการเกษตรอุณหภูมิดิน 22 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 29 องศาเซลเซียส ฤดูร้อน (เม.ย. 2560) มีปริมาณฝน 52 มิลลิเมตร อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง พื้นที่ป่า อุณหภูมิดิน 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 31 องศาเซลเซียส พื้นที่ทำการเกษตรอุณหภูมิดิน 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 33 องศาเซลเซียส ฤดูฝน (ก.ค. 2560) มีปริมาณฝน 124 มิลลิเมตร อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง พื้นที่ป่า อุณหภูมิดิน 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 32 องศาเซลเซียส พื้นที่ทำการเกษตรอุณหภูมิดิน 28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 34 องศาเซลเซียส พื้นที่ปลายน้ำป่า ฤดูหนาว (ธ.ค. 2559) มีปริมาณฝน 7 มิลลิเมตร อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง พื้นที่ป่า อุณหภูมิดิน 19 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 24 องศาเซลเซียส พื้นที่ทำการเกษตรอุณหภูมิดิน 19 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 24 องศาเซลเซียส ฤดูร้อน (เม.ย. 2560) มีปริมาณฝน 52 มิลลิเมตร อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง พื้นที่ป่า อุณหภูมิดิน 23 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 29 องศาเซลเซียส พื้นที่ทำการเกษตรอุณหภูมิดิน 26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 31 องศาเซลเซียส ฤดูฝน (ก.ค. 2560) มีปริมาณฝน 134 มิลลิเมตร อุณหภูมิขณะเก็บตัวอย่าง พื้นที่ป่า อุณหภูมิดิน 26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 31 องศาเซลเซียส พื้นที่ทำการเกษตรอุณหภูมิดิน 26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 33 องศาเซลเซียส (Table 4) ปริมาณแบคทีเรียเมื่อนับด้วยวิธี plate count agar บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA พบว่า จำนวนแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูหนาวมีปริมาณมากที่สุด 1.9×10^8 โคโลนีต่อดิน 1 กรัม และประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำฤดูร้อนมีปริมาณน้อยที่สุด 1.35×10^6 โคโลนีต่อดิน 1 กรัม ปริมาณแบคทีเรียจากตัวอย่างดินในแต่ละพื้นที่และฤดูแสดงใน Table 5

ผลการจำแนกชนิดของแบคทีเรียด้วย 16S rRNA gene sequence โดยใช้วิธี Next generation sequencing จากดินครั้งที่ 1 (ตัวอย่างดินเดือน ธ.ค. 59) และครั้งที่ 2 (ตัวอย่างดินเดือน มี.ค. 60) และตัวอย่างดินครั้งที่ 3 (ตัวอย่างดินเดือน ก.ค. 60) พบว่า ตัวอย่างดินครั้งที่ 1, 2 และ 3 มีจำนวนชนิดของแบคทีเรียที่พบเมื่อจำแนกตามอนุกรมวิธาน พบว่า ส่วนใหญ่จัดอยู่ใน Phylum Proteobacteria ร้อยละ 58.53-97.85 Class Gammaproteobacteria ร้อยละ 59.80-97.77 Order Enterobacteriales ร้อยละ 60.59-97.67 Family Enterobacteriaceae ร้อยละ 67.08-97.67 และ Genus Escherichia ร้อยละ 49.03-86.41 ตามลำดับ ความหลากหลายของแบคทีเรียที่พบในพื้นที่ลุ่มน้ำป่า พื้นที่เกษตรต้นน้ำในช่วงฤดูฝนมีความหลากหลายของแบคทีเรียมากที่สุด พบแบคทีเรีย 37 Phylum, 56 Class, 127 Order, 2 Family, 627 Genus และ 1,891 Species พื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูร้อนมีความหลากหลายของแบคทีเรียน้อยที่สุด พบแบคทีเรีย 9 Phylum, 18 Class, 26 Order, 35 Family, 78 Genus และจำนวน 692 Species (Figure 4, table 6) จำนวนประชากรแบคทีเรียที่พบในพื้นที่ลุ่มน้ำป่ามีปริมาณขึ้นอยู่กับฤดูกาลและสภาพพื้นที่ที่ทำการศึกษ การทดลองของ Sheik *et al.*, (2011) ในสภาวะปกติ พบว่ากรรมวิธีที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 °C จำนวนประชากรแบคทีเรียมีขนาดเพิ่มขึ้น 40-150% แต่ความหลากหลายของชนิดแบคทีเรีย

ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ในสภาวะแห้งแล้ง กรรมวิธีที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 °C ขนาดชุมชนแบคทีเรียมีขนาดลดลง 50-80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่อบอุ่นขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างประชากรแบคทีเรีย นอกจากนี้ผลกระทบทางอ้อมของปรากฏการณ์โลกร้อน โดยเฉพาะการลดลงของความชื้นในดินมีผลโดยตรงต่อชุมชนประชากรแบคทีเรียมากกว่าผลกระทบโดยตรงของอุณหภูมิที่อบอุ่นขึ้น ปริมาณฝนที่ตกควบคู่กับอากาศที่อบอุ่นมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อชุมชนจุลินทรีย์และมีบทบาทสำคัญในการควบคุมจุลินทรีย์ในวัฏจักรคาร์บอนและไนโตรเจน ในขณะเดียวกัน Mellissa *et al.*, (2012) พบว่า ชุมชนแบคทีเรียในฤดูแล้งมีความแตกต่างจากฤดูมรสุม แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับความชื้นในดินในระยะต่าง ๆ ในฤดูมรสุมชุมชนแบคทีเรียมีขนาดใหญ่กว่าฤดูแล้งถึง 4.7 เท่า และยังพบว่าชุมชนแบคทีเรียใต้ต้นสน pinon pine และ juniper มีความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันของจุลินทรีย์ที่อยู่ใต้ต้นไม้เหล่านี้มีความแตกต่างกัน สามารถคาดการณ์การตอบสนองของชุมชนจุลินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นดิน และองค์ประกอบของชุมชนเหนือพื้นดินที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าชุมชนแบคทีเรียพื้นที่การเกษตรในฤดูฝนมีขนาดและความหลากหลายของแบคทีเรียมากที่สุด และพื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูร้อนมีความหลากหลายของแบคทีเรียน้อยที่สุด จำนวนประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูหนาวมีปริมาณมากที่สุด และประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำฤดูร้อนมีปริมาณน้อยที่สุด

สรุปผลการทดลอง

ชุมชนแบคทีเรียพื้นที่เกษตรต้นน้ำในฤดูฝนมีความหลากหลายของ แบคทีเรียมากที่สุดเท่ากับ 37 Phylum, 56 Class, 127 Order, 2 Family, 627 Genus และ 1,891 Species พื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูร้อนมีความหลากหลายของแบคทีเรียน้อยที่สุดเท่ากับ 9 Phylum, 18 Class, 26 Order, 35 Family, 78 Genus และจำนวน 692 Species ชุมชนแบคทีเรียที่พบในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันตามสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินละฤดู และพบว่าชุมชนแบคทีเรียพื้นที่การเกษตรในฤดูฝนมีขนาดและความหลากหลายของแบคทีเรียมากที่สุด พื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูร้อนมีความหลากหลายของแบคทีเรียน้อยที่สุด จำนวนประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำในฤดูหนาวมีปริมาณมากที่สุด และประชากรแบคทีเรียพื้นที่ป่าปลายน้ำฤดูร้อนมีปริมาณน้อยที่สุด จากผลการวิจัยนี้พบว่าปริมาณแบคทีเรียที่พบขึ้นอยู่กับอยู่กับฤดูกาล แต่ประชากรในชุมชนแบคทีเรียขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้นเพื่อความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมจนสิ้นสุดโครงการ จึงจะสามารถนำผลการวิจัยมาใช้งานนายแนวโน้มของชุมชนแบคทีเรียในลุ่มน้ำปายต่อไป

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ข้อมูลชุมชนแบคทีเรียในลุ่มน้ำปายสามารถใช้ในการทำนายแนวโน้มของจำนวนประชากรและชนิดของแบคทีเรียในลุ่มน้ำปาย เพื่อใช้ในการจัดการแบคทีเรียที่มีประโยชน์ทางการเกษตร และนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ดินเพื่อใช้ในการเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในลุ่มน้ำปายต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร, 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ
- Bastone, J.D. and W.G. Tyson. 2014. Linking microbial community structure, interactions and function in aerobic digesters using new molecular techniques. *Current opinion in Biotechnology* 27: 55-64.
- Christian, L.L., S.S. Michael, B.A. Mark and F. Noah. 2008. The influence of soil properties on the structure of bacterial and fungal communities across land-use types. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 2407-2415
- Gill, S.R., M. Pop, R.T. Deboy, P.B. Eckburg, P.J. Tumbaugh, B.S. Samuel, J.I. Gordon, D.A. Relman, C.M., Fraser-Liggett, and K.E. Nelson. 2006. Metagenomic analysis of the human distal gut microbiome. *Science* 312: 1355-1359
- Jones, B.V., M. Begley, C. Hill, G.M. Gahan, and J.R. Marchesi. 2008. Functional and comparative metagenomic analysis of bile salt hydrolase activity in the human gut microbiome. *PNAS* 105: 13580-13585

- Kamlesh J., W.A. Mark, F.J. Alan, M. Thomas, D. Schmidt, C. Coleman and W.B. William. 2011 Land-use history has a stronger impact on soil microbial community composition than aboveground vegetation and soil properties *Soil Biology and Biochemistry* 43: 2184-2193
- Kurokawa, K., T. Itoh, T. Kuwahara, K. Oshima, H. Toh, A. Toyoda, H. Takami, H. Morita, V.K. Sharma, T.P. Srivastava, T.D. Taylor, H. Noguchi, H. Mori, Y. Ogura, D.S. Ehrlich, K. Itoh, T. Takagi, Y. Sakami, T. Hayashi, and M. Hattori. 2007. Comparative metagenomics revealed commonly enriched gene sets in human gut microbiomes. *DNA Research* 14: 1-13.
- Larsen, P., Y. Hamada, and J. Gilbert. 2012. Modelling microbial communities: current, developing, and future technologies for predicting microbial community interaction. *Journal of Biotechnology* 1-2: 17-24.
- Liu, A., C. Hamel, A. Elmi, C. Costa and B. Ma DL Smith. 2002. Concentration of K, Ca and Mg in maize colonized by arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. *Can.J. Soil Sci.* 82: 271-278
- Manichanh, C., C.E. Chapple, L. Frangeul, K. Gloux, R. Guigo, and J. Dore. 2008. A comparison of random sequence reads versus 16S rDNA sequence for estimating the biodiversity of a metagenomic library. *Nucleic Acids Research* 36: 5180-5188.
- Melissa, A.C., Christopher, W.S., Nate G.M., William T.P., and Aimée T.C. 2012. Response of the Soil Microbial Community to Changes in Precipitation in a Semiarid Ecosystem. *Appl. Environ. Microbiol.* 78: 8587-8594.
- Pilloni, G., S.M. Granitsiotis, M. Engel, and T. Lueders. 2012. Testing the limits of 454 pyrotag sequencing: reproducibility, quantitative assessment and comparison to T-RFLP fingerprint of aquifer microbes. *PLoS ONE*. 7. E40467.
- Sartor, R.B. 2008. Therapeutic correction of bacterial sysbiosis discovered by molecular techniques. *PNAS* 105: 16413-16414.
- Sheik, S.C., Beasley, H.W., Elshahed, S.M., Zhou, X., Luo, Yiqi and Krumholz, L.R. 2011. Effect of warming and drought on grassland microbial communities. *ISME J* 5: 1692-1700.
- Tirawongsaroj, P., R. Sriprang, P. Hampichamchai, T. Thongaram, V. Champreda, S. Tanapongpipat, K. Pootanakit, and L. Eurwilaichitr. 2008. Novel thermophilic and thermostable lipolytic enzymes from a Thailand hot spring metagenomic library. *Journal of Biotechnology* 133: 42-49.

Table 1 Experimental Area and land used type in Pai river basin

Position	Land used type	Location		Altitude
1. upstream forest	Forest	19° 23' N	97° 57' E	546 m
2. upstream agricultural area	Paddy field	19° 23' N	97° 57' E	544 m
3. downstream forest	Forest	19° 11' N	97° 59' E	270 m
4. downstream agricultural area	Paddy field	19° 11' N	97° 59' E	208 m

Table 2 Chemical properties of soil samples

Soil sampling site	Location	pH (1:1)	Organic Matter (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
1. upstream forest	Pai, Maehongson	6.57	2.29	75.71	168.90
2. upstream agricultural area	Pai, Maehongson	6.71	3.11	68.71	177.10
3. downstream forest	Muang, Maehongson	6.32	2.77	11.33	150.00
4. downstream agricultural area	Muang, Maehongson	5.92	1.85	12.43	66.97

Table 3 Morphology of the fields and the physical properties of soil samples

Position	Soil Color	structure	Particle size distribution (%)			Textural class
			Sand	Silt	Clay	
1. upstream forest	10YR 4/3 80%	subangular	38	37	25	Loam
	10YR 6/6 20%	blocky structure				
2. upstream agricultural area	10YR 3/2	subangular	56	25	19	Sandy loam
		blocky structure				
3. downstream forest	7.5YR 4/3 70%	Semi-angular	18	41	41	Silty clay
	7.5YR 4/6 30%	blocky structure				
4. downstream agricultural area	10YR 4/3	subangular blocky structure	36	39	25	Clay loam

Table 4 Climate data of soil sample sites in the Pai River Basin

Position	Winter (Dec 2016)			Summer (April 2017)			Rainy (July 2017)		
	Soil temp. (°C)	Air temp. (°C)	Precipitation (mm.)	Soil temp. (°C)	Air temp. (°C)	Precipitation (mm.)	Soil temp. (°C)	Air temp. (°C)	Precipitation (mm.)
1. upstream forest	22	27	5	25	31	52	27	32	124
2. upstream agricultural area	22	29	5	27	33	52	28	34	124
3. downstream forest	19	24	7	23	29	54	26	31	134
4. downstream agricultural area	19	24	7	26	31	54	26	33	134

Table 5 Bacterial populations from soil samples

Position	Winter	Summer	Rain
1. upstream forest	4.2×10^6	5.48×10^6	1.46×10^6
2. upstream agricultural area	2.3×10^6	8.05×10^6	8.73×10^6
3. downstream forest	1.9×10^8	4.66×10^6	1.35×10^6
4. downstream agricultural area	8.8×10^7	1.38×10^7	1.40×10^7

** CFU/1 gram soil

Table 6 Type of bacteria and temperature during sampling in the experimental areas

Taxonomy	Downstream forest			Downstream agricultural area			Upstream forest			Upstream agricultural area		
	Winter	Summer	Rain	Winter	Summer	Rain	Winter	Summer	Rain	Winter	Summer	Rain
Phylum	15	9	32	23	15	37	33	24	33	26	17	36
Class	29	18	54	41	24	56	52	43	54	46	31	56
Order	68	26	121	83	45	126	107	96	123	100	69	126
Family	114	35	228	145	68	244	182	157	233	171	98	238
Genus	258	77	538	314	129	627	423	340	568	378	212	627
Species	1064	692	1142	1321	736	1886	1543	1198	1231	1352	829	1891
Amount (log10 CFU/g soil)	8.28	6.67	6.13	7.94	7.14	7.15	6.62	6.74	6.16	6.36	6.91	6.94

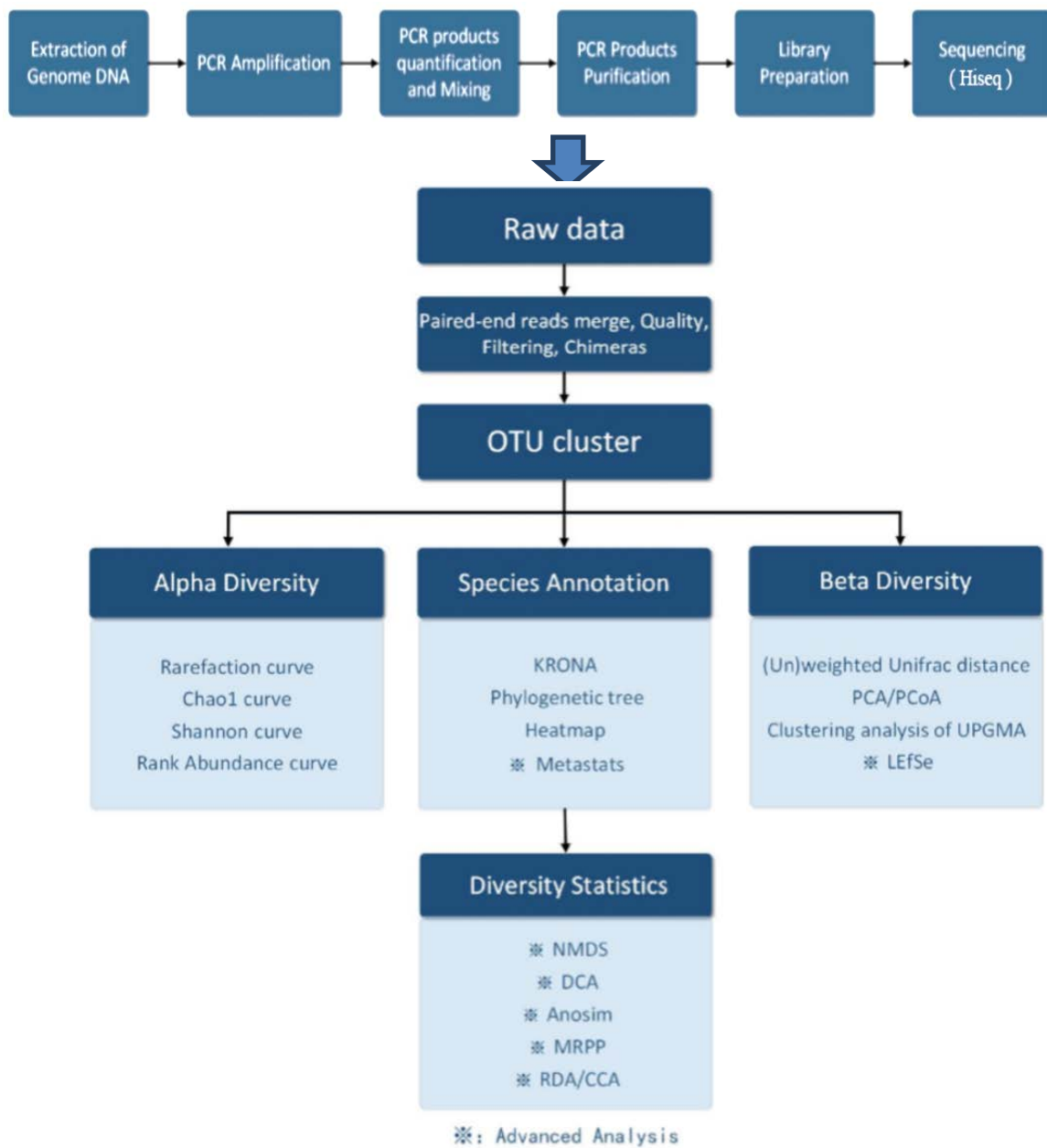


Figure 1 Next generation sequences work flow based on pair-end algorithms, amplicon sequencing is conducted on Illumina HiSeq platform

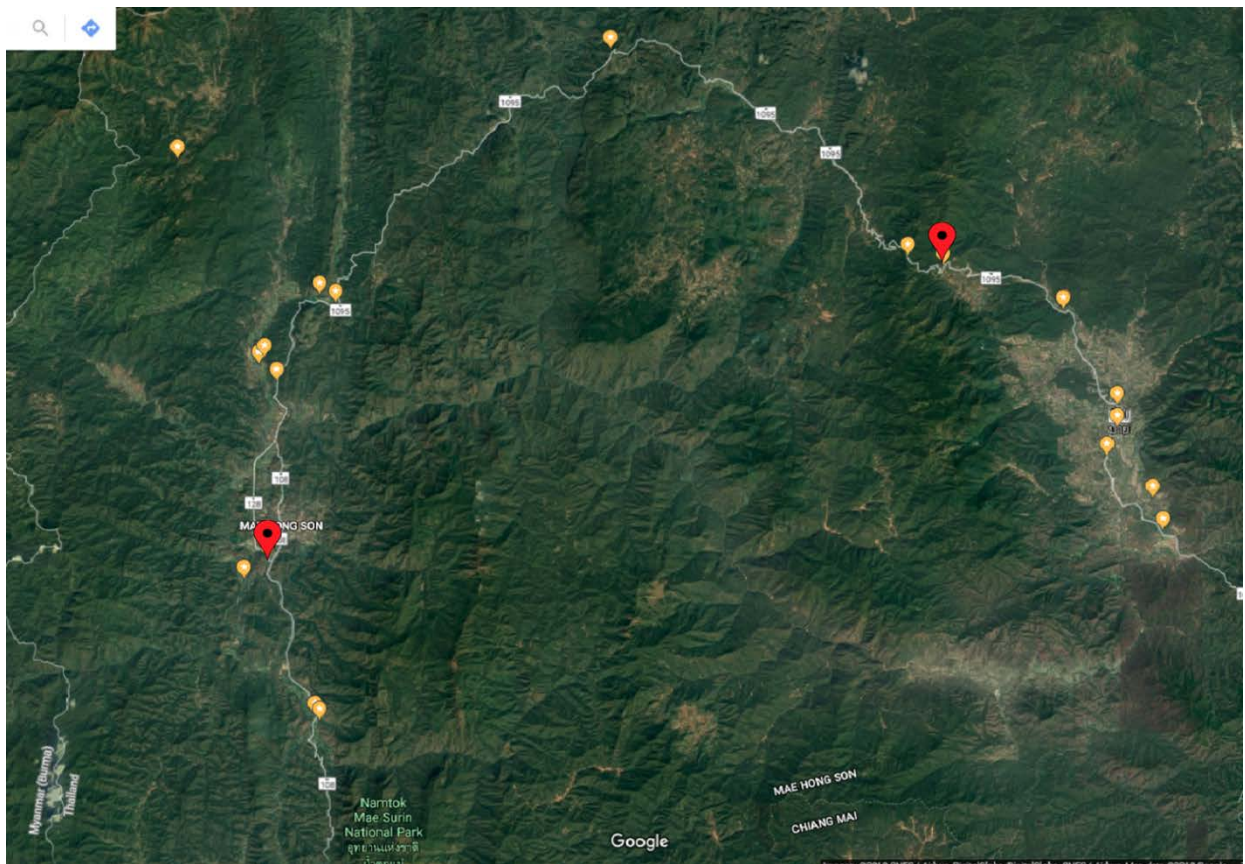


Figure 2 Experimental areas in Pai River Basin



พื้นที่ป่าปลายน้ำ



พื้นที่ป่าต้นน้ำ



พื้นที่เกษตรปลายน้ำ



พื้นที่เกษตรต้นน้ำ

Figure 3 Experimental area conditions

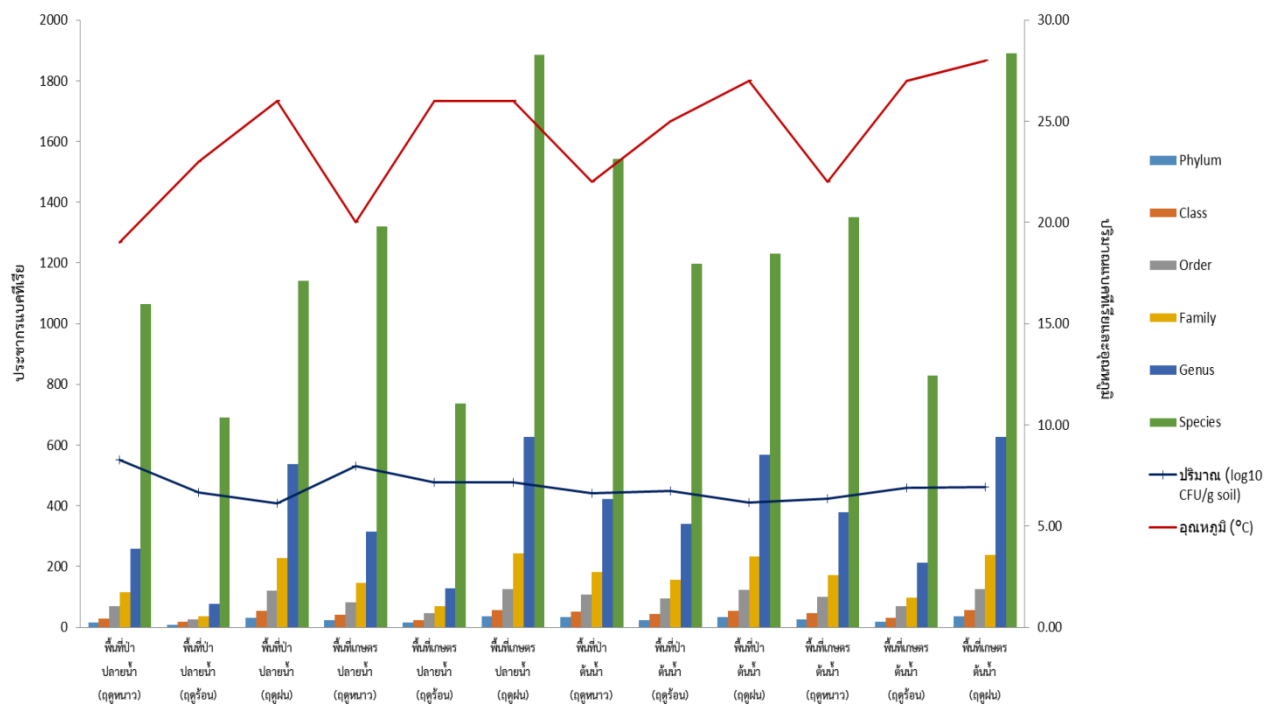


Figure 4 Types and amount of bacteria in Pai River Basin

ศึกษาความเข้ากันได้ของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เคมี

Study on Compatibility in Organic-Chemical Fertilizer Production

ศรีสุตา รื่นเจริญ พิศพงษ์ เซาวนพงษ์ สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์ รัฐกร สืบคำ ทิวาพร ผดุง

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ปุ๋ยอินทรีย์เคมี หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยเชิงผสมที่มีวัสดุอินทรีย์เป็นส่วนประกอบ ต้องมีธาตุอาหารหลักตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไปและมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12 ของน้ำหนักสุทธิปุ๋ยเคมี ปริมาณธาตุอาหารหลักแต่ละชนิด ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนักสุทธิปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนักสุทธิปุ๋ยเคมี และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักสุทธิปุ๋ยเคมี ซึ่งจากการผสมปุ๋ยบางชนิดที่ไม่เข้ากันอาจทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารและมีความชื้นสูงจากกระบวนการผลิต การศึกษาความเข้ากันได้ของวัตถุดิบเพื่อหากรรมวิธีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ได้คุณภาพตรงตามเกณฑ์กำหนด ดำเนินการทดลองที่กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ปุ๋ยเคมี 10-5-5 2) ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ดินเหนียว 3) ปุ๋ยเคมี 10-5-5+มูลวัว 4) ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ปุ๋ยหมัก 5) ปุ๋ยเคมี 10-5-5+กากตะกอนอ้อย 6) ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ลีโอไนโดต์ จากการทดลองพบว่า เมื่อเก็บรักษาปุ๋ยในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน วัสดุอินทรีย์ได้แก่ มูลวัว ปุ๋ยหมัก กากตะกอนอ้อย และลีโอไนโดต์ มีความเข้ากันได้กับปุ๋ยยูเรีย ไดแอมโมเนียมฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ เพราะความชื้นของปุ๋ย ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ โพแทชที่ละลายน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ตรงตามสูตรที่กำหนด (10-5-5) และเป็นไปตามเกณฑ์การขึ้นทะเบียนตาม พ.ร.บ.ปุ๋ยฯ สรุปได้ว่าการใช้ มูลวัว ปุ๋ยหมัก กากตะกอนอ้อย และลีโอไนโดต์ สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุอินทรีย์ในการผสมร่วมกับปุ๋ยเคมีได้

คำนำ

ปัจจุบันปุ๋ยอินทรีย์เคมี มีการผลิตและจำหน่ายอย่างแพร่หลายในท้องตลาด และเกษตรกรสามารถผลิตได้ด้วยตนเอง โดยการนำปุ๋ยเคมีมาผสมร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับปุ๋ยอินทรีย์ เป็นปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่กำหนดสูตรปุ๋ยตามความต้องการ ปุ๋ยอินทรีย์เคมี หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยเชิงผสมที่มีวัสดุอินทรีย์เป็นส่วนประกอบ ต้องมีธาตุอาหารหลักตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไปและมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12 ของน้ำหนักสุทธิปุ๋ยเคมี ปริมาณธาตุอาหารหลักแต่ละชนิด ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนักสุทธิปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนักสุทธิปุ๋ยเคมี และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักสุทธิปุ๋ยเคมี ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์เคมีจึงหมายถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่เติมปุ๋ยเคมีลงไปเพื่อให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารเพิ่มขึ้น และโดยทั่วไปแล้วปุ๋ยอินทรีย์เคมีจะมีสูตรแตกต่างกันไปตามความต้องการของพืชและชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของปุ๋ยปั้นเม็ดหรืออัดเม็ดซึ่งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนัก เพื่อช่วยลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้ไม่สูญเสียธาตุไนโตรเจน ปุ๋ยปั้นเม็ดหรืออัดเม็ดเป็นปุ๋ยผสมในสภาพที่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยอิทธิพลจากปุ๋ยอินทรีย์จะเป็นตัวควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี โดยปกติปุ๋ยเคมีจะปลดปล่อยธาตุอาหารเร็ว หากนำไปใช้ในดินที่มีค่า CEC ต่ำ เช่น ดินร่วนทราย ดินทราย จะทำให้เกิดสูญเสียธาตุอาหารอย่างรวดเร็วทำให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการเลือกวัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสม คือ จะต้องมีการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้ว ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์จะต้องหาวิธีการยับยั้งกิจกรรมการย่อยสลายเสียก่อนโดยการทำให้กลายเป็นกรด acidification ก่อนการอบไอน้ำเพื่อยับยั้ง enzyme โดยเฉพาะ enzyme urease ที่ทำให้ไนโตรเจนสูญหายกลายเป็นก๊าซแอมโมเนียเสียก่อนที่จะนำมาผสม ความเข้ากันได้ของปุ๋ยจึงหมายถึงเมื่อผสมปุ๋ยบางชนิดเข้าด้วยกันแล้วไม่ทำให้ปุ๋ยนั้นมีความชื้นสูงเกินเกณฑ์กำหนดและไม่สูญเสียปริมาณธาตุอาหาร ดังนั้นการศึกษาความเข้ากันได้ของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เคมี ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและเผยแพร่แก่เกษตรกรและผู้สนใจทั่วไปได้

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และ โพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)
2. วัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ดินเหนียว มูลวัว ปุ๋ยหมัก กากตะกอนอ้อย และลิกไนต์
3. อุปกรณ์ผสมปุ๋ย อุปกรณ์อัดเม็ดปุ๋ย
4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของปุ๋ย

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) ประกอบด้วย 3 ซ้ำ 6 กรรมวิธี

- กรรมวิธีที่ 1 ปุ๋ยเคมี 10-5-5
- กรรมวิธีที่ 2 ปุ๋ยเคมี 10-5-5 + ดินเหนียว
- กรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยเคมี 10-5-5 + มูลวัว
- กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยเคมี 10-5-5 + ปุ๋ยหมัก
- กรรมวิธีที่ 5 ปุ๋ยเคมี 10-5-5 + กากตะกอนอ้อย
- กรรมวิธีที่ 6 ปุ๋ยเคมี 10-5-5 + ลิกไนต์

ทำการทดลองโดยการนำแม่ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิด ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และ โพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) มาบดให้ละเอียดแล้วผสมตามสูตร 10-5-5 โดยใช้วัสดุอินทรีย์ที่บดละเอียดเป็นสารตัวเติม (filler) ให้ได้ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กำหนดสัดส่วนปุ๋ยอินทรีย์เคมีขนาด 100 กิโลกรัมโดยชั่งยูเรีย 10.9 กิโลกรัม ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 17.48 กิโลกรัม และโพแทสเซียมคลอไรด์ 8.3 กิโลกรัม ผสมกับวัสดุอินทรีย์ 63.32 กิโลกรัม มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นผสมน้ำจนมีความชื้น 20-30 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปอัดเม็ดด้วยเครื่องแบบเกลียวอัด (Extruder) ปุ๋ยที่ได้ออกมาเป็นแบบท่อนยาว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ตัดให้ปุ๋ยมีความยาว 1 เซนติเมตร นำเม็ดปุ๋ยที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิไม่เกิน 75 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นของเม็ดปุ๋ย เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ผลิตได้มาศึกษาความเข้ากันได้ (compatibility) โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ผลิตได้ โดยการหาความชื้นของปุ๋ย 3 ระยะ คือ 0 6 และ 12 เดือนหลังการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง วิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำเท่ากับ 1:5 วัดด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) โดยใช้อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำเท่ากับ 1:10 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ประยุกต์วิธีของ Walkley and Black (1965) ด้วยกรดกำมะถัน (H_2SO_4) เข้มข้นและ $K_2Cr_2O_7$ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (T-N) ด้วยวิธี Kjeldahl Method โดยย่อยตัวอย่างด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น เก็บสารละลายที่ได้ไปกลั่นหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (Available P_2O_5) ด้วยวิธีล้างตัวอย่างปุ๋ยด้วยน้ำกลั่น จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ล้างตัวอย่างให้ได้สารละลายประมาณ 250 มิลลิลิตร แล้วนำกระดาษกรองที่มีปุ๋ยตกค้างอยู่ใส่ลงใน Volumetric flask ที่บรรจุสารละลาย Ammonium citrate pH 7 แล้วนำไปอุ่นใน Shaking water bath ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเขย่าจนกระดาษกรองยุ่ย แล้วนำมาอุ่นใน Shaking water bath ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงอีกครั้ง นำสารละลายที่ได้ทั้ง 2 มาเทรวมกันใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรและกรองด้วยกระดาษกรองสีขาวดื่บ เป็ดสารละลายที่ได้ และเติม Ternary acid mixture จากนั้นนำไปย่อยบน Hot plate ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส ย่อยจนได้สารละลายสีใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาเติมสารละลาย molybdovanadate จากนั้นนำไปวัดปริมาณ P_2O_5 ด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (Water Soluble K_2O) วัดปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ โดยใช้สารละลายตัวอย่างปุ๋ยที่ผ่านการเขย่าด้วยน้ำกลั่นด้วยเครื่อง Flame Photometer ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้วิเคราะห์โดยวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) ความแข็งของเม็ดปุ๋ย (Granule hardness) โดยนำตัวอย่างมา 3 ซ้ำ ๆ ละ 20 ตัวอย่าง (เม็ด) ใช้มือกดบนตาชั่งผ่านกระจกานาฬิกาจนเม็ดปุ๋ยแตกจะได้ค่าน้ำหนักที่ต้านแรงกดเป็นค่า Crushing strength (UNIDO and IFDC, 1998)

ระยะเวลาการทดลองเดือนตุลาคม 2553 ถึง เดือนกันยายน 2556 ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ (Table 1)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของมูลวัว กากตะกอนอ้อย ปุ๋ยหมัก ลีโอนาโดต์ และดินเหนียว มีค่า 1.80, 1.37, 1.32, 1.05 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดของกากตะกอนอ้อย ปุ๋ยหมัก มูลวัว ลีโอนาโดต์ และดินเหนียว มีค่า 2.95, 1.98, 1.32, 0.05 และ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของปุ๋ยหมัก ลีโอนาโดต์ มูลวัว กากตะกอนอ้อย และดินเหนียว มีค่า 2.62, 1.27, 1.10, 1.01 และ 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุของกากตะกอนอ้อย มูลวัว ปุ๋ยหมัก ลีโอนาโดต์ และดินเหนียว มีค่า 41.24, 38.30, 35.99, และ 27.18 2.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าระหว่าง 2.50-7.56 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าระหว่าง 0.08-2.30 เดซิซีเมนต่อเมตร

สมบัติทางเคมี (Table 2)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่า ปุ๋ยเคมี 10-5-5+กากตะกอนอ้อย มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยสูงสุด 25.83 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมี 10-5-5+มูลวัว ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ลีโอนาโดต์ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 24.13, 22.68 และ 17.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุของวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิด และแตกต่างกันทางสถิติกับปุ๋ยเคมี 10-5-5+ดินเหนียว ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 2.01 เปอร์เซ็นต์ โดยเกณฑ์กำหนดต้องมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ดังนั้น ปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ผ่านเกณฑ์กำหนดปริมาณอินทรีย์วัตถุได้แก่ ปุ๋ยเคมี 10-5-5+กากตะกอนอ้อย ปุ๋ยเคมี 10-5-5+มูลวัว ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมี 10-5-5+ลีโอนาโดต์

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ปุ๋ยหมัก มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด 11.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ลีโอนาโดต์ ปุ๋ยเคมี 10-5-5+กากตะกอนอ้อย ปุ๋ยเคมี 10-5-5+มูลวัว และปุ๋ยเคมี 10-5-5+ดินเหนียว มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 11.61, 10.88, 10.29 และ 10.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งค่าเกณฑ์กำหนดต้องมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ดังนั้นปุ๋ยเคมีอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดผ่านเกณฑ์กำหนดค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีการสูญเสียธาตุไนโตรเจนจากการผลิต

ปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ พบว่า ปุ๋ยเคมี 10-5-5+กากตะกอนอ้อย มีปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงสุด 7.05 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยเคมี 10-5-5+มูลวัว มีปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 6.56, 6.42 ตามลำดับสูงกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับปุ๋ยเคมี 10-5-5+ลีโอนาโดต์ และปุ๋ยเคมี 10-5-5+ดินเหนียว มีปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 5.69 และ 5.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าเกณฑ์กำหนดต้องมีปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ร้อยละ 5 ของน้ำหนัก ดังนั้นปุ๋ยเคมีอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดผ่านเกณฑ์กำหนดค่าฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์

ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ พบว่า ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ปุ๋ยหมัก มีปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำเฉลี่ยสูงสุด 6.25 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมี 10-5-5+มูลวัว ปุ๋ยเคมี 10-5-5+ลีโอนาโดต์ ปุ๋ยเคมี 10-5-5+กากตะกอนอ้อย และปุ๋ยเคมี 10-5-5+ดินเหนียว มีปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำเฉลี่ย 5.96, 5.75, 5.65 และ 5.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเกณฑ์กำหนดต้องมีปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำร้อยละ 5 ของน้ำหนัก ดังนั้นปุ๋ยเคมีอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดผ่านเกณฑ์กำหนดค่าปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

ค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ทุกกรรมวิธีของปุ๋ยอินทรีย์เคมี 10-5-5 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 25.60-27.62 เดซิซีเมนต่อเมตร และค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.25-6.85 ซึ่งมีความเป็นกรดเล็กน้อย

สมบัติทางกายภาพ (Table 3)

ความชื้นของปุ๋ย (Moisture) พบว่า ทุกกรรมวิธีของปุ๋ยอินทรีย์เคมี 10-5-5 เริ่มต้นมีความชื้นเฉลี่ยระหว่าง 7.99-9.51 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลา 6 เดือนมีความชื้นเฉลี่ยระหว่าง 8.05-9.59 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะเวลา 12 เดือนมีความชื้นเฉลี่ยระหว่าง 8.08-9.64 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าเกณฑ์กำหนดต้องมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ดังนั้นปุ๋ยเคมีอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดผ่านเกณฑ์กำหนดความชื้น และความแข็งของเม็ดปุ๋ย (Crushing strength of fertilizer granules) มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.27-5.76 กิโลกรัมต่อเม็ด เป็นค่าที่ยอมรับได้ที่เม็ดปุ๋ยที่ดีควรมีความแข็งแรงมากกว่า 2.3 กิโลกรัมต่อเม็ด เพื่อให้ทนทานต่อแรงกระแทกและการขนส่ง

Table 1 Chemical properties of raw material

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (%)	T-N (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Total K ₂ O (%)
1) Clay	7.56	0.08	2.01	0.13	0.03	0.01
2) Cow dung	6.30	1.32	38.30	1.80	1.32	1.10
3) Compost	6.71	1.60	35.99	1.32	1.98	2.62
4) Filter cake	6.80	1.10	41.24	1.37	2.95	1.01
5) Leonadite	2.50	2.30	27.18	1.05	0.05	1.27

Table 2 Chemical properties of organic chemical fertilizers

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (%)	T-N (%)	Avail. P ₂ O ₅ (%)	Water soluble K ₂ O (%)
1) 10-5-5	5.13	25.60	0.15 f	10.18 a	5.09 b	5.19 a
2) 10-5-5 + clay	6.21	25.74	1.27 e	10.07 a	5.31 b	5.39 a
3) 10-5-5 + cow dung	6.85	26.84	24.13 b	10.29 a	6.42 a	5.96 a
4) 10-5-5 + compost	6.77	27.07	22.68 c	11.67 a	6.56 a	6.25 a
5) 10-5-5 + filter cake	6.54	26.66	25.83 a	10.88 a	7.05 a	5.65 a
6) 10-5-5 + leonadite	5.25	27.62	17.01 c	11.61 a	5.69 b	5.75 a
Mean	6.13	26.58	15.18	10.78	6.02	5.70
CV (%)	-	-	1.1	3.2	3.5	7.0

Remark : Means in the same column followed by a common letters are not significantly by different at 5% level by DMRT

Table 3 Physical properties of organic chemical fertilizers

Treatment	Moisture (%)			Crushing strength (kilogram/pellet)
	begin	6 months	12 months	
1) 10-5-5	-	-	-	-
2) 10-5-5 + clay	7.99	8.05	8.08	5.76
3) 10-5-5 + cow dung	9.31	9.34	9.48	4.54
4) 10-5-5 +compost	9.01	9.08	9.19	4.27
5) 10-5-5 + filter cake	9.18	9.26	9.35	5.75
6) 10-5-5 + leonadite	9.51	9.59	9.64	5.86

สรุปผลการทดลอง

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เคมี 10-5-5 โดยใช้ปุ๋ยเคมีผสมกับวัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ดินเหนียว มูลวัว ปุ๋ยหมัก กากตะกอนอ้อย และ สีโอโนไดต์ มีความเข้ากันได้ เพราะไม่มีผลทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 เดือน นอกจากนี้ ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ และโพแทชที่ละลายน้ำ ไม่ต่ำกว่าสูตรที่กำหนด (10-5-5) ผ่านเกณฑ์ กำหนดตาม พ.ร.บ.ปุ๋ยฯ ยกเว้นดินเหนียวที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดตาม พ.ร.บ.ปุ๋ยฯ

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ได้ข้อมูลการเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์เคมีให้กับเกษตรกรได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช ISBN: 974-436-054-2. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 164 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ ISBN: 974-436-452-1. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 45 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2552. พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. ๒๕๑๘ แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐. ฝ่ายปุ๋ยเคมี ส่วนใบอนุญาตและขึ้นทะเบียน สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 66 หน้า.
- สมบูรณ์ ประภาพรณพงศ์, จันทิรา อริยธัช และเรวดี ดีมาก, 2537. ศักยภาพในการใช้ตัวเชื่อมประสานในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ด. เอกสารวิชาการด้านปฐพีวิทยา ประชุมประจำปี 2539 กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. น. 1-10
- UNIDO and IFDC. 1998. Fertilizer Manual. Kluwer Academic Publishers. Maryland.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of wet digestion method for determination soil organic matter and a propose modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

ศึกษารูปแบบการจัดการดินเพื่อผลิตข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ในกลุ่มดินเหนียว

A Study of Soil Management Model for Rice Production in Organic Agriculture System on Clayey Soils

รมิดา ชันตรีกรรม^{1/} สรตนา เสนาะ^{1/} เพทาย กาญจนเกสร^{2/} สุนัดดา เชาวลิศ^{3/} บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์^{1/}

^{1/} กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครปฐม

^{3/} สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบการจัดการดินเพื่อการผลิตข้าวในระบบอินทรีย์ในกลุ่มดินเหนียว มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการดินและปรับปรุงดินเพื่อรักษาสมดุลธาตุอาหาร เพิ่มผลผลิตที่มีประสิทธิภาพในการผลิตพืชอินทรีย์ ระยะเวลาดำเนินงานปี พ.ศ. 2559-2560 ดำเนินการทดลองที่แปลงเกษตรกร อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ในฤดูแล้งปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 โดยกรรมวิธีที่ 1 ไม่ปลูกถั่วเขียว กรรมวิธีที่ 2-5 ปลูกถั่วเขียว โดยคลุมเมล็ดพันธุ์ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูกทุกกรรมวิธี ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร เก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วเขียวและไถกลบซากถั่วเขียว ในฤดูฝนปลูกข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 ด้วยวิธีปักดำ ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร โดยกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ไม่ใส่ปุ๋ย กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 622 กิโลกรัม/น้ำหนักระยะต่อไร่ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทู อัตรา 500 กรัมต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทู อัตรา 500 กรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก อัตรา 622 กิโลกรัม/น้ำหนักระยะต่อไร่

ผลการทดลอง พบว่า ในฤดูแล้ง ปี พ.ศ. 2560 ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ให้การเจริญเติบโตทางด้านความสูง น้ำหนักผลผลิต 100 เมล็ด และน้ำหนักผลผลิตถั่วเขียวไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 5 ให้ความสูง น้ำหนักผลผลิต 100 เมล็ด และผลผลิตสูงสุดคือ 48.5 เซนติเมตร และ 7.40 กรัม และ 104.3 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

ส่วนในฤดูฝนปี พ.ศ. 2560 ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 การเจริญเติบโตด้านความสูง การแตกกอ ผลผลิต เมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนักฟาง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กรรมวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทู อัตรา 500 กรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมัก อัตรา 622 กิโลกรัม/น้ำหนักระยะต่อไร่ ให้การเจริญเติบโตทางด้านความสูง การแตกกอ และผลผลิตข้าวสูงสุดโดยมีความสูงเฉลี่ย 94 เซนติเมตร การแตกกอ 12 ต้นต่อกอ และผลผลิตข้าว 373 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวง 81 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักฟาง 855 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

คำนำ

ทั่วโลกมีประเทศผู้ผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ประมาณ 141 ประเทศ คิดเป็นพื้นที่การเกษตรทั้งหมดประมาณ 201 ล้านไร่ (FiBL, 2009) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในประเทศออสเตรเลีย สหภาพยุโรป และลาตินอเมริกา ปี พ.ศ. 2550 มูลค่าของสินค้าเกษตรอินทรีย์ในตลาดโลกมีประมาณ 46,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ มีการขยายตัวร้อยละ 10-20 ต่อปี (International trade Center, 2007) ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตสินค้าเกษตรส่งออกที่ใหญ่ที่สุดของโลก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตสินค้าเกษตรให้เข้าสู่มาตรฐานความปลอดภัยทั้งในระบบ GAP ควบคู่ไปกับระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อเป็นการฟื้นฟูดินและสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรม ที่เกิดจากการใช้ที่ดินติดต่อกันอย่างยาวนานให้มีความสมดุลและมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ดินเป็นพื้นฐานสำคัญของการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ ควรมีความอุดมสมบูรณ์และการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบอย่างสมดุลโดยเน้นการใช้สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติและปัจจัยการผลิตในท้องถิ่นเป็นหลัก (กรมวิชาการเกษตร, 2543) เนื่องจากวัสดุอินทรีย์มีปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสและการปลดปล่อยธาตุอาหารช้ากว่าปุ๋ยเคมี จึงมีผลต่อการให้ผลผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ที่ไม่มีความต่อเนื่องและผลผลิตมีปริมาณต่ำ การจัดการดินในการผลิตพืชระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อให้เกิดสมดุลธาตุอาหาร และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้พอเพียงต่อพืช ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจใน

การสร้างความสมดุลธาตุอาหารในระบบเกษตรอินทรีย์ ประกอบกับขาดข้อมูลการจัดการดินที่มีประสิทธิภาพในการผลิตพืชอินทรีย์ที่ชัดเจน

การผลิตข้าวอินทรีย์เป็นระบบการผลิตทางการเกษตรที่เน้นเรื่องของธรรมชาติเป็นสำคัญ ได้แก่ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติเป็นสำคัญ การรักษาสมดุลธรรมชาติและการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติเพื่อการผลิตรายั่งยืน เช่น ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการปลูกพืชหมุนเวียน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในไร่นาหรือจากแหล่งอื่น ควบคุมโรคและแมลง สัตว์ศัตรูข้าว โดยวิธีผสมผสานที่ไม่ใช้สารเคมี การเลือกใช้พันธุ์ข้าวที่เหมาะสม มีความต้านทานโดยธรรมชาติ รักษาสมดุลของศัตรูธรรมชาติ การจัดการดิน พืช และน้ำ ให้ถูกต้องเหมาะสมกับความต้องการของต้นข้าว เพื่อให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดี มีความสมบูรณ์แข็งแรงตามธรรมชาติ (กรมการข้าว, 2550) นอกจากนี้การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนทำการปลูก ก็มีหน้าที่สามารถช่วยให้การจัดการธาตุอาหารได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

ดังนั้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษารูปแบบการจัดการดินและปรับปรุงดินเพื่อรักษาระดับหรือเพิ่มผลผลิตที่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวอินทรีย์ในดินเหนียว ในเขตภาคกลาง โดยวิธีการสร้างความสมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชที่ได้รับและสูญเสียออกไปจากระบบการผลิตพืช ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในดิน เพื่อพิจารณาเลือก ใช้แหล่งธาตุอาหารพืชและอัตราการใช้ในการผลิตพืชในแต่ละฤดูการปลูกให้พอเพียง ในการสร้างรูปแบบการจัดการดินระบบเกษตรอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมเพื่อให้ผลผลิตจากระบบเกษตรอินทรีย์

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1
2. เมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ 84-1
3. ปุ๋ยหมัก
4. ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม
5. ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ทู

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ

กรรมวิธี	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
1	ไม่ปลูกถั่วเขียว	ข้าว + ไม่ใส่ปุ๋ย
2	ถั่วเขียว+ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	ข้าว + ไม่ใส่ปุ๋ย
3	ถั่วเขียว+ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	ข้าว + ปุ๋ยหมักอัตรา 622 กิโลกรัม/น้ำหนักร่องต่อไร่
4	ถั่วเขียว+ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	ข้าว + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่
5	ถั่วเขียว+ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	ข้าว + ปุ๋ยหมักอัตรา 622 กิโลกรัม/น้ำหนักร่องต่อไร่ +ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. เลือกพื้นที่แปลงทดลองที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลางถึงสูง เป็นดินเหนียว
2. ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามของดิน (soil morphology)
3. เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของดินก่อนและหลังปลูกถั่วในฤดูแล้ง และข้าวในฤดูฝน
4. เตรียมปุ๋ยหมัก พร้อมวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารโดยอัตราที่ใส่เทียบกับปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยหมัก ร่วมกับคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับข้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2553)
5. เตรียมแปลงการทดลองปลูกถั่ว และข้าว ขนาดแปลงย่อย 7.5x7.5 เมตร จำนวน 20 แปลงย่อย ช่วงฤดูแล้ง ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชยันนา 84-1 โดยคลุมปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม อัตรา 200 กรัมต่อเมล็ดถั่วเขียว 3-5 กิโลกรัม ปลูกทุกกรรมวิธี ยกเว้นกรรมวิธีที่ 1 ให้ใช้พลาสติกดำคลุมไว้ ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x4 เมตร เก็บตัวอย่างถั่วเขียววิเคราะห์การ

สะสมในส่วนต่างๆ ต้น ใบ เปลือก และเมล็ด และไถกลบเศษซากถั่วเขียว ในฤดูฝน ปลุกข้าว พันธุ์ปทุมธานี 1 ไถแปลง ตากดิน 7 วัน ทำเทือกและปลุกข้าว โดยวิธีการปักดำระยะ 25x25 เซนติเมตร กรรมวิธีที่ 1 และ 2 ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยหมัก อัตรา 622 กิโลกรัม/น้ำหนักร่องต่อไร่ ในกรรมวิธีที่ 4 สำหรับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ดูแลรักษาแปลงทดลอง กำจัดวัชพืช พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x4 เมตร เก็บตัวอย่างเมล็ดข้าว ฟางข้าว มาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร ทำการไถกลบตอซังและฟางข้าวคืนกลับสู่พื้นที่

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาของดิน
2. ข้อมูลผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินก่อนและหลังการปลูกถั่วเขียวและข้าว
3. ข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตถั่วเขียวและข้าว
4. ข้อมูลปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในส่วนต่าง ๆ ของพืช

ระยะเวลาและสถานที่

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2559 สิ้นสุด กันยายน 2560

สถานที่ดำเนินการทดลอง แปลงเกษตรกร อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะสัณฐานวิทยาของดิน

ผลวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของดินในแปลงปลูกข้าวในระบบอินทรีย์ พบว่า สภาพแวดล้อมการใช้ที่ดินเป็นชุดดินบางปะอิน ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็นแบบ Apg-Bssg1-Bssg2-Bssg3 โดยแบ่งระดับความลึกในแต่ละช่วงดังนี้ 0-25, 25-55, 55-80, 80-120+ เซนติเมตร ตามลำดับ มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด (clay) ตลอดหน้าตัดดิน โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม (angular blocky structure) ตลอดหน้าตัดดิน (Figure1)

2. สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร

ผลวิเคราะห์ดินก่อนการปลูกถั่วเขียว ในฤดูแล้ง (Table 1) พบว่า ดินมีสภาพความเป็นกรดเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 6.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 179 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลวิเคราะห์ดินก่อนการปลูกข้าว ในฤดูฝน (Table 1) พบว่า ดินมีสภาพความเป็นกรดเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 6.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



Figure1 Soil Profile Bang Pa-in soil series

Table 1 Characteristic of Bang Pa-in soil series before planting mungbean and rice for organic farming system at Nakhon Pathom Province in 2017

Treatment	pH (1:1)	Organic matter (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
<u>Dry season</u>				
-	5.9	2.1	8	133
Mungbean + Rhizobium	6.0	2.1	10	138
Mungbean + Rhizobium	6.1	2.2	9	156
Mungbean + Rhizobium	6.2	2.2	5	141
Mungbean + Rhizobium	6.3	2.3	9	148
Average	6.1	2.2	10	179
<u>Rainy season</u>				
Rice + no fertilizer	5.8	2.1	8	133
Rice + no fertilizer	6.0	2.1	9	138
Rice + compost	6.0	2.3	10	160
Rice + PGPR	6.2	2.2	10	158
Rice + compost + PGPR	6.3	2.3	10	163
Average	6.1	2.2	9	150

3. สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยหมักก่อนการทดลอง ปี พ.ศ. 2560 พบว่า ปุ๋ยหมักมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 1.9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) เฉลี่ยเท่ากับ 0.82 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) เฉลี่ย 2.02 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

Table 2 Chemical properties of compost (2017)

Items	pH (1:10)	EC (dS/m)	OM (%)	C/N ratio	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Moisture (%)
Compost	8.5	3.0	40.13	17/1	1.9	0.82	2.02	21.7

จากค่าวิเคราะห์ดังกล่าวจึงนำมาคำนวณเทียบเคียงอัตราการใส่ปุ๋ยหมักตามอัตราความต้องการธาตุอาหารของข้าวตามค่าวิเคราะห์ดิน กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยหมักจะใส่ปุ๋ยหมักใน อัตรา 622 กิโลกรัม/น้ำหนักระหว่างต่อไร่ ในช่วงเตรียมดินก่อนการปลูกข้าว

4. การเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วเขียวและข้าว

4.1 การเจริญเติบโต และผลผลิตถั่วเขียว

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของถั่วเขียวที่อายุ 65 วัน น้ำหนักผลผลิต 100 เมล็ด และน้ำหนักผลผลิตถั่วเขียว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงเฉลี่ย 43.2 เซนติเมตร น้ำหนักผลผลิต 100 เมล็ด เฉลี่ย 7.28 กรัม และผลผลิต 101.0 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3)

Table 3 Height (cm), 100-grain weight (g) and grain yield (kg/rai) for mungbean at 65 days after planting

Treatment	Dry season	Rainy season	High (cm)	100-grain weight (g)	Grain yield (kg/rai)
T1	-	Rice + no fertilizer	-	-	-
T2	Mungbean+Rhizobium	Rice + no fertilizer	38.3	7.27	100.0
T3	Mungbean+Rhizobium	Rice + compost	42.5	7.23	101.0
T4	Mungbean+Rhizobium	Rice + PGPR	43.3	7.20	98.5
T5	Mungbean+Rhizobium	Rice + compost + PGPR	48.8	7.40	104.3
Average			43.2	7.28	101.0
F-test			ns	ns	ns
CV (%)			14.5	2.6	10.3

Remark : ns = not significantly

4.2 การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าว

ในฤดูฝนหลังเก็บเกี่ยวถั่วและไถกลบถั่วเขียว ทำการปลูกข้าว วันที่ 19 กันยายน 2560 และเก็บเกี่ยวข้าว วันที่ 24 ธันวาคม 2560 การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว และจำนวนการแตกกอของข้าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีการปลูกข้าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ให้ความสูงและการแตกกอสูงสุด คือ 94 เซนติเมตร และ 12 ต้นต่อกอ ตามลำดับ (Table 4)

ผลผลิตข้าวในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กรรมวิธีการปลูกข้าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด เท่ากับ 357 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และน้ำหนักฟางข้าว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ยเท่ากับ 77 น้ำหนักฟางเฉลี่ยเท่ากับ 855 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 4)

Table 4 Yield and yield components of Pathum Thani 1 rice variety grown during the 2017 in rainy season

Treatment	Height (cm)	Tiller number (tillers/plant)	Grain yield (Kg/rai)	Grain number (seeds/spike)	Rice straw (kg/rai)
Rice + no fertilizer	90	11	269	73	715
Rice + no fertilizer	92	11	277	75	810
Rice + compost	92	11	323	75	835
Rice + PGPR	93	11	333	80	800
Rice + compost + PGPR	94	12	357	81	855
Average	92	11	312	77	803
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.5	13	25.5	8.9	24.1

Remark : ns = not significantly

5. ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในถั่วเขียวและข้าว

5.1 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในถั่วเขียว

ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีผลต่อการเจริญเติบโต การออกดอก การติดฝักของถั่วเขียว ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มากที่สุด รองลงมา เมล็ด ใบ และต้น โดยมีค่าเฉลี่ย ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 3.65 1.57 และ 1.09 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 0.47 0.47 0.21 และ 0.16 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียม มีการดูดใช้ในเปลือกฝักมากที่สุด รองลงมา ต้น ใบ และเมล็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 3.09 2.05 และ 1.17 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ การไถกลบต้นถั่ว ใบ และเปลือกฝักถั่วเขียว ทำให้ได้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม กลับมาในระบบ เท่ากับ 6.98 0.84 และ 9.37 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 Nutrients uptake (kg nutrient/rai) by mungbean in dry season 2017

Treatment	Uptake of N				Uptake of P				Uptake of K			
	stem	leaf	nutshell	seed	stem	leaf	nutshell	seed	stem	leaf	nutshell	seed
	(.....kg/rai.....)											
T1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T2	1.17	1.61	3.92	3.62	0.21	0.06	0.39	0.46	3.14	2.19	3.99	1.09
T3	0.93	1.70	5.16	3.63	0.22	0.18	0.61	0.47	2.48	2.20	4.88	1.31
T4	0.88	1.17	3.85	3.55	0.14	0.12	0.35	0.43	2.71	1.36	4.16	1.15
T5	1.36	1.83	4.33	3.82	0.28	0.19	0.53	0.50	4.01	2.45	3.90	1.14
Average	1.09	1.57	4.32	3.65	0.21	0.16	0.47	0.47	3.09	2.05	4.23	1.17

แคลเซียมและแมกนีเซียม แคลเซียมเป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมการดูดใช้ไนโตรเจน จำเป็นมากในระยะออกดอกและระยะที่สร้างเมล็ด เพราะช่วยในการเคลื่อนย้ายและเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในถั่ว เพื่อนำไปใช้ในการสร้างผลและเมล็ด ถ้าขาดแคลเซียมถั่วจะออกดอกและติดฝักน้อย เมล็ดจะไม่เต็มฝัก แมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ที่เป็นส่วนสีเขียวในส่วนต่าง ๆ ของพืช ช่วยเสริมสร้างให้พืชสังเคราะห์แสงได้ดี มีการเจริญเติบโตและการเป็นไปตามปกติ มีส่วนสำคัญในการสุกแก่ของพืช ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียม ส่วนเปลือกฝักมากที่สุด รองลงมา ใบ ต้น และเมล็ด โดยมีค่าเฉลี่ย ปริมาณการดูดแคลเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 2.27 1.06 และ 2.20 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 1.59 0.58 0.48 และ 0.18 กิโลกรัมต่อไร่ การไถกลบต้นถั่ว ใบ และเปลือกฝักถั่วเขียว ทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียม กลับเข้าสู่ระบบ เท่ากับ 8.13 และ 2.65 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 6)

Table 6 Nutrients uptake (kg nutrient/rai) by mungbean in dry season 2017

Treatment	Uptake of Ca				Uptake of Mg			
	stem	leaf	nutshell	seed	stem	leaf	nutshell	seed
	(.....kg/rai.....)							
T1	-	-	-	-	-	-	-	-
T2	1.17	2.44	4.17	0.18	0.62	0.52	1.46	0.18
T3	0.88	2.37	5.41	0.21	0.48	0.51	1.76	0.19
T4	0.81	1.66	4.93	0.20	0.45	0.36	1.58	0.17
T5	1.38	2.68	4.70	0.20	0.76	0.55	1.54	0.19
Average	1.06	2.27	4.80	0.20	0.58	0.48	1.59	0.18

5.2 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในข้าว

ไนโตรเจนช่วยในการเจริญเติบโตของข้าว เพิ่มขนาดใบ เพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวง เพิ่มจำนวนเมล็ดดีต่อรวง และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว ฟอสฟอรัสจะช่วยในการแตกกอ การพัฒนาของราก การออกดอกและการสุกแก่ของข้าว โพแทสเซียม จะช่วยทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง เพิ่มพื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ ช่วยลดการร่วงของใบ ช่วยเพิ่มจำนวนเมล็ดและจำนวนเมล็ดดีต่อรวง เพิ่มน้ำหนักเมล็ด แต่ไม่ช่วยในการแตกกอ ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มากที่สุดในฟางข้าว โดยมีค่าเฉลี่ย ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 11.04 1.02 และ 22.78 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเมล็ด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 0.67 และ 1.09 กิโลกรัมต่อไร่ การไถกลบฟางข้าว ทำให้ได้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม กลับมาในระบบ เท่ากับ 11.04 1.02 และ 22.78 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 7)

แคลเซียมและแมกนีเซียม มีผลต่อคุณภาพของผลผลิต ถ้าเกิดการขาดจะทำให้จำนวนและน้ำหนักเมล็ดลดลง คุณภาพเมล็ดไม่ดี ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียม ในฟางข้าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.69 และ 1.40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และปริมาณการดูดใช้ในเมล็ดข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 และ 0.25 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นการไถกลบฟางข้าว ทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียม กลับเข้าสู่ระบบ เท่ากับ 3.69 และ 1.40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 7)

Table 7 Nutrient uptake (kg nutrient/rai) by rice in rainy season 2017

Treatment	Uptake of N		Uptake of P		Uptake of K		Uptake of Ca		Uptake of Mg	
	seed	rice straw	seed	rice straw	seed	rice straw	seed	rice straw	seed	rice straw
	(.....kg/rai.....)									
T1	4.01	9.07	0.50	0.74	0.89	22.62	0.21	3.51	0.17	1.22
T2	4.27	10.53	0.50	0.88	0.89	22.92	0.20	4.16	0.19	1.53
T3	4.39	10.72	0.81	1.22	1.20	23.23	0.14	3.78	0.28	1.43
T4	5.08	11.84	0.75	1.01	1.25	22.27	0.11	3.30	0.30	1.34
T5	5.94	13.01	0.81	1.23	1.21	22.87	0.21	3.68	0.33	1.47
Average	4.74	11.04	0.67	1.02	1.09	22.78	0.17	3.69	0.25	1.40

สรุปผลการทดลอง

การปลูกข้าวในฤดูแล้ง โดยปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สามารถให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 101 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการปลูกข้าวปทุมธานี 1 ในฤดูฝน ผลผลิตข้าวในกรรมวิธีที่ 5 ข้าวปทุมธานี 1 + ปุ๋ยหมักอัตรา 622 กิโลกรัม/น้ำหนักแห้งต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซิฟาร์ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 เฉลี่ยสูงสุด 357 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น รูปแบบการจัดการดินและการปรับปรุงดิน คือ การปลูกข้าวในฤดูแล้ง และปลูกข้าวปทุมธานี 1 ในฤดูฝน สลับกัน เพื่อเป็นการรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และเพิ่มผลผลิตที่มีประสิทธิภาพในการผลิตพืชอินทรีย์

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ได้ข้อมูลการผลิตพืชและการจัดการธาตุอาหาร เพื่อนำไปปรับใช้ในการจัดการธาตุอาหารพืชในปีที่ 2 ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2543. มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 28 หน้า
- กรมวิชาการเกษตร. 2552. คำแนะนำกับการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จิรพงษ์ ประสิทธิ์เชษฐ์. 2548. กระบวนการจัดการดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบเกษตรอินทรีย์.
- เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ หลักสูตรวิทยาการเกษตรอินทรีย์ 3-7 สิงหาคม 2548. 10 น.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ ประทีป วีระพัฒนินันต์. 2550. คู่มือสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ธรรมชาติของดินและปุ๋ยโครงการรวมพลัง
ผลักพืชผืนดินเกษตรไทย. 22 หน้า
- ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ : เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- สำเนา เพชรณี นงลักษณ์ วิบูลสุข มะลิวัลย์ เทพพูลผล และวิทยา มาสร้างสรรค์. 2529. ผลระยะยาวของการคลุมดินในระบบ
การปลูกพืชข้าวโพด พืชตระกูลถั่วที่มีต่อผลผลิตพืชและการปรับปรุงดินทางเคมีกายภาพ. เอกสารประกอบการ
ประชุมเรื่อง Yield Maximization of Feed Grains through Soil and Fertilizer Management. Bangkok.
Thailand
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2551. ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพมหานคร. 156 หน้า.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: Effects,
mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 185–212.
- GraceGershuny. 1993. Start with the Soil: The Organic Gardener's Guide to Improving Soil for Higher Yields,
More Beautiful flowers, and a Healthy, Easy care Garden. Rodale Press. Emmaus, Pennsylvania. U.S.A.
274 P.
- Kenney, G.L. and R. B. Chapman. 1988. Effect of Intercrop on the Insect Pests, Yield and Quality of Cabbage.
New Zealand J. Exp.Agric. 16 : 67-72.
- Wiech, K. and A. Wnuk. 1991. The Effect of Intercropping Cabbage with White Clover and French Bean on the
Occurrence of Some Pest and Beneficial Insects. *Folia Horticulture.* 3 : 39-45.
- Willer, Helga and Kilcher, Lukas, (Eds.) 2009. *The World of Organic Agriculture : Statistics and Emerging
Trends 2009*. IFOAM, Bonn; FiBL, Frick; ITC, Geneva

ศึกษาการให้น้ำในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่เหมาะสมในพื้นที่ดินเหนียว-ร่วนเหนียว

The Study of Water Application on Baby Corn Production Appropriate on Clay - Clay Loam Soil Textures

รัฐกร สืบคำ พิรพงษ์ เซาวนพงษ์ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ พชรินทร์ นามวงษ์ บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) ให้น้ำชลประทานเมื่อปริมาณน้ำในดินลดลง 40% (ADC) 2) 60% ADC และ 3) 80% ADC ร่วมกับปัจจัยรอง 4 ปัจจัย ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยอัตรา 7.5-2.5-2.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยอัตรา 7.5-7.5-7.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ จากผลการทดลอง พบว่า การให้น้ำชลประทานเมื่อปริมาณน้ำในดินลดลงในช่วง 60-80% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ทำให้ความสูง ความยาวฝัก จำนวนฝัก น้ำหนักฝักสดก่อนปอกและหลังปอกเปลือก ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชและการใช้น้ำชลประทานของข้าวโพดฝักอ่อนมากที่สุดที่ส่งผลทำให้ปริมาณรอยแต่น้ำสีเขียว ปริมาณรอยแต่น้ำสีน้ำตาล ปริมาณรอยแต่น้ำสีเทาและปริมาณรอยแต่น้ำรวมทั้งหมดของข้าวโพดฝักอ่อนน้อยที่สุดเมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกในพื้นที่ 232.4 มิลลิเมตรของการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 ที่มีความแตกต่างกันกับการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 2 พบว่า เมื่อมีการให้น้ำชลประทานเมื่อปริมาณน้ำในดินลดลง 40% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ส่งผลทำให้ความสูง ความยาวฝัก จำนวนฝัก น้ำหนักฝักสดก่อนปอกและหลังปอกเปลือก ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชและการใช้น้ำชลประทานของข้าวโพดฝักอ่อนมากที่สุดที่ส่งผลทำให้ปริมาณรอยแต่น้ำสีเขียว ปริมาณรอยแต่น้ำสีน้ำตาลและปริมาณรอยแต่น้ำรวมทั้งหมดของข้าวโพดฝักอ่อนน้อยที่สุดเมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกในพื้นที่เท่ากับ 5.8 มิลลิเมตรในสภาพเนื้อดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว จากผลการทดลองทั้ง 2 ฤดูกาลปลูกข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า ปริมาณการให้น้ำชลประทานรวมกับปริมาณน้ำฝนที่มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 401-404 มิลลิเมตรต่อฤดูกาลปลูก และทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์ความอ่อนไหวของผลผลิตที่ลดลงต่อการขาดน้ำชลประทานที่เพิ่มขึ้นของการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 และ 2 อยู่ในช่วงระดับปานกลางถึงสูงเท่ากับ 1.07 และ 1.24 ดังนั้นการให้น้ำชลประทานตามความต้องการน้ำของพืชร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ช่วยในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนได้เป็นอย่างดี

คำนำ

ประเทศไทยเคยมีการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอันดับ 1 ของโลกที่มีการถือครองตลาดประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ของโลก โดยมีการส่งออกในรูปของข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋อง 98 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นส่งออกในรูปข้าวโพดฝักอ่อนสดแช่แข็ง ไปสู่ประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรปและญี่ปุ่นที่สามารถสร้างมูลค่าการส่งออกปีละ 1,000 ล้านบาท แม้ว่าประเทศไทยจะมีความสามารถในการส่งออกเป็นอย่างดี แต่เกษตรกรมีกำไรในการขายผลผลิตข้าวโพดอ่อนก่อนปอกเปลือกเพียง 2.50-3.00 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตอยู่ที่ 3-4 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นกำไร 400-500 บาทต่อไร่ ซึ่งถือเป็นรายได้ที่อยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ เนื่องจากผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ อยู่ที่ 1,200-1,500 กิโลกรัมต่อไร่ของน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก ขณะที่ผลผลิตที่ทำให้เกษตรกรอยู่ได้ควรมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ อยู่ที่ 2,000-2,500 กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนในช่วงปี 2553-2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนทั้งหมดประมาณ 186,296-192,489 ไร่ และมีผลผลิตของน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกของข้าวโพดฝักอ่อนประมาณ 262,942-292,801 ตัน ที่มีผลผลิตอยู่ในช่วง 1,423-1,532 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแหล่งปลูกข้าวโพดฝักอ่อนส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคกลางคิดเป็น 87.7 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ข้าวโพดฝักอ่อนมีระยะเวลาในการปลูกประมาณ 55-60 วัน เนื้อดินที่เหมาะสมในการปลูกควรเป็น ดินร่วนปนทราย ดินร่วนถึงดินร่วนปนเหนียว มีการระบายน้ำที่ดี pH อยู่ในช่วง 6.5-7.0 มีความต้องการแสงเฉลี่ย 12 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิควรอยู่ในช่วง 24-30 องศาเซลเซียส ความอุดมสมบูรณ์ของดินควรมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินไม่น้อยกว่า 15 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งข้าวโพดฝักอ่อนมีการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน โพแทสเซียมและฟอสฟอรัสตามลำดับ (พวงเล็ก และนงลักษณ์, 2543) และข้าวโพดฝักอ่อนสามารถปลูกได้ 4-5 ครั้งต่อปี ดังนั้น การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่เพื่อพิจารณาการให้น้ำชลประทานที่เหมาะสมร่วมกับสมบัติทางเคมีของดินเพื่อการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (Water Use Efficiency) และช่วยลดปริมาณรอยเท้าน้ำ (Water Footprint) ในกระบวนการให้ผลผลิตของพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2553; Kongboon and Sampattagul, 2012) เป็นการจัดการให้น้ำชลประทานและธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมในสภาพพื้นที่ดินเหนียว-ร่วนเหนียว เพื่อการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการ

1. สภาพพื้นที่และภูมิอากาศที่ทำการทดลอง

การทดลองทำในพื้นที่แปลงเกษตรกรรม หมู่บ้านหนองสามวัง ตำบลหนองสามวัง อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ขนาดพื้นที่ศึกษา 0.5 ไร่ มีความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเล 4 เมตร ชุดดินของพื้นที่ทำการศึกษาคือ ชุดดินรังสิตที่มีดินชั้นบนเป็นดินเหนียวและดินล่างเป็นดินร่วนปนเหนียว การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) ดังแสดงใน Table 1 and 2

Table 1 Some soil physical properties before Baby corn cropping

Rang-sit soil series	Soil depth (cm)	Soil texture	Q _m FC ^{1/} % (w/w)	Q _m PWP ^{2/} % (w/w)	BD ^{3/} (g/cm ³)	HC ^{4/} (cm/hr)	FC ^{5/} (mm)	PWP ^{6/} (mm)	ASWC ^{7/} (mm)
	0-15	Clay	40.31	34.31	1.19	0.020	71.96	61.25	10.71
	15-30	Clay loam	42.52	37.10	1.19	0.004	75.90	66.23	9.67
	30-45	Clay loam	42.16	36.28	1.22	0.004	77.16	66.39	10.77
	45-60	Clay loam	39.22	35.84	1.33	0.002	78.26	71.51	6.75
Sum or Average			41.05	35.88	1.23	0.0075	303.28	265.38	37.90

Footnote : ^{1/} Soil moisture content at field capacity, FC ^{2/} Soil moisture content permanent wilting Point, PWP ^{3/} Bulk density, BD ^{4/} Hydraulic conductivity, HC ^{5/} Soil water depth at field capacity, FC ^{6/} Soil water depth at permanent wilting point, PWP and ^{7/} Available soil water content, ASWC = FC^{5/}-PWP^{6/}

Table 2 Some soil chemical properties before Baby corn cropping

Rang-sit Soil series	Soil depth (cm)	pH (1:1)	EC ^{1/} (1:1) (ms/cm)	SOM ^{2/} (%)	Total N ^{3/} (g/kg)	Avai. P ^{4/} (mg/kg)	Exch. K ^{5/} (mg/kg)
	0-15	4.19	0.10	2.42	15	70.1	339.4
	15-30	4.02	0.11	1.75	14	36.8	314.8
	30-45	4.00	0.11	2.18	11	7.2	349
	45-60	3.87	0.16	1.60	10	3.4	270.7
Average		4.02	0.12	1.99	13	29.4	318.5

Footnote : ^{1/} Electrical conductivity, EC ^{2/} Soil organic matter, SOM ^{3/} Total nitrogen, Total N ^{4/} Available phosphorus, Avai. P and ^{5/} Exchangeable potassium, Exch. K

โดยสภาพภูมิอากาศพื้นที่ทำการศึกษามีฤดูแล้งและฤดูฝนแตกต่างกันอย่างชัดเจน ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนมกราคมของปีถัดไป ดังแสดงใน Figure 1 (กรมอุตุฯ, 2553)

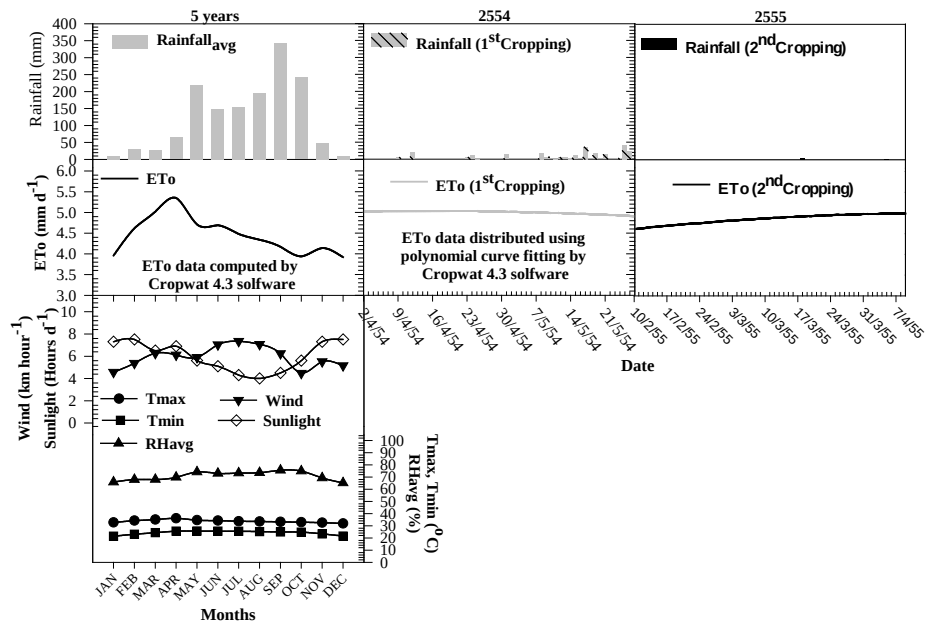


Figure 1 Weather data of experimental site

Footnote : Maximum temperature (Tmax), Minimum temperature (Tmin), Average relative humidity (RHavg), Sunlight hours per day (Sunlight), Wind speed (Wind), Reference crop evapotranspiration (ETo) Average rainfall amount (Rainfall_{avg}) and rainfall amount each cropping (Rainfall)

2. การวางแผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบ (Split plot design in RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ มีปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย 1) การให้น้ำชลประทานเมื่อปริมาณน้ำในดินลดลง (Allowable Depletion Content, ADC) 40% ADC ของปริมาณความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน (Available soil water content, ASWC) ที่ระดับความลึกดิน 0 - 50 เซนติเมตร 2) การให้น้ำชลประทานเมื่อปริมาณน้ำในดินลดลง 60% ADC และ 3) การให้น้ำชลประทานเมื่อปริมาณน้ำในดินลดลง 80% ADC ที่มีปัจจัยรอง 4 ปัจจัย เช่น 1) ไม่ใส่ปุ๋ย Control (F1) 2) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (F2) 3) ใส่ปุ๋ย ½ ตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 7.5-2.5-2.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (F3) และ 4) ใส่ปุ๋ยตามรูปแบบเกษตรกรอัตรา 7.5-7.5-7.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (F4) ที่มีการให้น้ำชลประทานแบบหยดด้วยเทปน้ำหยดที่มีระยะห่างของหัวหยด 20 เซนติเมตรและมีอัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง ที่ควบคุมความดัน 1.0 บาร์ ซึ่งการให้น้ำชลประทานครั้งแรกโดยการเก็บดินเพื่อหาความชื้นดินที่ตกค้างก่อนให้น้ำชลประทาน 2 วัน คำนวณปริมาณการให้น้ำชลประทานครั้งแรก หลังจากนั้นทำการเก็บดินก่อนและหลังการให้น้ำชลประทานครั้งแรกเพื่อหาความชื้นดินที่ตกค้าง และนำมาคำนวณหาปริมาณการให้น้ำชลประทานครั้งต่อไป เมื่อเริ่มดำเนินการทดลองการให้น้ำชลประทานหลังจากการปลูกประมาณ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ

ทำการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนพันธุ์ผสมซี พี B.468 ทั้ง 2 ฤดูกาลปลูก โดยทำการปลูกระหว่างวันที่ 2 เมษายน - 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 และระหว่างวันที่ 10 กุมภาพันธ์ - 8 เมษายน พ.ศ. 2555 ระยะปลูก 0.50x0.50 ตารางเมตร พื้นที่ 20 ตารางเมตร จำนวน 36 แปลงย่อย โดยทำการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน 2 ต้นต่อหลุมและทำการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 รองกันหลุมพร้อมปลูก และครั้งที่ 2 เมื่อข้าวโพดฝักอ่อนมีอายุ 20 - 25 วัน ทำการเก็บผลผลิตพื้นที่ 3x3 ตารางเมตร เพื่อทำการวัดความสูง ชั่งน้ำหนักฝักก่อนและหลังปลูกเปลือก วัดความยาวฝัก นับจำนวนฝัก เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชและปริมาณรอยเท้าน้ำทั้ง 2 ฤดูกาลปลูก ตามลำดับ

3. วิธีการคำนวณความต้องการให้น้ำชลประทาน

ทำการคำนวณการคายน้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) ในรูปแบบสมการ Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) ที่ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ชั่วโมงแสงต่อวัน และความเร็วลมของจังหวัดปทุมธานีย้อนหลัง 5 ปีโดยใช้โปรแกรม Cropwat version 4.3 เพื่อคำนวณการให้น้ำชลประทานรายวันสะสม ดังสมการที่ 1 - 2

$$I_{\text{daily}} = ET_{\text{c-daily}} = K_s \times K_c \times ET_o \quad (1)$$

$$K_s = (1-p) \times ASWC \quad (1.1)$$

$$ET_o = \frac{0.408\Delta (R_n - G) + \gamma 900 / (T + 273) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (2)$$

I_{daily} = ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้รายวัน (มิลลิเมตรต่อวัน)

$ET_{\text{c-daily}}$ = การคายน้ำของพืชแท้จริง (มิลลิเมตรต่อวัน)

K_s = สัมประสิทธิ์การขาดน้ำของข้าวโพดฝักอ่อน (มิลลิเมตรต่อมิลลิเมตร) เมื่อพืชปราศจากการขาดน้ำ

$K_s = 1.00$ ในขณะเมื่อเกิดสภาวะการขาดน้ำของพืช $K_s < 1.00$ ที่มีค่า p (Depletion factor) = 0.50

K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพดฝักอ่อนที่มีการกระจายแบบสมการเชิงพหุนามของระยะเริ่มต้นเท่ากับ 0.65-0.84 ระยะการพัฒนาลำต้นและใบเท่ากับ 0.99-1.22 และระยะการติดและออกผลเท่ากับ 1.21-1.15 (กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน, 2553)

ET_o = การคายน้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)

R_n = ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ (เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน)

G = ค่าความไหลของความร้อนพื้นดิน (เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน)

T = อุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส)

Δ = ค่าความลาดเทของเส้นแรงดันไอ (กิโลปาสกาลต่อองศาเซลเซียส)

γ = ค่าคงที่ของ psychrometric (กิโลปาสกาลต่อองศาเซลเซียส)

U_2 = ค่าความเร็วของลม (เมตรต่อวินาที)

$e_s - e_a$ = ค่าความต่างของแรงดันไอน้ำ (กิโลปาสกาล)

จากสมการดังกล่าว สามารถคำนวณความถี่ของการให้น้ำชลประทาน เมื่อปริมาณน้ำในดินลดลง (Allowable depletion content, ADC) จากปริมาณความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 3 ดัดแปลงจาก Kashyap and Panda (2003)

$$ADC (\%) = (100 \times \sum_{i=1}^n FC_i - PWP_i) - ET_{\text{c-daily}} \quad (3)$$

ADC = การให้น้ำชลประทานเมื่อปริมาณน้ำในดินลดลง

$FC - PWP$ = ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่ความลึกดินในแต่ละชั้นที่ถูกพิจารณา

i = ระดับความลึกของชั้นดินในแต่ละชั้นที่ถูกพิจารณา (มิลลิเมตร)

4. การคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำและรอยแต่น้ำของข้าวโพดฝักอ่อน

ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (Water use efficiency, WUE) (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานของพืช (Irrigation water use efficiency, IWUE) (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดังสมการที่ 4

$$WUE \text{ or } IWUE = \frac{Y}{\sum_{i=1}^n ET_{\text{c-seasonal}} \text{ or } I_{\text{seasonal}}} \quad (4)$$

$$ET_{c\text{-seasonal}} = I_{\text{seasonal}} + P_{\text{seasonal}} - D_{\text{seasonal}} \pm \Delta SW_{\text{seasonal}} \quad (4.1)$$

Y = น้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือกของข้าวโพดฝักอ่อน (กรัมต่อตารางเมตร)

$ET_{c\text{-seasonal}}$ = การคายน้ำของพืชแท้จริงทั้งฤดูกาลปลูก (มิลลิเมตร)

I_{seasonal} = น้ำชลประทานที่ให้กับพืชทั้งฤดูกาลปลูก (Irrigation) (มิลลิเมตร)

P_{seasonal} = ปริมาณน้ำฝนทั้งฤดูกาลปลูก (มิลลิเมตร)

D_{seasonal} = น้ำระบายออก (Drainage) (มิลลิเมตร)

$\pm \Delta SW_{\text{seasonal}}$ = ปริมาณความชื้นของดินที่เปลี่ยนแปลง คำนวณจากความชื้นดินก่อนการเก็บเกี่ยวพืชผลด้วยความชื้นดินก่อนการให้น้ำชลประทานครั้งแรก (มิลลิเมตร) (Payero *et al.*, 2009)

ปริมาณรอยเท้าน้ำรวมในภาคการเกษตร (Total water footprint, TWF) ประกอบด้วย 3 ส่วน 1) ปริมาณรอยเท้าน้ำสีเขียว (Green Water Footprint, GWF) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ถูกใช้ไปเพื่อการเจริญเติบโตของพืช 2) ปริมาณรอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน (Blue Water Footprint, BWF) คือ ปริมาณชลประทานที่ให้กับพืชตลอดฤดูกาลปลูก 3) ปริมาณรอยเท้าน้ำสีเทา (Grey water footprint, GYWF) หมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการปลูกพืชโดยพิจารณาปริมาณไนเตรท (NO^3) ที่สูญเสียไปกับปริมาณการให้น้ำชลประทานที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืชให้กลายเป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศ เพราะไนเตรทเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง จากปริมาณรอยเท้าน้ำสีเขียว สีน้ำเงินและสีเทา สามารถนำผลรวมดังกล่าวมาคำนวณปริมาณรอยเท้าน้ำรวมทั้งหมดได้ ดังสมการที่ 5-8

$$GWF = \frac{10 \times \min (ET_{c\text{-seasonal}} \text{ Or } P_{\text{seasonal}})}{Y} \quad (5)$$

$$\text{When } ET_c \geq P, GWF = P_{\text{seasonal}} \quad (5.1)$$

$$\text{When } ET_c < P, GWF = ET_{c\text{-seasonal}} \quad (5.2)$$

$$BWF = \frac{10 \times \max (0 \text{ or } I_{\text{seasonal}})}{Y} \quad (6)$$

$$\text{When } ET_c \geq P, BWF = I_{\text{seasonal}} \quad (6.1)$$

$$\text{When } ET_c < P, BWF = 0 \quad (6.2)$$

$$GYWF = \frac{(\alpha \times \text{apply}) / (C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})}{Y} \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{D_{\text{seasonal}}}{P_{\text{seasonal}} + I_{\text{seasonal}}} \quad (7.1)$$

$$TWF = GWF + BWF + GYWF \quad (8)$$

GWF = ปริมาณรอยเท้าน้ำสีเขียว (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

10 = ค่าการกลับหน่วยจากมิลลิเมตรเป็นลูกบาศก์เมตรต่อตัน

min = เลือกว่าพารามิเตอร์ที่มีปริมาณน้อยที่สุดมาคำนวณปริมาณรอยเท้าน้ำสีเขียว

Y = น้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือกของข้าวโพดฝักอ่อน (ตันต่อเฮกตาร์)

BWF = ปริมาณรอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

max = เลือกว่าพารามิเตอร์ที่มีปริมาณมากที่สุดมาคำนวณปริมาณรอยเท้าน้ำสีน้ำเงิน

GYWF = ปริมาณรอยเท้าน้ำสีเทา (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

α = สัดส่วนของการระบายน้ำของดินต่อปริมาณน้ำฝนรวมกับปริมาณน้ำชลประทานที่ให้กับพืช (Sun *et al.*, 2010)

apply = อัตราการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)

C_{max} = มาตรฐานของน้ำดื่มที่ให้มีไนโตรเจนในรูปไนเตรทปนเปื้อนได้ไม่เกิน 10 (มิลลิกรัมต่อลิตร)

(Chapagain *et al.*, 2008)

C_{nat} = การปนเปื้อนของไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติมาตรฐานจาก Global Nutrient Export from Watersheds มีค่าเท่ากับ 0.2 (มิลลิกรัมต่อลิตร) (Liu *et al.*, 2012)

TWF = ปริมาณรอยเท้าน้ำรวม (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

5. สัมประสิทธิ์ของผลผลิตที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำของพืช (Ky factor)

สัมประสิทธิ์การตอบสนองของผลผลิตพืชเมื่อมีการขาดน้ำเพิ่มขึ้น (Ky factor) Doorenbos *et al.* (1986) รายงานว่าพืชเศรษฐกิจบางชนิด เช่น ข้าวโพด อ้อย ข้าว มีความอ่อนไหวมากของผลผลิตที่ลดลงมากเมื่อมีการขาดน้ำเพิ่มขึ้น โดยมีค่า Ky factor อยู่ในช่วง 1.20-1.25 เมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเหลืองและถั่วลิสงที่มีความอ่อนไหวของผลผลิตอยู่ในระดับปานกลางต่ำ ที่มีค่า Ky factor เท่ากับ 0.80 ที่มีการคำนวณ ดังสมการที่ 9

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = Ky \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (9)$$

Ky factor = สัมประสิทธิ์การตอบสนองของผลผลิตพืชเมื่อมีการขาดน้ำเพิ่มขึ้น

Y_a = ผลผลิตของพืชที่แท้จริง

Y_m = ผลผลิตของพืชสูงสุด

ET_a = การคายน้ำของพืชที่แท้จริง

ET_m = การคายน้ำของพืชสูงสุด

6. ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง

ระยะเวลา ตุลาคม 2553 – กันยายน 2555

สถานที่ทำการทดลอง 1. ห้องปฏิบัติการวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. แปลงเกษตรกร ตำบลหนองสามวัง อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของสมดุลน้ำ (Water balance) ทั้ง 2 ฤดูกาลปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

จากปริมาณน้ำฝนตกในพื้นที่การทดลองที่แตกต่างกัน พบว่า ปริมาณน้ำฝนในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 เท่ากับ 232.4 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกับปริมาณน้ำฝนในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 2 เท่ากับ 5.8 มิลลิเมตร ส่งผลทำให้การให้น้ำชลประทานมีความแปรปรวนตามปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ และทำให้มีปริมาณน้ำระบายออกในพื้นที่ของฤดูกาลปลูกครั้งที่ 1 เฉลี่ยเท่ากับ 68.7 มิลลิเมตร ในขณะที่ฤดูกาลปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 2 ไม่พบว่ามีปริมาณน้ำระบายออกในพื้นที่ ส่งผลทำให้ความชื้นของดินที่เปลี่ยนแปลงในช่วงฤดูกาลปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 มีค่าเป็นบวก เนื่องจากมีปริมาณความชื้นในดินตกค้างเฉลี่ยเท่ากับ 15.3 มิลลิเมตร มากกว่าฤดูกาลปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 2 ที่มีค่าติดลบเฉลี่ยเท่ากับ -23.0 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม การคายน้ำของพืชที่แท้จริงทั้ง 2 ฤดูกาลปลูกข้าวโพดฝักอ่อนไม่มีความแตกต่างกัน เฉลี่ยเท่ากับ 394.0 และ 402.4 มิลลิเมตร เนื่องจากได้นำค่าเฉลี่ยของสภาพภูมิอากาศย้อนหลัง 5 ปีมากำหนดปริมาณการให้น้ำชลประทานตามความต้องการน้ำของพืช ดังแสดงใน Table 3 และ Figure 2 ตามลำดับ

Table 3 Soil water balance on both 1st and 2nd Baby corn plantation

1 st Baby corn cropping					
Treatments	ET _c seasonal	I _{seasonal}	P _{seasonal}	D _{seasonal}	ΔSW
40 % ADC	381.3	240.4	232.4	-76.1	-15.4
60 % ADC	409.7	236.4	232.4	-65.0	+5.9
80 % ADC	391.0	168.4	232.4	-65.0	+55.3
Average	394.0	215.1	232.4	-68.7	+15.3

2 nd Baby corn cropping					
Treatments	ET _c seasonal	I _{seasonal}	P _{seasonal}	D _{seasonal}	ΔSW
40 % ADC	397.4	404.6	5.8	-	-13.0
60 % ADC	434.1	455.0	5.8	-	-26.7
80 % ADC	376.0	399.3	5.8	-	-29.3
Average	402.5	419.6	5.8	-	-23.0

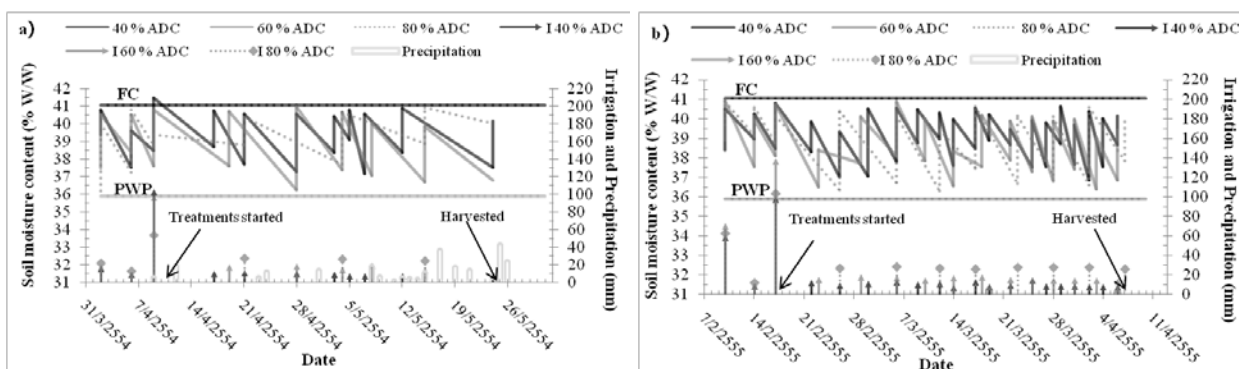


Figure 2 (a-b) Relationships of irrigation frequencies, soil moisture content throughout precipitation on both 1st and 2nd Baby corn cropping

2. ผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้น้ำและปริมาณรอยแตงน้ำของฤดูกาลปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 และ 2

จากผลการทดลองการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 60% ADC ที่มีความสูง ความยาวฝัก น้ำหนักฝักก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนฝักของข้าวโพดฝักอ่อน มากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 80% ADC รองลงมาเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 40% ADC ตามลำดับ ขณะที่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อมีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน F2 ที่มีความสูง ความยาวฝัก น้ำหนักฝักก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนฝักมากกว่าการใส่ปุ๋ย F4 รองลงมาเมื่อมีการใส่ปุ๋ย F3 และไม่มีการใส่ปุ๋ย F1 ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ของการให้น้ำชลประทาน 60% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน F2 มีความสูง น้ำหนักฝักก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนฝักที่ดีที่สุด ขณะที่เมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 80% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ย F2 มีความยาวฝักดีที่สุดซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจนถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 4

ในส่วนประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชและปริมาณรอยแตงน้ำ พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจนถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 60% ADC ที่มี WUE IWUE GWF BWF GYWF และ TWF มากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 80% ADC รองลงมาเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 40% ADC ตามลำดับ ขณะที่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อมีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน F2 ที่มี WUE IWUE GWF BWF GYWF และ TWF มากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ย F4 รองลงมาเมื่อมีการใส่ปุ๋ย F3 และไม่มีการใส่ปุ๋ย F1 ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ของการให้น้ำชลประทาน 80% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน F2 มี WUE และ IWUE มากที่สุดรวมทั้งมีปริมาณ BWF และ TWF น้อยที่สุด ขณะที่ปริมาณ GWF น้อยที่สุดเมื่อมีการให้น้ำ

ชลประทาน 60% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ย F2 ในขณะที่ปริมาณ GYWF น้อยที่สุดเมื่อมีการให้น้ำชลประทานทุกด้ารับการทดลองโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย F1 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 5

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 2 พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 40% ADC ที่มีความสูง ความยาวฝัก น้ำหนักฝักก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนฝักของข้าวโพดฝักอ่อนมากกว่าเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 60% ADC รองลงมาเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 80% ADC ขณะที่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนถึงมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการใส่ปุ๋ยตามรูปแบบเกษตรกร F4 ที่มีความสูง ความยาวฝัก น้ำหนักฝักก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนฝักมากกว่าหรือน้อยกว่าการใส่ปุ๋ย F2 รองลงมาเมื่อมีการใส่ปุ๋ย F3 และไม่มีการใส่ปุ๋ย F1 ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ของการให้น้ำชลประทาน 40% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าดิน F2 มีน้ำหนักฝักก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนฝักมากที่สุด อย่างไรก็ตามกลับพบว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ย F4 มีความยาวฝักมากที่สุด ขณะที่เมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 80% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ย F2 มีความสูงมากที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 6

ในส่วนประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชและปริมาณรอยแตงน้ำ พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 40% ADC มี WUE IWUE GWF BWF และ TWF มากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 60% ADC รองลงมาเมื่อมีการให้น้ำชลประทาน 80% ADC ตามลำดับ ขณะที่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนถึงมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการใส่ปุ๋ยตามรูปแบบเกษตรกร F4 มี WUE IWUE GWF BWF และ TWF มากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน F2 รองลงมาเมื่อมีการใส่ปุ๋ย F3 และเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย F1 ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ของการให้น้ำชลประทาน 40% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน F2 มี WUE และ IWUE มากที่สุดรวมทั้งมีปริมาณ GWF BWF และ TWF น้อยที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนถึงมีนัยสำคัญทางสถิติดัง Table 7

3. ความสัมพันธ์ของการให้น้ำและปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อผลผลิตและปริมาณรอยแตงน้ำของข้าวโพดฝักอ่อน

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว พบว่า ช่วงที่มีการให้น้ำชลประทานรวมกับปริมาณน้ำฝน (P+I) ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ในช่วง 401-404 มิลลิเมตรต่อทั้ง 2 ฤดูกาลปลูกข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งมีน้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือกอยู่ในช่วง 205-275 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลทำให้มี WUE อยู่ในช่วง 0.42-0.45 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและปริมาณ TWF อยู่ในช่วง 4,290-6,765 ลูกบาศก์เมตรต่อต้น ดังแสดงใน Figure 3

4. การตอบสนองของผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนต่อการขาดน้ำของพืชเพิ่มขึ้น (Ky factor)

จากผลการทดลองของการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 และ 2 พบว่า มีค่า Ky factor เท่ากับ 1.07 และ 1.24 ซึ่งมีความอ่อนไหวของผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนอยู่ในช่วงปานกลาง-สูงต่อการขาดน้ำชลประทานของพืชที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 มีค่า Ky factor ที่น้อยกว่าครั้งที่ 2 เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เท่ากับ 232.5 มิลลิเมตรมากกว่าการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 2 เท่ากับ 5.8 มิลลิเมตร จากผลดังกล่าว พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวของผลผลิตลดลงมากต่อการขาดน้ำของพืชที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการให้น้ำชลประทานทดแทนปริมาณน้ำฝนที่ไม่ตกในพื้นที่ต่อการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเป็นสิ่งจำเป็น ดังแสดงใน Figure 4

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อมีปริมาณน้ำฝนตกในพื้นที่ 232.4 มิลลิเมตรต่อการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 ส่งผลทำให้มีการให้น้ำในช่วง 60 – 80% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน F2 ในอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ที่มีผลในภาพรวมของพารามิเตอร์ที่ทำการวัดความสูง ความยาวฝัก จำนวนฝัก น้ำหนักฝักสดก่อนปอกและหลังปอกเปลือก WUE IWUE ของข้าวโพดฝักอ่อนมากที่สุดและส่งผลทำให้ปริมาณ GWF BWF GYWF และ TWF ของข้าวโพดฝักอ่อนน้อยที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันของพารามิเตอร์ที่ทำการวัดเมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เพียง 5.8 มิลลิเมตร การปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 2 พบว่า เมื่อมีการให้น้ำ 40% ADC ร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน F2 ส่งผลทำให้ความสูง ความยาวฝัก จำนวนฝัก น้ำหนักฝักสดก่อนปอกและหลังปอกเปลือก WUE IWUE ของข้าวโพดฝักอ่อนมากที่สุดและส่งผลทำให้ปริมาณ GWF BWF และ TWF ของข้าวโพดฝักอ่อนน้อยที่สุดในสภาพดินร่วนเหนียว-ดินเหนียวตามลำดับ จากความแตกต่างของการปลูกข้าวโพด

ฝักอ่อนทั้ง 2 ฤดูกาล สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำชลประทานที่ให้ + ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ร่วมกับ น้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือก WUE และ TWF ของการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุดของการให้น้ำชลประทาน+ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ พบว่า อยู่ในช่วง 401 - 404 มิลลิเมตรต่อฤดูกาลปลูก ตลอดจน ข้าวโพดฝักอ่อนมีค่าสัมประสิทธิ์ความอ่อนไหวมากของผลผลิตที่ลดลงต่อการขาดน้ำที่เพิ่มมากขึ้น (Ky factor > 1.00) ของการ ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนครั้งที่ 1 และ 2 มีความอ่อนไหวของผลผลิตลดลงอยู่ในช่วงระดับปานกลางถึงสูงเท่ากับ 1.07 และ 1.24 เพราะฉะนั้นการให้น้ำชลประทานตามความต้องการน้ำของข้าวโพดเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินที่ ช่วยในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนได้เป็นอย่างดี

การนำไปใช้ประโยชน์

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทำให้ทราบปริมาณการให้น้ำชลประทานกับพืชร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมใน เนื้อดินเหนียวถึงร่วนเหนียว และเป็นข้อมูลพื้นฐานการให้น้ำชลประทานอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

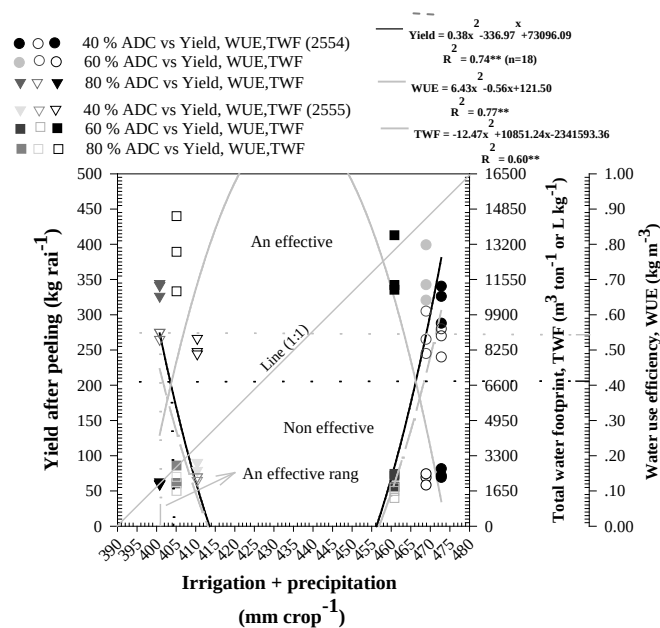


Figure 3 Relationships of yield after peeling with TWF and WUE both 1st and 2nd Baby corn cropping

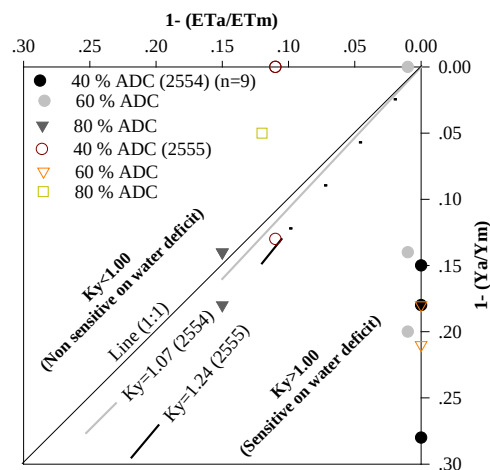


Figure 4 Showed yield after peeling responded on allowable depletion content increasing

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2557. ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคกลาง. แหล่งข้อมูล:
http://www.ddd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/central/Rs.htm, 29 กรกฎาคม 2557.
- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 62 หน้า.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2553. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายเดือนย้อนหลัง 5 ปีของจังหวัดปทุมธานี. กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศ. แหล่งข้อมูล:
http://www.tmd.go.th/province_weather_stat.php?StationNumber=48419, 29 มกราคม 2553
- กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน. 2553. ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช 40 ชนิด. สำนักกฏกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พวงเล็ก โมรากุล และ นงลักษณ์ วิบูลสุข. 2543. การประเมินสมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนในจังหวัดราชบุรี. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 35 หน้า.
- สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. รายงานการวิจัยประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 12 หน้า.
- สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 113 หน้า.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper. 300 pages.
- Chapagain, A. K. and A. Y. Hoekstra. 2008. The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flow between nations as a result of trade in agriculture and industrial products. Water International. 33 (1): 19-32.
- Doorenbos, J., A.H. Kassam, C.L.M. Bentvelsen, V. Branscheid, J.M.G.A. Plusje, M. Smith, G.O. Uittenbogaard, and H.K. Van Der Wal. 1986. Yield responses to water. FAO irrigation and Drainage 33. Rome. 193 pages.
- Kashyap, P. S. and R. K. Panda. 2003. Effect of irrigation scheduling on potato crop parameters under water stressed condition. Agriculture Water Management. 59: 49-66.
- Kongboon, R. and S. Sampattagul. 2012. The water footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand. Social and Behavioral Science. 40: 451-460.
- Liu, C., Kroeze, C., Hoekstra, A.Y. and W. Gerbens-Leenes. 2012. Past and future trends in grey water footprints of anthropogenic nitrogen and phosphorus input to major world rivers. Ecological Indicators. 18: 42-49.
- Payero, J.O., D.D. Tarkalson, S. Irmak, D. Davison, and J.L. Peterson. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration yield, water use efficiency and dry mass. Agriculture Water Management. 96: 1387-1397.
- Sun, H., Y. Shen, Q. Yu, G. N. Flerchinger, Y. Zhang, C. Liu, and X. Zhang. 2010. Effect of precipitation change on water balance and WUE of the winter wheat-summer maize rotation in the North China Plain. Agricultural Water Management. 97: 1139-1145

Table 4 Showed yield characteristics were measured in 1st Baby corn cropping

Main plots	Sub plots (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai)	Height ^{1/} (cm)	Length ^{2/} (cm)	Before ^{3/} (kg/rai)	After ^{4/} (kg/rai)	Amount ^{5/} (pods/rai)
40% ADC	Control (F1)	220.4 ^{NS}	9.77 ^{NS}	1,503.6 ^{NS}	260.1 ^{NS}	25,186 ef*
	15-5-5 (F2)	214.9	10.49	2,285.1	383.1	31,408 bcd
	7.5-2.5-2.5 (F3)	210.4	10.10	1,822.8	309.4	28,326 de
	7.5-7.5-7.5 (F4)	210.6	10.32	2,003.7	320.0	28,623 de
	Mean main plot	214.1 ^{NS}	10.17 ^{NS}	1,903.8 ^{NS}	318.2 ^{NS}	28,385 ^{NS}
60% ADC	Control (F1)	204.0	9.78	1,303.5	309.0	22,993 f
	15-5-5 (F2)	225.5	10.59	2,391.0	413.4	35,852 a
	7.5-2.5-2.5 (F3)	214.9	9.95	1,869.0	320.0	29,452 cd
	7.5-7.5-7.5 (F4)	222.1	10.11	2,292.9	374.2	33,304 abc
	Mean main plot	216.6	10.11	1,964.1	354.2	30,400
80% ADC	Control (F1)	211.6	10.02	1,105.2	222.6	21,689 f
	15-5-5 (F2)	220.8	10.16	2,146.8	402.8	35,259 ab
	7.5-2.5-2.5 (F3)	205.6	10.60	1,775.4	338.5	30,281 cd
	7.5-7.5-7.5 (F4)	212.1	10.10	2,061.6	385.2	34,667 ab
	Mean main plot	212.5	10.22	1,772.3	337.3	30,474
Mean subplots	Control (F1)	212.0 ^{NS}	9.86 ^{NS}	1,304.1 C**	264.0 B**	23,289 B**
	15-5-5 (F2)	220.4	10.41	2,274.3 A	399.8 A	34,173 A
	7.5-2.5-2.5 (F3)	210.3	10.22	1,822.4 B	322.6 AB	29,353 A
	7.5-7.5-7.5 (F4)	215.0	10.18	2,119.4 AB	359.8 AB	32,198 A
% CV (main plots)		3.54	4.25	15.60	17.03	11.23
% CV (main x sub plots)		5.25	4.12	8.82	13.38	7.38

Footnote : ^{1/} Plants height ^{2/} Pods length ^{3/} Pods before peeling ^{4/} Pods after peeling ^{5/} Pods amount

NS : not significant, * significant at P<0.05 and ** significant at P<0.01 which means compared by DMRT

Table 5 Presented WUE, IWUE and water footprint amount were computed of 1st Baby corn cultivation

Main plots	Sub plots (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai)	WUE ^{1/} (kg/m)	IWUE ^{2/} (kg/m ³)	GWF ^{3/} (m ³ /ton)	BWF ^{4/} (m ³ / ton)	GYWF ^{5/} (m ³ /ton)	TWF ^{6/} (m ³ / ton)
40% ADC	Control (F1)	0.43 ^{NS}	0.68 f*	1,448 ^{NS}	1,498 ^{NS}	0.0 f*	2,946 ^{NS}
	15-5-5 (F2)	0.63	1.00 de	981	1,016	0.69 a	1,998
	7.5-2.5-2.5 (F3)	0.51	0.81 ef	1,206	1,248	0.42 c	2,455
	7.5-7.5-7.5 (F4)	0.53	0.84 ef	1,178	1,219	0.41 cd	2,397
	Mean main plot	0.53 ^{NS}	0.83 B**	1,204 ^{NS}	1,245 A*	0.38 A*	2,449 ^{NS}
60% ADC	Control (F1)	0.47	0.82 ef	1,328	1,351	0.0 f	2,679
	15-5-5 (F2)	0.63	1.10 cd	908	924	0.52 b	1,831
	7.5-2.5-2.5 (F3)	0.49	0.85 ef	1,170	1,189	0.34 de	2,359
	7.5-7.5-7.5 (F4)	0.57	0.99 de	996	1,013	0.29 e	2,009
	Mean main plot	0.54	0.94 AB	1,100	1,120 AB	0.28 B	2,220
80% ADC	Control (F1)	0.36	0.83 ef	1,672	1,211	0.0 f	2,883
	15-5-5 (F2)	0.65	1.51 a	925	670	0.57 b	1,596
	7.5-2.5-2.5 (F3)	0.55	1.27 bc	1,101	798	0.34 de	1,899
	7.5-7.5-7.5 (F4)	0.62	1.44 ab	968	701	0.30 e	1,669
	Mean main plot	0.54	1.26 A	1,167	846 B	0.30 AB	2,012
Mean subplots	Control (F1)	0.42 B**	0.78 B**	1,483 A**	1,353 A**	0.0 C**	2,836 A**
	15-5-5 (F2)	0.64 A	1.20 A	938 B	870 B	0.60 A	1,809 B
	7.5-2.5-2.5 (F3)	0.52 A	0.98 AB	1,159 AB	1,079 AB	0.37 B	2,238 AB
	7.5-7.5-7.5 (F4)	0.57 A	1.09 A	1,047 B	978 AB	0.33 B	2,025 B
% CV (main plots)		16.63	15.29	17.42	19.04	16.91	18.17
% CV (main x sub plots)		12.87	12.26	13.47	14.69	12.46	14.05

Footnote : ^{1/} Water use efficiency ^{2/} Irrigation water use efficiency ^{3/} Green water footprint ^{4/} Blue water footprint ^{5/} Grey water footprint ^{6/} Total water footprint NS: not significant, * significant at P<0.05 and ** significant at P<0.01 which means compared by DMRT

Table 6 Showed yield characteristics were collected in 2nd Baby corn cropping

Main plots	Sub plots (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai)	Height ^{1/} (cm)	Length ^{2/} (cm)	Before ^{3/} (kg/rai)	After ^{4/} (kg/rai)	Amount ^{5/} (pods/rai)
40% ADC	Control (F1)	155.2 ^{NS}	8.59 ^{NS}	365.4 ^{NS}	54.2 ^{NS}	8,059 bc*
	15-5-5 (F2)	167.0	8.65	752.9	112.3	15,881 a
	7.5-2.5-2.5 (F3)	156.3	9.10	553.5	84.5	11,911 ab
	7.5-7.5-7.5 (F4)	175.2	9.82	724.2	95.6	11,970 ab
	Mean main plot	163.4 ^{NS}	9.04 ^{NS}	599.0 ^{NS}	86.7 ^{NS}	11,956 ^{NS}
60% ADC	Control (F1)	142.6	8.83	442.1	63.0	8,356 bc
	15-5-5 (F2)	158.9	9.11	475.1	69.8	9,600 bc
	7.5-2.5-2.5 (F3)	135.8	8.59	412.0	60.2	8,830 bc
	7.5-7.5-7.5 (F4)	141.2	8.69	556.7	76.6	11,200 b
	Mean main plot	144.6	8.81	471.5	67.4	9,496
80% ADC	Control (F1)	132.3	8.03	159.4	26.8	5,570 c
	15-5-5 (F2)	168.6	8.39	505.4	80.8	12,385 ab
	7.5-2.5-2.5 (F3)	152.2	7.70	334.9	59.7	10,133 b
	7.5-7.5-7.5 (F4)	171.7	8.82	715.9	110.0	15,704 a
	Mean main plot	156.2	8.24	428.9	69.3	10,948
Mean subplots	Control (F1)	143.4 B*	8.47 ^{NS}	322.3 B**	48.0 B**	7,328 B**
	15-5-5 (F2)	164.8 A	8.72	577.8 A	87.6 A	12,622 A
	7.5-2.5-2.5 (F3)	148.1 AB	8.46	433.5 AB	68.1 AB	10,291 A
	7.5-7.5-7.5 (F4)	162.7 A	9.11	665.6 A	94.1 A	12,958 A
% CV (main plots)		8.19	12.69	28.40	30.67	34.38
% CV (main x sub plots)		9.30	6.28	30.23	27.51	21.05

Footnote : ^{1/}Plants height ^{2/}Pods length ^{3/}Pods before peeling ^{4/}Pods after peeling ^{5/}Pods amount

NS: not significant, * significant at P<0.05 and ** significant at P<0.01 which means compared by DMRT

Table 7 Presented WUE, IWUE and water footprint amount were calculated of 2nd Baby corn cropping

Main plots	Sub plots (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai)	WUE ^{1/} (kg/m ³)	IWUE ^{2/} (kg/m ³)	Green ^{3/} (m ³ /ton)	Blue ^{4/} (m ³ /ton)	Grey ^{5/} (m ³ /ton)	Total ^{6/} (m ³ /ton)
40% ADC	Control (F1)	0.09 ^{NS}	0.08 ^{NS}	175 b**	12,154 b**	-	12,328 b**
	15-5-5 (F2)	0.18	0.18	83 b	5,791 b	-	5,874 b
	7.5-2.5-2.5 (F3)	0.13	0.13	117 b	8,170 b	-	8,287 b
	7.5-7.5-7.5 (F4)	0.15	0.15	97 b	6,790 b	-	6,887 b
	Mean main plot	0.14 ^{NS}	0.14 ^{NS}	118 B*	8,226 B*	-	8,344 B*
60% ADC	Control (F1)	0.09	0.09	154 b	12,131 b	-	12,285 b
	15-5-5 (F2)	0.10	0.10	146 b	11,431 b	-	11,576 b
	7.5-2.5-2.5 (F3)	0.09	0.08	165 b	12,921 b	-	13,085 b
	7.5-7.5-7.5 (F4)	0.11	0.11	139 b	10,908 b	-	11,047 b
	Mean main plot	0.09	0.09	151 A	11,847 AB	-	11,998 A
80% ADC	Control (F1)	0.04	0.04	357 a	24,573 a	-	24,930 a
	15-5-5 (F2)	0.14	0.13	124 b	8,537 b	-	8,661 b
	7.5-2.5-2.5 (F3)	0.10	0.10	164 b	11,309 b	-	11,473 b
	7.5-7.5-7.5 (F4)	0.18	0.17	87 b	6,010 b	-	6,097 b
	Mean main plot	0.11	0.11	183 A	12,607 A	-	12,790 A
Mean subplots	Control (F1)	0.07 B**	0.07 B**	229 A**	16,286 A**	-	16,514 A**
	15-5-5 (F2)	0.14 A	0.13 A	118 AB	8,586 B	-	8,704 A
	7.5-2.5-2.5 (F3)	0.11 AB	0.10 AB	149 AB	10,800 AB	-	10,948 AB
	7.5-7.5-7.5 (F4)	0.15 A	0.14 A	108 B	7,903 B	-	8,011 B
% CV (main plots)		38.22	27.98	25.46	25.34	-	25.35
% CV (main x sub plots)		26.38	27.46	30.97	31.50	-	31.49

Footnote : ^{1/}Water use efficiency ^{2/}Irrigation water use efficiency ^{3/}Green water footprint ^{4/}Blue water footprint ^{5/}Grey water footprint

^{6/}Total water footprint NS: not significant, * significant at P<0.05 and ** significant at P<0.01 which means compared by DMRT

การประเมินการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนที่ระเหิดจากดินต่าง

Evaluation of nitrogen loss by volatilization in alkaline soils.

กิตจเมธ แจ่มศิริกุล^{1/} ศุภกาญจน์ ล้วนมณี^{1/} รมิดา ชันตรีกรม^{1/}
ดาวรุ่ง คงเทียน^{2/} ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ^{1/} อนันต์ ทองภู^{1/}

^{1/} กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

^{2/} ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีความเสี่ยงต่อการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia volatilization) โดยเฉพาะในดินต่าง ซึ่งการสูญหายจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ชนิดของปุ๋ย วิธีการใส่ปุ๋ย และปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินอัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนในดินต่าง และความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการใส่ปุ๋ยและชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพพื้นที่โดยทดลองบ่มดินต่างในห้องปฏิบัติการ 8 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินตาคลี ลพบุรี สมอทอด ลำานารายณ์ ชัยบาดาล วังชมภู จตุรัส และชุดดินบึงชะงั้ง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 กรรมวิธี คือ ไม่ใส่ปุ๋ย บ่มดินด้วยปุ๋ย ยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) และปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน (16-20-0) ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุอุ้มน้ำของดินภายใต้อุณหภูมิ 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส และศึกษาในสภาพพื้นที่กับดินต่างชุดดินตาคลีและสมอทอด ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in Randomized Complete Block 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 วิธีการใส่ปุ๋ย คือ การใส่ปุ๋ยแบบกลบ และ การใส่ปุ๋ยแบบหว่าน ปัจจัยที่ 2 ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน คือ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) และปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน (16-20-0)

ผลการทดลองบ่มดินในห้องปฏิบัติการ พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปของก๊าซแอมโมเนียมากที่สุด 19.4-21.6 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย ทั้ง 8 ชุดดิน รองลงมาคือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและปุ๋ยเชิงประกอบ โดยปริมาณการสูญหายของไนโตรเจนสูงสุดที่ระยะเวลา 7 วันหลังการบ่มดิน และครั้งที่ระยะเวลา 14 วัน ส่วนการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในดินต่างชุดดินตาคลี (pH 7.9) และชุดดิน สมอทอด (pH 8.0) พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดสูงถึง 20-21 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย รองลงมาคือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 12-14 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย และปุ๋ยเชิงประกอบ 7.2 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย และอัตราการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปก๊าซแอมโมเนีย เกิดขึ้นมากที่สุดในช่วง 7 วัน หลังการใส่ปุ๋ย นอกจากนี้ยังพบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยแบบกลบ สามารถลดการสูญหายของไนโตรเจนไปในรูปของก๊าซแอมโมเนียได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านถึง 6.9 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสภาพดินต่าง ควรใช้ปุ๋ยเชิงประกอบหรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และควรพรวนดินกลบหลังการใส่ปุ๋ยเพื่อลดการสูญหายของไนโตรเจนไปในรูปก๊าซแอมโมเนีย

คำสำคัญ : ดินต่าง, ปุ๋ยไนโตรเจน, การระเหิด

คำนำ

ปัจจุบันราคาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยเคมีมีราคาสูงขึ้นมาก เกษตรกรจำเป็นต้องใช้อย่างยิ่งที่จะต้องลดต้นทุนการผลิต โดยการใช้ปัจจัยการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตพืช แต่เกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการดินอย่างถูกต้อง ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินไม่ได้เป็นประโยชน์กับพืชทั้งหมด เนื่องจากปุ๋ยส่วนหนึ่งอาจถูกดูดซับเอาไว้และไม่สามารถปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์กับพืชได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะที่เฉพาะของดินนั้น ๆ เนื่องจากดินแต่ละชุดดินมีองค์ประกอบแตกต่างกัน ทั้งในด้านโครงสร้าง เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่าง ชนิดของแร่ดินเหนียว และแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน เช่น ชุดดินลพบุรี ชุดดินตาคลี ชุดดินชัยบาดาล เป็นดิน

เหนียวที่มีปฏิกิริยาเป็นต่าง มักมีปัญหาในการดูดซับปุ๋ยฟอสเฟตทำให้พืชแสดงอาการขาดปุ๋ยฟอสเฟต หรือปุ๋ยที่ใส่ลงไปอาจสูญหายไปโดยการกลายเป็นก๊าซ เช่น การสูญหายไปของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของก๊าซแอมโมเนีย

การสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนเกิดจากหลายกระบวนการ เช่น การสูญหายไปในรูปของก๊าซ การชะล้างและไหลบ่าไปกับน้ำ เป็นต้น ซึ่งการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยกระบวนการดังกล่าวมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) ความสามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ชนิดของปุ๋ย วิธีการใส่ปุ๋ย และปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ย (Sainz Rozas *et al.*, 2004) ซึ่ง Sigunga *et al.* (2002) รายงานการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของก๊าซในดิน Vertisol ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อดินมีความชื้นที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่างของดินจะเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการเกิดกระบวนการ volatilization ได้ดีกว่าค่า cation exchange capacity (CEC) การใช้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับ Humic acid, Fluvic acid, Triple Superphosphate และ Murate of Potash สามารถลดการสูญเสียไนโตรเจนจากกระบวนการ Volatilization เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียว (Rosliza *et al.*, 2009) นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแบบที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนแตกต่างกันอีกด้วย ดังนั้น หากมีการศึกษาและประเมินการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มดินต่าง ข้อมูลจากการศึกษาดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการนำไปปรับใช้เพื่อให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีความเหมาะสมเฉพาะเจาะจงกับลักษณะดินต่อไป

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- 1) ตัวอย่างดิน 8 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินตาคลี ลพบุรี สมอทอด ลำนารายณ์ ชัยบาดาล วังชมภู จตุรัส และชุดดินบึงชะง่าง เก็บที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร
- 2) ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน (16-20-0) ปุ๋ยหริบเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)
- 3) อุปกรณ์สำหรับการบ่มดิน ได้แก่ ขวดโหลแก้วขนาด 240 มิลลิลิตร ขวดแก้วขนาด 30 มิลลิลิตร
- 4) สารเคมีที่ใช้ในการบ่มดินและเก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนีย ได้แก่ สารละลายมาตรฐาน 2N H_2SO_4 และ 2N NaOH
- 5) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 3
- 6) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช เช่น ถังพลาสติก ถังกระดาษ ถังตาข่าย สว่านเจาะดิน และอื่น ๆ
- 7) สารเคมีและวัสดุวิทยาศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช

วิธีการ

1) ศึกษาการสูญหายของไนโตรเจนที่ระเหิดจากดินต่างในห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2) ใส่ปุ๋ยยูเรีย 3) ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และ 4) ใส่ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน (16-20-0) เก็บตัวอย่างดิน 8 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินตาคลี ลพบุรี สมอทอด ลำนารายณ์ ชัยบาดาล วังชมภู จตุรัส และชุดดินบึงชะง่าง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร สำหรับวิเคราะห์ 1) เนื้อดินโดยวิธี Hydrometer method 2) pH ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 3) อินทรีย์วัตถุโดยวิธี Walkley and Black method 4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Olsen แล้ววิเคราะห์การเกิดสีด้วยวิธี molybdate ascorbic acid 5) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดย NH_4OAc , pH 7 (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

นำตัวอย่างทั้ง 8 ชุดดิน มาหาความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน โดยนำตัวอย่างดินที่ตากแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ใส่ในตลับสแตนเลสทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.7 เซนติเมตร สูง 1.2 เซนติเมตร ซึ่งเจาะรูเล็ก ๆ ที่ก้นตลับเพื่อให้สามารถระบายน้ำส่วนเกินออกไปได้และมีกระดาษกรองรองรับเพื่อไม่ให้เศษดินหลุดออกจากตลับ วางตลับไว้ในภาชนะที่แห้ง ๆ เติมน้ำลงในภาชนะจนกระทั่งน้ำถูกดินดูดซับไว้จนอิ่มตัว ชั่งน้ำหนักตัวอย่างดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างดินหลังอบ แล้วนำมาคำนวณปริมาณน้ำที่อยู่ในดินซึ่งถือเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturation) จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องเติมลงไปดินเพื่อให้ดินมีความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นดินที่ saturation

ซังดิน 50 กรัม และปุ๋ยตามปริมาณที่กำหนดใส่ขวดโหลแก้วขนาด 240 มิลลิลิตร โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุด ๆ ละ 36 ตัวอย่าง ได้แก่ ชุดที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ชุดที่ 2 ใส่ปุ๋ยเรีย 0.014 กรัม ชุดที่ 3 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 0.0306 กรัม และชุดที่ 4 ใส่ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) 0.04 กรัม จากนั้นเติมน้ำลงไปดินเพื่อปรับความชื้นให้ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำหลอดแก้วขนาด 30 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุสารละลายมาตรฐาน $2N\ H_2SO_4$ 20 มิลลิลิตร ใส่ลงไปขวดโหลแก้วแต่ละใบ เพื่อใช้ในการดักจับก๊าซแอมโมเนียซึ่งระเหิดออกมาจากการบ่มตัวอย่าง บ่มตัวอย่างไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส โดยทำการบ่มครั้งละ 1 ระดับอุณหภูมิ เมื่อถึงระยะเวลาการบ่มที่ 0 3 7 14 28 35 42 49 และ 56 วัน นำตัวอย่างสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน $2N\ NaOH$ เพื่อคำนวณหาปริมาณก๊าซแอมโมเนียที่ถูกจับไว้ด้วยกรด วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในดินเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนก่อนทำการบ่ม

2) ศึกษาการสูญหายของไนโตรเจนที่ระเหิดจากดินต่างในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ดำเนินการทดลองในชุดดินตาคลี (Loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls) และชุดดินสมอทอด (Very fine, smectitic, isohyperthermic Chromic Haplusterts) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) วางแผนการทดลองแบบ 2×4 factorial in RCB มี 2 ปัจจัย 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 มี 2 ระดับ คือ วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่

1) ใส่ปุ๋ยแบบกลบ

2) ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน

ปัจจัยที่ 2 มี 4 ระดับ คือ ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่

1) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

2) ใส่ปุ๋ยเรีย อัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่

3) ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่

4) ใส่ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบ (16-20-0) อัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่

โดยทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมตามคำแนะนำของค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2553) อัตรา 10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และ 5 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ก่อนทำการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร จากผิวดิน นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชซากสัตว์ บดดิน และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน วิเคราะห์ 1) เนื้อดิน โดยวิธี Hydrometer method 2) pH ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 3) อินทรีย์วัตถุโดยวิธี Walkley and Black method 4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Olsen แล้ววิเคราะห์การเกิดสีด้วยวิธี molybdate ascorbic acid 5) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดย NH_4OAc , pH 7 (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

ไถเตรียมดินพื้นที่และแบ่งแปลงย่อย ขนาด 6×8 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 1 เมตร ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 โดยใช้ระยะระหว่างแถว 0.75 เมตร และระยะระหว่างต้น 0.25 เมตร (ได้ 6 แถว ๆ ละ 40 ต้น) ถอนแยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมีข้างแถวปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือครั้งที่ 1 ใส่เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 15 วัน และครั้งที่ 2 หลังปลูก 30 วัน) ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมใส่ครั้งเดียวเมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 15 วัน ที่อัตรา 10 และ 5 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหิด โดยวิธี closed chamber (Figure 1) จำนวน 2 ครั้ง คือ 1) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน 2) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 ที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน หลังจากใส่ปุ๋ยแล้ว โดยนำขวดแก้วขนาด 30 มิลลิลิตร บรรจุสารละลายมาตรฐาน $2N\ H_2SO_4$ 20 มิลลิลิตร วางบนฐานสแตนที่ปักอยู่เหนือดิน แล้วครอบด้วยฝาครอบที่ทำจากท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 25 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการดักจับก๊าซแอมโมเนียซึ่งระเหิดออกมาจากปุ๋ยไนโตรเจน เก็บตัวอย่างสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 ในแต่ละระยะเวลา มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน $2N\ NaOH$ เพื่อคำนวณหาปริมาณก๊าซแอมโมเนียที่ถูกจับไว้ด้วยกรด และทำการเก็บตัวอย่างดินควบคู่ด้วยทุกครั้ง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในดินเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนก่อนใส่ปุ๋ย

เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 110-120 วัน ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 3×4 เมตร (เก็บเกี่ยวจากแถวกลาง 4 แถว เว้นแถวริม ข้างละ 1 แถว และหัวแปลงท้ายแปลง ข้างละ 4 ต้น) เก็บตัวอย่างดินหลังปลูกในพื้นที่เก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ

20-50 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ตามวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

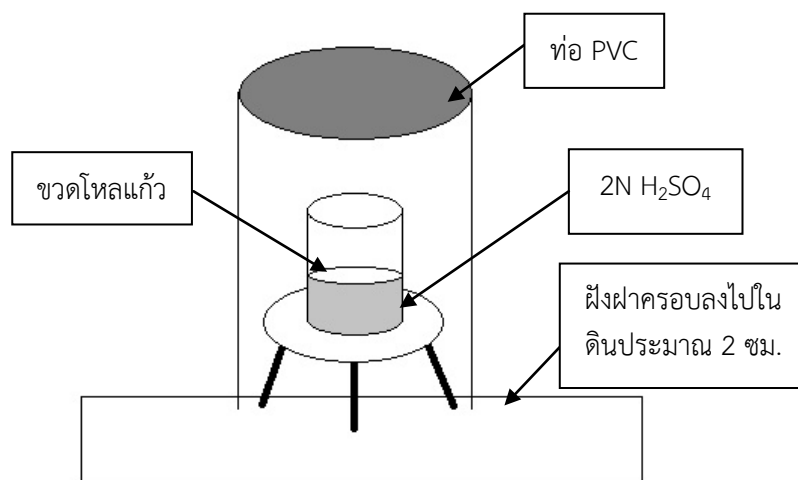


Figure 1 Ammonia gas sampler by closed chamber method. (Li *et al.*, 2000)

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2553 – กันยายน 2559

สถานที่ดำเนินการ 1. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อำเภอดงขี้เหล็ก จังหวัดนครสวรรค์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1) การสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดในสภาพห้องปฏิบัติการ

1.1 สมบัติดินก่อนการทดลอง

จากการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนทำการทดลอง พบว่า ชุดดินตาคลี ลพบุรี สมอทอด และบึงชะนัง มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว สำหรับชุดดินลำนารายณ์ ชัยบาดาล วังชมภู และจตุรัส มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ดินเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทรายแข็ง ตามลำดับ ค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 7.8-8.0) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง 10.5 -21.5 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง 9.5 -42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูง 40.1 - 275 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1)

Table 1 Soil properties before study

Parameters	Soil series							
	Takhli	Lop Buri	Samo Thod	Lam Narai	Chai Badan	Wang Chomphu	Chatturat	Bung Chanang
Texture	clay	clay	clay	loam	clay	sandy clay	silty clay	clay
	loam	loam	loam			loam	loam	loam
pH (1:1)	8.0	7.9	7.8	7.9	7.9	7.8	7.9	8.0
OM (g/kg)	18.1	10.5	18.8	18.3	12.2	21.5	13.5	21.5
Avai.P (mg/kg)	42	22	38	18.2	8.3	4.4	9.5	8.9
Exch.K (mg/kg)	129	162	173	198	126	40.1	215	275

1.2 ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ต่ออัตราการสูญหายของไนโตรเจน

จากการบ่มดินในห้องปฏิบัติการด้วยปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ พบว่า การใช้ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการสูญหายของไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียมากที่สุดทั้ง 8 ชุดดิน โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซแอมโมเนียเฉลี่ย 19.4-21.6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด รองลงมา คือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 9.5-11.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนการใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการสูญหายของไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียน้อยที่สุด เฉลี่ย 7.1-7.8 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Figure 2)

ทั้งนี้เนื่องจากในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง ปุ๋ยยูเรียมักมี Urease activity ในดินสูง ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia volatilization) ได้ง่าย โดยยูเรียจะถูกไฮโดรไลส์กลายเป็นแอมโมเนียมก่อนที่จะเกิดการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนีย โดยทั่วไปการใส่ยูเรียจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมมากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่นๆ เนื่องจากภายหลังปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของยูเรียโดยกิจกรรมของเอนไซม์ยูเรียเอสจะเกิดการสะสม NH_4^+ และ HCO_3^- ซึ่งชักนำให้เกิดการระเหยของแอมโมเนียได้โดยง่าย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

สำหรับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต พบว่า มีการสูญเสียแอมโมเนียต่ำกว่าปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้เพราะแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อใส่ลงไปในดินที่เป็นด่าง จะช่วยเพิ่มความเป็นกรดและลดความเป็นด่างของดิน ในขณะที่ยูเรียจะเพิ่มความเป็นด่างของดินให้สูงขึ้นและก่อให้เกิดสภาพที่เหมาะสมสำหรับขบวนการระเหยของแอมโมเนีย ส่วนปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) เป็นปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้ามีคุณสมบัติในการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้า ๆ ให้แก่พืช เมื่อใส่ลงไปในดินต่างจึงมีการสูญเสียแอมโมเนียน้อยกว่าปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต (Mikkelsen and De Datta, 1979)

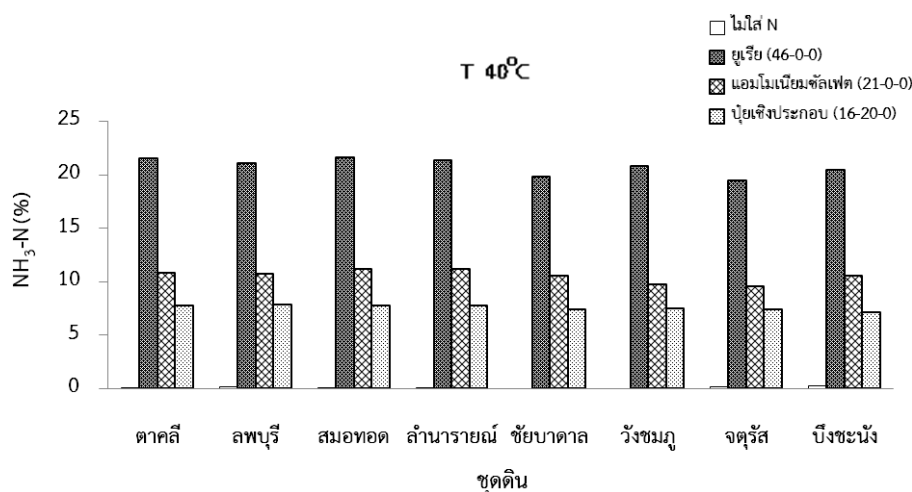


Figure 2 Ammonia volatilization ($\text{NH}_3\text{-N}$) from incubation soils with urea, ammonium sulphate and compound fertilizer at 40°C

1.3 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่ออัตราการสูญหายของไนโตรเจน

พบว่า อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการสูญหายของไนโตรเจนในปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ โดยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซแอมโมเนียมากที่สุด ซึ่งปริมาณการระเหิดในรูปของแอมโมเนียจะเพิ่มขึ้น เฉลี่ย 0.25 เปอร์เซ็นต์ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส (Vlek and Stumpe, 1978) โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยยูเรีย เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อุณหภูมิจะมีผลต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของยูเรียโดยตรง และช่วยเร่ง urease activity ให้เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้การสูญเสียแอมโมเนียเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซแอมโมเนียเกิดขึ้นสูงสุด เมื่อระยะเวลา 7 วัน หลังการบ่มดิน และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วัน โดยทั่วไปการสูญเสียแอมโมเนียเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการเกิดสูงสุดภายหลังการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแล้วประมาณ 7-10 วัน (Mikkelsen and De Datta, 1979) หลังจากนั้นจะเริ่มคงที่

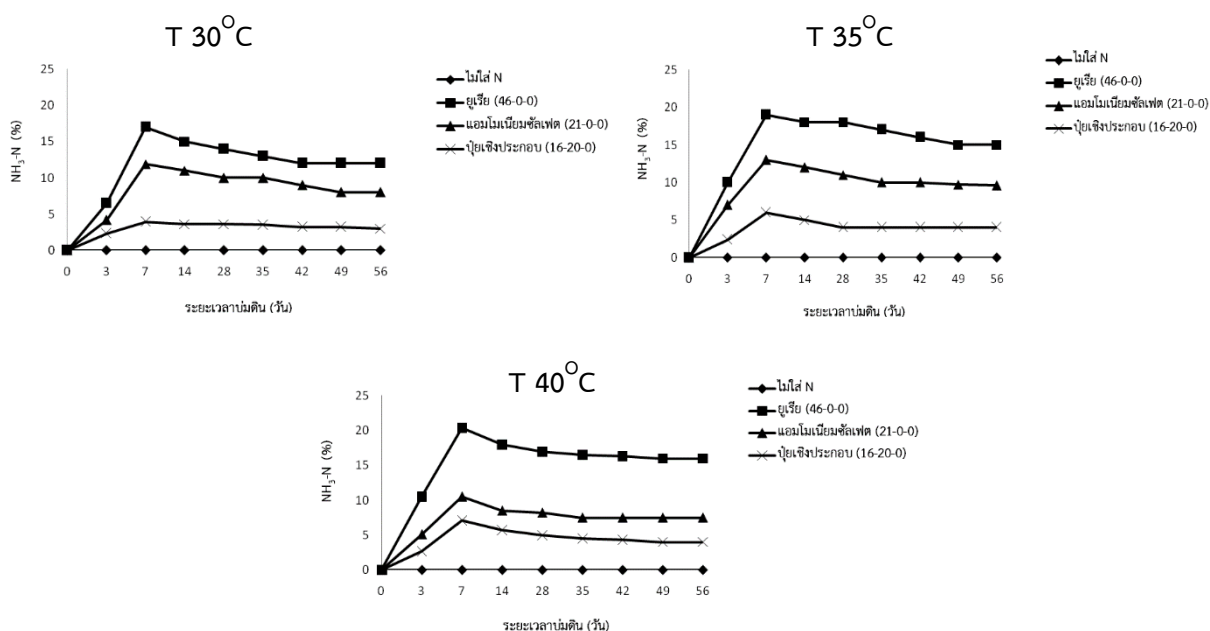


Figure 3 The rate of ammonia volatilization ($\text{NH}_3\text{-N}$) at different temperatures

2) การสูญเสียของไนโตรเจนโดยการระเหยในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.1 ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญเสียของไนโตรเจน

จากการเก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหย โดยวิธี closed chamber (Figure 1) ในชุดดินตาคลี พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหยสูงสุด เฉลี่ย 20.5 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต มีอัตราการระเหย เฉลี่ย 14.3 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย และปุ๋ยเชิงประจักษ์ มีอัตราการระเหยต่ำสุด เฉลี่ย 7.2 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย สำหรับชุดดินสมอทอด พบว่า มีรูปแบบการสูญเสียของไนโตรเจนแบบเดียวกันกับ ชุดดินตาคลี โดยการใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหยสูงสุด เฉลี่ย 21.1 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหย เฉลี่ย 12.4 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย และปุ๋ยเชิงประจักษ์ (16-20-0) มีอัตราการระเหยต่ำสุด เฉลี่ย 7.2 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย ซึ่งในทั้งสองชุดดินพบว่า มีอัตราการระเหยสูงสุดที่ ระยะเวลา 7 วัน หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและจะเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วัน ในทุกกรรมวิธี (Figure 3)

2.2 ผลของวิธีการใส่ปุ๋ยต่ออัตราการสูญเสียของไนโตรเจน

พบว่า การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหยของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นด่าง เช่น ยูเรีย มักจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมากกว่าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นกรด วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงมีบทบาทที่สำคัญ ในการลดการสูญเสียแอมโมเนียจากดินได้อีกหนึ่งทาง โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบ สามารถลดการสูญเสียไนโตรเจนไปในรูปก๊าซแอมโมเนียได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (Figure 4 and 5) ถึง 16.9 เปอร์เซ็นต์

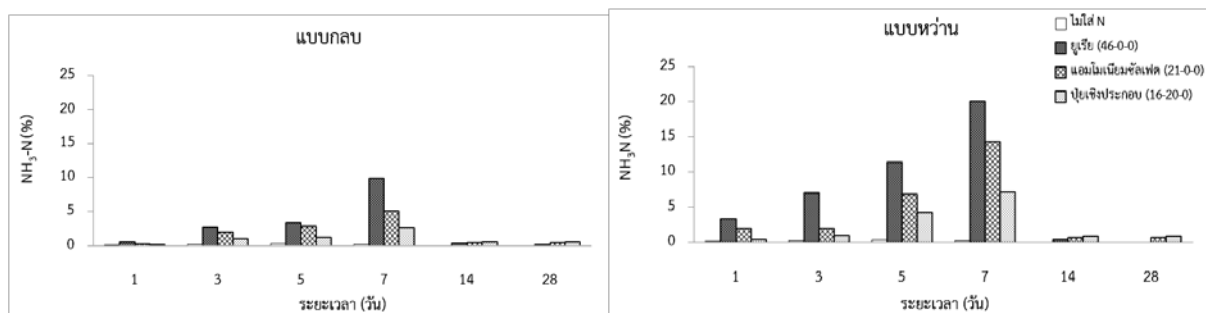


Figure 4 The amount of ammonia volatilization losses in Takhli soil series

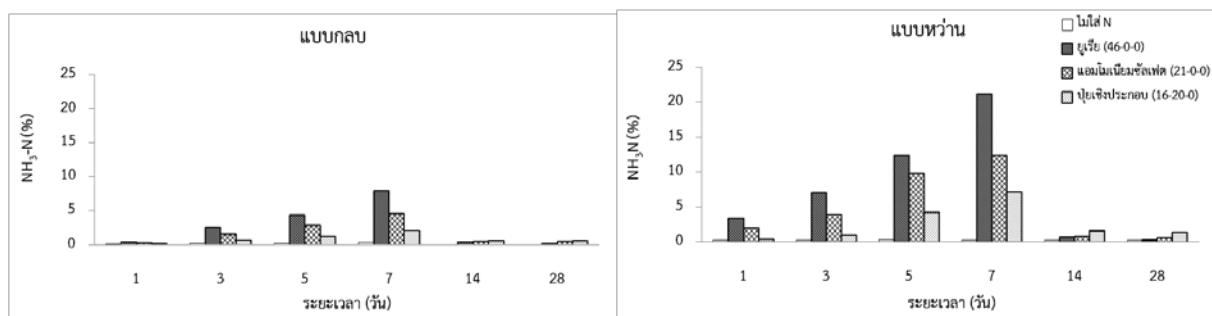


Figure 5 The amount of ammonia volatilization losses in Samo Thod soil series

2.3 ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ และวิธีการใส่ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตข้าวโพด

จากการทดลอง เปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนและวิธีการใส่ปุ๋ยในดินต่างชุดดินตาคลีและสมอทอด พบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบจะทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการหว่าน (Table 2 and 3) นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ข้าวโพดจะให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย โดยในชุดดินตาคลี การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและปุ๋ยเชิงประกอบ ข้าวโพดให้ผลผลิต 1,019 และ 1,215 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในชุดดินสมอทอด ข้าวโพดให้ผลผลิต 1,009 และ 1,124 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

2.4 ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาดิน (pH)

พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบหว่านไม่มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด แต่พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ มีผลต่อค่า pH ของดิน โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตจะมีค่า pH ของดินลดลงต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) เนื่องจากอนุมูลซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตไปทำให้ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินลดลง เพราะแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ที่ได้จากปุ๋ยเคมีเข้าไปแทนที่แคลเซียมไอออนที่ถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคคอลลอยด์จึงมีผลทำให้ปฏิกิริยาดินลดต่ำลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

Table 2 Maize grain yield at 15% moisture content (kg/rai) on Takhli soil series at Nakorn Sawan Province

Treatments (T)	Fertilizer application method (A)		
	Placement	Top dressing	Mean
-N+P+K	824	802	813 b
(46-0-0)+P+K	1,059	818	939 ab
(21-0-0)+P+K	1,135	902	1,019 a
(16-20-0)+P+K	1,325	1,104	1,215 a
Mean	1,086 a	907 b	997
F-test (T)		*	
F-test (A)		*	
F-test (TxA)		ns	
CV (%)		11.8	

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level by DMRT

* : Significant at 5% level, ns : Not significant

Table 3 Maize grain yield at 15% moisture content (kg/rai) on Samo Thod soil series at Nakorn Sawan Province

Treatments (T)	Fertilizer application method (A)		
	Placement	Top dressing	Mean
-N+P+K	807	795	801 b
(46-0-0)+P+K	1,045	816	930 ab
(21-0-0)+P+K	1,105	912	1,009 b
(16-20-0)+P+K	1,242	1,005	1,124 a
Mean	1,049 a	882 b	966
F-test (T)		*	
F-test (A)		*	
F-test (TxA)		ns	
CV (%)		11.2	

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level by DMRT

* : Significant at 5% level, ns : Not significant

Table 4 Change of soil pH after harvest

Treatments (T)	Fertilizer application method (A)		
	Placement	Top dressing	Mean
-N+P+K	7.9	7.9	7.9 b
(46-0-0)+P+K	7.9	8.0	8.0 b
(21-0-0)+P+K	7.2	7.4	7.3 a
(16-20-0)+P+K	7.9	8.0	8.0 b
Mean	7.7	7.8	7.8
F-test (T)		*	
F-test (A)		ns	
F-test (TxA)		ns	
CV (%)		17.2	

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level by DMRT

* : Significant at 5% level, ns : Not significant

สรุปผลการทดลอง

- อัตราการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปก๊าซแอมโมเนีย ในสภาพห้องปฏิบัติการเกิดขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลา 7 วัน หลังการใส่ปุ๋ย ซึ่งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีอัตราการระเหิดมากที่สุด โดยปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิด 19.4-21.6 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย รองลงมาคือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 9.5-11.2 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย และ ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) 7.1-7.8 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย
- การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรียในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นดินต่าง ชุดดินตาคลีและสมอทอด ทำให้เกิดการสูญหายของไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียมากที่สุด ถึง 20-21 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย แต่ถ้าใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สามารถลดการสูญหายของไนโตรเจนไปในรูปของก๊าซแอมโมเนียลงได้ โดยมีปริมาณการสูญหายของไนโตรเจน เพียง 7.2 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย
- วิธีการใส่ปุ๋ยแบบกลบร่วมกับการใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ ทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตสูงสุด

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพดินต่าง ควรเลือกใช้ปุ๋ยเชิงประกอบหรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และเมื่อมีการใส่ปุ๋ยควรมีการกลบปุ๋ยด้วยทุกครั้ง เพื่อลดการสูญเสียของปุ๋ยไนโตรเจน
2. การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพดินต่างให้ได้ประสิทธิภาพ ทุกครั้งที่มีการใส่ปุ๋ยให้พรวนกลบปุ๋ยทุกครั้ง เพื่อลดการสูญหายของไนโตรเจน
3. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปขยายผลหรือปรับใช้กับชุดดินอื่น หรือในระดับไร่นา ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับนักวิชาการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรและหน่วยงานอื่น ๆ นำไปใช้ในการพัฒนางานวิจัยด้านดินและปุ๋ย และสามารถให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่เกษตรกรได้อย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 547 หน้า.
- Li, X., Y. Feng, D. Archambault, H. Bertram and T. Flesch. 2000. Evaluation of Methods for Determining NH_3 and N_2O Emission from Soil Applied Manure. ISBN 0-7785-3171-6. Report prepared by Alberta Research Council for Air Research Users Group, Alberta Environment, Edmonton, Alberta. Pp.1-33
- Mikkelsen, D.S. and S.K. De Datta. 1979. Ammonia volatilization from wetland rice soils. In Nitrogen and Rice. Int. Rice Res. Inst. (IRRI), Los Banos, Philippines pp. 135-156.
- Olsen, S.R., and L.E. Sommer. 1982. Phosphorus. p. 403-430. In A.L. Page et al. (ed.) Method of soil analysis. Part 2. Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisc. U.S.A.
- Rosliza, S., O.H. Ahmed and N.M.A. Majid, 2009. Controlling ammonia volatilization by mixing urea with humic acid, fulvic acid, triple superphosphate and muriate of potash. Am. J. Environ. Sci., 5: 605-609.
- Sigunga D.O., Janssen B.H., Oenema O. (2002): Effects of improved drainage and nitrogen source on yields, nutrient uptake and utilization efficiencies by maize (*Zea mays* L.) on Vertisols in sub-humid environments. Nutr. Cycl. Agroecosys., 62: 263-275.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-38.

ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช แพคโคบิวทาโซล
(Paclobutrazol) จิบเบอเรลลิก แอซิด (Gibberellic acid) เอทีฟอน
(Ethephon) 1-แนปทาไลน์อะซิติก แอซิด (1-Naphthaleneacetic acid)
จากแหล่งจำหน่ายในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก

Study on Quality of Plant Growth Regulator Products Paclobutrazol,
Ethephon, Gibberellic acid and 1-Naphthaleneacetic acid from
Retail Shops in Northern, Central and Eastern Region

เพชรรัตน์ ศิริวิ สาทิตา โพธิ์น้อย สุพิศสา ทองเขียว สุวลักษณ์ ไชยทอง นันทกานต์ ขุนโหระ มนต์ชัย อินทร์ท่าอิฐ
กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเพื่อให้มีคุณภาพและได้มาตรฐานมีความสำคัญมาก เนื่องจากการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายกับกรมวิชาการเกษตรมีระยะเวลาที่กำหนด และต้องมีการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะมีการต่อทะเบียนรวมทั้งการนำเข้าหรือการผลิต เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพตรงตามที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้ และเพื่อให้เกษตรกรสามารถนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยปี 2560 ได้มีการออกสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจากร้านจำหน่ายเคมีเกษตรในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก รวมทั้งสิ้น 15 จังหวัด ได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากร้านค้าเคมีเกษตรทั้งหมด 45 ร้าน ซึ่งเป็นร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop จากกรมวิชาการเกษตรทั้งสิ้นจำนวน 24 ร้าน และไม่ได้ Q-Shop จำนวน 21 ร้าน ได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 177 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และสาร 1-Naphthaleneacetic acid ที่สุ่มเก็บมาจากพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก พบว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 91, 86 และ 71 ตามลำดับ สาร Ethephon ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 92, 75 และ 100 ตามลำดับ สาร Gibberellic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 61, 85 และ 78 ตามลำดับ และสาร 1-Naphthaleneacetic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 17, 0 และ 88 ตามลำดับ โดยพบว่าร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop จากกรมวิชาการเกษตรมีปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และสาร 1-Naphthaleneacetic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดรวมคิดเป็นร้อยละ 88, 92, 63 และ 33 ตามลำดับ และร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop มีปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และสาร 1-Naphthaleneacetic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 80, 86, 78 และ 44 ตามลำดับ

คำสำคัญ : Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid, 1-Naphthaleneacetic acid, Q-Shop คุณภาพผลิตภัณฑ์
สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

คำนำ

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ฮอโมนพืชจัดเป็นกลุ่มของสารที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางและเห็นผลได้ค่อนข้างเด่นชัด โดยมากใช้ในการติดผล เร่งหรือชะลอการแก่ การสุก ซึ่งลักษณะต่างๆ เหล่านี้ถูกควบคุมโดยสารแต่ละชนิดที่ต่างกันไป ดังนั้นถ้ามีการเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง ก็จะทำให้สามารถใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ สารฮอโมนพืช (Plant hormones) มีความหมายในเชิงวิชาการว่า เป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเองในปริมาณน้อยมาก แต่มีผลในด้านการส่งเสริมหรือยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในต้นพืชนั้นๆ ทั้งนี้ ไม่รวมพวกน้ำตาลหรือสารอาหารที่เป็นอาหารพืชโดยตรง ดังนั้น การสกัด

ฮอร์โมนออกมาจากต้นพืชเพื่อไปพ่นให้ต้นไม้อื่นๆ จึงเป็นเรื่องยากและไม่คุ้มค่า ต่อมาจึงได้มีการค้นคว้าและสังเคราะห์สารต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนพืชขึ้นมาใช้ประโยชน์แทน จึงได้มีการบัญญัติศัพท์ทางวิชาการขึ้นมาว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth regulators) ซึ่งมีความหมายรวมถึงฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติในการกระตุ้น ยับยั้ง หรือเปลี่ยนแปลง กระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ (พีรเดช, 2537)

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ที่ต้องมีการควบคุมการขึ้นทะเบียน การผลิต และการนำเข้า หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาต ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ปัจจุบันสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีปริมาณการนำเข้าสูงเป็นอันดับ 4 รองจากวัตถุอันตรายทางการเกษตรประเภทอื่นๆ คือ Herbicide Insecticide และ Fungicide ตามลำดับ (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2560) และปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีการนำเข้ามากที่สุด 4 อันดับคือ Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และ 1-Naphthaleneacetic acid โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 4 ชนิด มีคุณสมบัติดังนี้

Paclobutrazol เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารชะลอการเจริญเติบโตมีสูตรโครงสร้างดัง Figure 1 เป็นสารที่ช่วยยับยั้งการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์ ควบคุมความสูง ยับยั้งการทำงานของจิบเบอเรลลินภายในพืช เร่งการออกดอก เพิ่มความหนาของใบและลำต้น เพิ่มการสังเคราะห์แสงเนื่องจากพื้นที่ของใบลดลงแต่คลอโรฟิลล์เท่าเดิม ทำให้มีการสังเคราะห์แสงมากขึ้น (พีรเดช, 2537) ปัจจุบันนิยมนำมาใช้กับไม้ผล เช่น มะม่วง ทุเรียน ลิ้นจี่ เป็นต้น ทำให้ไม้ผลมีข้อดอกมากและออกดอกก่อนฤดูกาล (สัมฤทธิ์, 2556) โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ระบุในการขึ้นทะเบียนเป็นส่วนมาก คือ 10% WP, 15% WP, 25% WP SC และ 96% Tech.

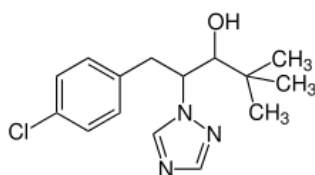


Figure 1 The structure of paclobutrazol

Ethephon เป็นสารของเหลวที่สามารถปลดปล่อยหรือสลายตัวได้ก๊าซเอทิลีน โดยมีสูตรโครงสร้างดัง Figure 2 สารเอทิลฟอนเป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมากอีกชนิดหนึ่ง เช่น เร่งการสุกของผลไม้ เร่งการออกดอกของสับปะรด และเร่งการไหลของน้ำยางในการกรีดยาง เป็นต้น ปัจจุบันนิยมนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมสับปะรด (พีรเดช, 2537) โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ระบุในการขึ้นทะเบียนเป็นส่วนมากคือ 48% W/V SL, 52% W/V SL และ 80% min. Tech.

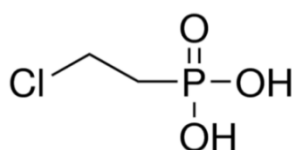


Figure 2 The structure of ethephon

Gibberellic acid สารกลุ่มนี้มีทั้งที่พืชสร้างขึ้นเอง และเชื้อราบางชนิดสร้างขึ้น มีสูตรโครงสร้างดัง Figure 3 เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของเซลล์ ทำลายการพักตัวของพืช กระตุ้นการออกดอกของพืชบางชนิด และยับยั้งการออกดอกของพืชบางชนิด แต่ที่มีการนำมาใช้ทางการเกษตรมากที่สุดคือสาร Gibberellic acid (GA₃) ซึ่งเป็นสารที่พืชสามารถสร้างขึ้นได้ในปริมาณน้อยมาก โดยสาร Gibberellic acid ที่นำมาใช้ทางการเกษตรนั้นได้มาจากการเพาะเลี้ยงเชื้อราบางชนิดแล้วสกัดสาร Gibberellic acid ออกมา เนื่องจากปัจจุบันยังไม่สามารถสังเคราะห์สาร Gibberellic acid ได้ด้วยวิธีทางเคมี (พีรเดช, 2537) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Gibberellic acid ที่นำมาขึ้นทะเบียนมีความหลากหลายมีทั้งในรูปสารละลาย ผงละเอียด และแบบอัดเม็ด ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ระบุในการขึ้นทะเบียนเป็นส่วนมากคือ 2% W/V SL, 4.5% W/V SL, 10% TB, 20% TB และ 90% min Tech.

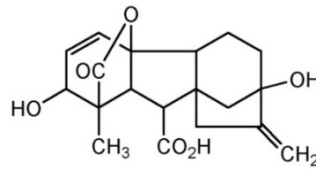


Figure 3 The structure of gibberellic acid

1-Naphthaleneacetic acid หรือ NAA มีสูตรโครงสร้างดัง Figure 4 จัดเป็นสารออกซินสังเคราะห์ที่ใช้ในการกระตุ้นการเกิดราก และการเจริญของราก จึงได้มีการนำออกซินมาใช้กับกิ่งปักชำหรือกิ่งตอนของพืชต่างๆ ไป เพื่อเร่งให้เกิดรากเร็วขึ้นและมากขึ้น ใช้ป้องกันผลร่วงได้ในพืชหลายชนิดเช่น มะม่วง มะนาว ส้ม ลำไย สาลี่ ขนุน มะละกอ เนื่องจากออกซินมีคุณสมบัติยับยั้งการสร้างรอยแยก (Abscission layer) ในบริเวณข้อผลได้ นอกจากนี้ยังนำมาใช้ในการเปลี่ยนเพศดอกเงาะ โดยใช้ NAA พ่นไปที่ช่อดอกเงาะบางส่วน ทำให้ช่อดอกที่ถูกสาร เปลี่ยนจากดอกสมบูรณ์เพศที่ทำหน้าที่ตัวเมียกลายเป็นดอกตัวผู้ขึ้นมาแทน ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายละอองเกสรและเกิดการปฏิสนธิขึ้นได้ (พีรเดช, 2537) โดยปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ระบุในการขึ้นทะเบียนเป็นส่วนมากคือ 4.5% W/V SL, 5% W/V SL และ 98% min. Tech.

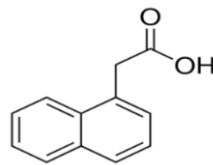


Figure 4 The structure of 1-naphthaleneacetic acid

ปัจจุบันเกษตรกรได้นำเอาผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เพื่อประโยชน์ในการเร่งการเจริญเติบโต เร่งการออกดอก ป้องกันการร่วงของดอกและผล เพิ่มผลผลิต ปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต ตลอดจนใช้ในแง่ของการยับยั้ง และกำจัดวัชพืช เป็นต้น (สัมฤทธิ์, 2556) ในปี 2556 กรมวิชาการเกษตรได้มีการจัดทำโครงการร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่มีคุณภาพหรือ Q-Shop ซึ่งเป็นโครงการเพื่อพัฒนาร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรให้มีการใช้ปุ๋ย วัตถุเคมีการเกษตร สารเคมี ที่มีคุณภาพ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบปัญหาในการใช้ปัจจัยการผลิตที่ไม่ได้คุณภาพ และเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับสมาชิกในการใช้ปัจจัยการผลิตที่ได้คุณภาพมาตรฐาน ตลอดจนปรับปรุงเป็นร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (Q-Shop) และมีการบริหารจัดการ การจำหน่ายปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช Paclobutrazol, Gibberellic acid, Ethephon และ 1-Naphthaleneacetic acid ที่มีวางจำหน่ายตามร้านค้าเคมีเกษตร ทั้งที่เข้าร่วมโครงการร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่มีคุณภาพ (Q-Shop) จากกรมวิชาการเกษตร และร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้เข้าร่วมโครงการฯ ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้มีคุณภาพได้มาตรฐานตรงตามที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมวิชาการเกษตร

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่อง Gas chromatograph (GC-FID)
2. เครื่อง High Performance Liquid Chromatograph (HPLC)
3. เครื่อง Automatic Titrator
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 5 ตำแหน่ง
5. เครื่อง Hot plate
6. เครื่อง Ultrasonic bath
7. เครื่องแก้วและวัสดุวิทยาศาสตร์

8. สารมาตรฐาน Paclobutrazol, Gibberellic acid, Ethephon และ 1-Naphthaleneacetic acid
9. สารเคมี ได้แก่ Acetone ชนิด AR grade, Methanol ชนิด AR grade และ HPLC grade, Acetonitrile ชนิด HPLC grade, Ortho-phosphoric acid ชนิด AR grade, Potassium acid phthalate ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) และ Sodium hydroxide ชนิด AR grade
10. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช Paclobutrazol, Gibberellic acid, Ethephon และ 1-Naphthaleneacetic acid จากแหล่งจำหน่ายในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก

วิธีการ

1. จัดทำข้อมูลรายชื่อร้านค้าเคมีเกษตรที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ได้ Q-Shop และร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop จากกรมวิชาการเกษตร ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก
2. สุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจากร้านค้าเคมีเกษตรจากข้อ 1
3. ออกสัมภาษณ์เจ้าของร้านค้าเคมีเกษตร และซื้อตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช Paclobutrazol, Gibberellic acid, Ethephon และ 1-Naphthaleneacetic acid
4. ดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (Active, Ingredient AI (%)) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์กับค่าเกณฑ์กำหนดจากประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องกำหนดเกณฑ์ค่าคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่กำหนดไว้ของสารสำคัญในวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบ พ.ศ.2538 ประกาศ ณ วันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ.2538 (ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2538) โดยมีการกำหนดเกณฑ์ค่าคลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

ปริมาณของสารสำคัญในวัตถุอันตรายที่ระบุไว้เป็น กรัม/กิโลกรัม หรือ กรัม/ลิตร ที่ 20 องศาเซลเซียส	เกณฑ์ค่าคลาดเคลื่อนที่อนุญาตให้มีค่าได้จากปริมาณ ของสารสำคัญที่ระบุไว้
500 และมากกว่า	ไม่เกิน +25 กรัม/ กิโลกรัม หรือ กรัม/ลิตร
250 ถึงน้อยกว่า 500	ไม่เกิน $\pm 5\%$
100 ถึงน้อยกว่า 250	ไม่เกิน $\pm 6\%$
25 ถึงน้อยกว่า 100	ไม่เกิน $\pm 6\%$
น้อยกว่า 25	ไม่เกิน $\pm 15\%$ สำหรับวัตถุอันตรายที่มีลักษณะเป็นของเหลว และ ครีมนไม่เกิน $\pm 25\%$ สำหรับวัตถุอันตรายที่มีลักษณะเป็นของแข็ง ผง เกล็ด และเม็ด

5. สรุปรูข้อมูลร้านค้าเคมีเกษตร และผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูลร้านค้าจำหน่ายเคมีเกษตรในแต่ละพื้นที่คือภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก
2. บันทึกข้อมูลสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ชนิดสาร จำนวนตัวอย่าง และข้อมูลอื่นๆ จากฉลาก
3. บันทึกชนิดและปริมาณสารสำคัญที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการเก็บข้อมูลผู้ประกอบการร้านค้าเคมีเกษตรและเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 4 ชนิดคือ Paclobutrazol, Gibberellic acid, Ethephon และ 1-Naphthaleneacetic acid เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ปี 2560 ในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก รวมทั้งสิ้น 15 จังหวัด ผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. การออกสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจากร้านค้าเคมีเกษตร

ได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากร้านค้าเคมีเกษตรทั้งหมด 45 ร้าน เป็นร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop จำนวน 24 ร้าน และร้านที่ไม่ได้ Q-Shop จำนวน 21 ร้าน ได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 177 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นตัวอย่างที่ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ไว้บนฉลาก จำนวน 141 ตัวอย่าง และไม่ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) จำนวน 36 ตัวอย่าง รายละเอียดข้อมูลการ

ออกสู่เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในแต่ละพื้นที่แสดงดัง Table 1 สำหรับข้อมูลปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ที่มีการระบุไว้บนฉลากของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บมาจากร้านจำหน่ายเคมีเกษตรในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก แสดงรายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดัง Table 2

Table 1 The information of plant growth regulator products from retail shops in northern central and eastern region

Region	Number of retail shops	Number of retail shops		Q-Shop (samples)				Not Q-Shop (samples)			
		Q-shops	Not Q-shops	P	E	G	N	P	E	G	N
Northern	23	16	7	10	8	23	10	1	5	5	2
Central	15	3	12	1	0	0	0	13	12	13	4
Eastern	7	5	2	6	5	4	5	1	5	5	3
Total	45	24	21	17	13	27	15	15	22	23	9

Note : P= Paclobutrazol, E= Ethephon, G= Gibberellic acid, N = 1-Naphthaleneacetic acid

Table 2 The active ingredient (%) specified on the label of plant growth regulator products samples from retail shops in northern, central, eastern region

No.	Common name	Q-Shop (samples)	Not Q-Shop (samples)	Active ingredient (%) specified on the label	Number of samples
1.	Paclobutrazol	17	15	10, 15% WP 10, 25% WP SC	32
2.	Ethephon	13	22	2.5%, 10% 48, 52% W/V SL	35
3.	Gibberellic acid	27	23	0.5, 2.0, 3.2, 4.0, 5.0 % W/V SL 3.1% WP, 4.9% W/W 10, 20% TB	50
4.	1-Naphthalene acetic acid	15	9	0.1, 4.5, 4.6% W/V SL 1.25% W/W	24
Total		72	69	-	141

Note : WP= Wettable powder, SC= Suspension concentrates, SL=Soluble concentrate, TB = Tablet

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%)

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol Ethephon Gibberellic acid และ 1-Naphthaleneacetic acid ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก พบว่า สาร Paclobutrazol ที่ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 91, 86 และ 71 ตามลำดับ สาร Ethephon ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 92, 75 และ 100 ตามลำดับ สาร Gibberellic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 61, 85 และ 78 ตามลำดับ และ 1-Naphthaleneacetic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 17, 0 และ 88 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และ 1-Naphthaleneacetic acid จากการสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ภาค พบว่าภาคเหนือ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุด ภาคกลาง ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Gibberellic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุด และภาคตะวันออก ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Ethephon และสาร 1-Naphthalene-acetic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุด (Figure 5)

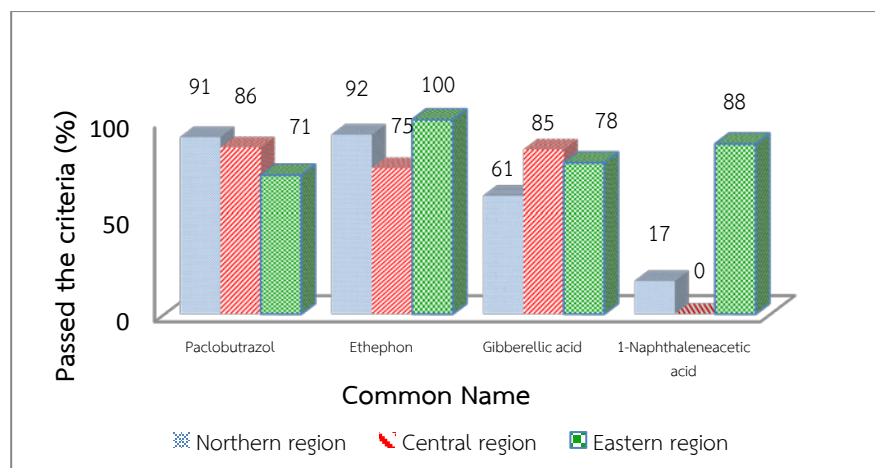


Figure 5 The results of plant growth regulator products in Northern, Central and Eastern region passed the criteria

2.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ไม่ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%)

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Gibberellic acid และ 1-Naphthaleneacetic acid ที่ไม่ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ไว้บนฉลาก พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บมาจากพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก จำนวนทั้งหมด 36 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Gibberellic acid จำนวน 16 ตัวอย่าง และ 1-Naphthaleneacetic acid จำนวน 20 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์พบว่า ตรวจพบปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Gibberellic acid จำนวน 3 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop จำนวน 1 ตัวอย่าง และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บจากร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop จำนวน 2 ตัวอย่าง ส่วนผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร 1-Naphthaleneacetic acid พบว่า ตรวจพบปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) จำนวน 13 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop จำนวน 2 ตัวอย่าง และร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop จำนวน 11 ตัวอย่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บมาจากภาคกลาง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในเขตพื้นที่ภาคกลางในช่วงที่ออกไปสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ยังมีปัญหาในเรื่องการต่อทะเบียนวัตถุดิบทรายของสาร 1-Naphthalene-acetic acid จึงทำให้ร้านค้าเคมีเกษตรไม่สามารถวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์สาร 1-Naphthaleneacetic acid ไว้ในร้านได้ และอาจเนื่องมาจากปัญหาการหลีกเลี่ยงการขึ้นทะเบียนวัตถุดิบทรายของบริษัทผู้ผลิตในระหว่างการค้าการต่อทะเบียน ดังนั้นจึงตรวจพบปริมาณสาร 1-Naphthaleneacetic acid ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บมาจากภาคกลางมากกว่าภาคอื่นๆ

2.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop และไม่ได้ Q-Shop จากกรมวิชาการเกษตร ที่ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ไว้บนฉลาก

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บจากเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก รวม 15 จังหวัด โดยได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop และไม่ได้ Q-Shop จำนวน 45 ร้าน แบ่งเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop จำนวน 72 ตัวอย่าง และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มาจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ไม่ได้ Q-Shop จำนวน 69 ตัวอย่าง จากผลการวิเคราะห์ พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop ผ่านเกณฑ์กำหนด จำนวน 49 ตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ไม่ได้ Q-Shop ผ่านเกณฑ์กำหนด จำนวน 53 ตัวอย่าง (Table 3)

Table 3 The result of number of samples passed the criteria products from Q-Shop and not Q-Shop in the northern central eastern region

No.	Common name	Q-Shop		Not Q-Shop	
		Number of samples	Number of samples passed the criteria	Number of samples	Number of samples passed the criteria
1.	Paclobutrazol	17	15	15	12
2.	Ethephon	13	12	22	19
3.	Gibberellic acid	27	17	23	18
4.	1-Naphthalene acetic acid	15	5	9	4
Total		72	49	69	53

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) Paclobutrazol, Ethephon Gibberellic acid และ 1-Naphthaleneacetic acid ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บมาจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop พบว่า ผ่านเกณฑ์กำหนด คิดเป็นร้อยละ 88, 92, 63 และ 33 ตามลำดับ และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มาจากร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 80, 86, 78 และ 44 ตามลำดับ (Figure 6) โดยพบว่าภาคเหนือมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บมาจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุดคือสาร Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และ 1-Naphthaleneacetic acid ตามลำดับ และภาคตะวันออก พบว่ามีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุด คือ สาร Ethephon, Gibberellic acid, 1-Naphthaleneacetic acid และ Paclobutrazol ตามลำดับ ส่วนภาคกลาง พบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บมานั้น เป็นร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop และจากการสอบถามเจ้าของร้านค้าเคมีเกษตร ที่ได้ออกสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ พบว่าหลายๆ ร้านยังอยู่ในขั้นตอนการดำเนินการขอเข้าร่วมโครงการฯ จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มาจากร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop พบว่า ภาคเหนือมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุดคือสาร Ethephon, Gibberellic acid, 1-Naphthaleneacetic acid และสาร Paclobutrazol ตามลำดับ ภาคตะวันออก พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุดคือสาร Ethephon, 1-Naphthaleneacetic acid และ Paclobutrazol ในปริมาณที่เท่าๆ กัน รองลงมาคือสาร Gibberellic acid ส่วนภาคกลาง พบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุด คือ สาร Paclobutrazol, Gibberellic acid และ Ethephon ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร 1-Naphthaleneacetic acid พบว่าไม่มีตัวอย่างใดที่ผ่านเกณฑ์กำหนด ทั้งนี้ เนื่องมาจากในเขตพื้นที่ภาคกลางได้จำนวนตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร 1-Naphthalene-acetic acid มาน้อยเกินไป และช่วงที่ออกสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์นั้น อยู่ในช่วงขอต่อทะเบียนผลิตภัณฑ์สาร 1-Naphthaleneacetic acid จึงทำให้ร้านค้าเคมีเกษตรส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีผลิตภัณฑ์สาร 1-Naphthaleneacetic acid วางจำหน่ายในร้านค้าเคมีเกษตรเท่าที่ควร

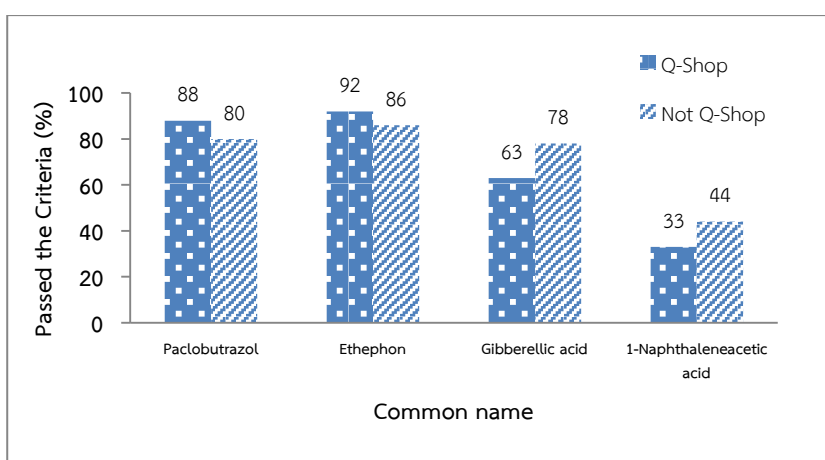


Figure 6 The plant growth regulator products passed the criteria (%) in the Q-Shop and not Q-Shop from Northern, Central and Eastern region

3. ข้อมูลและปัญหารวมทั้งข้อเสนอแนะจากการสอบถามร้านจำหน่ายเคมีเกษตร

3.1 ภาคเหนือ

จากการสอบถามข้อมูลการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจากเจ้าของร้านเคมีเกษตรในเขตพื้นที่ภาคเหนือที่ได้ Q-Shop และไม่ได้ Q-Shop พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีวางจำหน่ายมากที่สุดคือ Gibberellic acid Paclobutrazol, Ethephon และ 1-Naphthaleneacetic acid ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาในการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไว้ในร้านค้าเคมีเกษตรประมาณ 7-12 เดือน ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในร้านค้าเคมีเกษตรอยู่ในสภาพที่ปกติ มีเลขทะเบียนวัตถุอันตราย ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) และมีวิธีแนะนำการใช้ติดไว้บนฉลากของผลิตภัณฑ์ ส่วนข้อเสนอแนะจากเจ้าของร้านเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop และร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop ทั้งสองประเภทส่วนใหญ่มีความคิดเห็นไปในทางเดียวกันคืออยากให้ทางราชการเข้ามาให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรเพื่อให้ร้านค้าเคมีเกษตรสามารถให้คำแนะนำการใช้และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรให้กับเกษตรกรได้ และควรมีการควบคุมการเปิดร้านขายผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรให้เป็นระบบมากกว่านี้

3.2 ภาคกลาง

จากการสอบถามข้อมูลการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจากเจ้าของร้านเคมีเกษตรในเขตพื้นที่ภาคกลางที่ได้ Q-Shop และไม่ได้ Q-Shop พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีวางจำหน่ายมากที่สุดคือ Gibberellic acid, Ethephon, Paclobutrazol และ 1-Naphthaleneacetic acid ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคกลางส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่ทำสวนผัก สวนองุ่น ดังนั้นจึงมีผลิตภัณฑ์สาร Gibberellic acid วางจำหน่ายมากกว่าผลิตภัณฑ์ของสารอื่นๆ โดยมีระยะเวลาในการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไว้ในร้านค้าเคมีเกษตรประมาณไม่เกิน 1 ปี ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ที่มีวางจำหน่ายในร้านค้าเคมีเกษตรอยู่ในสภาพที่ปกติ มีเลขทะเบียนวัตถุอันตราย ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) และมีวิธีแนะนำการใช้ติดไว้บนฉลากผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ยังพบว่าในเขตพื้นที่นี้มีผลิตภัณฑ์สาร 1-Naphthaleneacetic acid ที่ไม่มีเลขทะเบียนวัตถุอันตรายและการระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ไว้บนฉลาก แต่มีการระบุคุณสมบัติเหมือนกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมีจำนวนมากกว่าภาคอื่นๆ ส่วนข้อเสนอแนะจากเจ้าของร้านเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop พบว่าอยากให้ทางราชการมีการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ส่วนร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop พบว่าอยากให้ทางราชการมีการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ยก่าจัดศัตรูพืช รวมทั้งยก่าจัดวัชพืชต่างๆ ให้กับผู้ประกอบการร้านค้า เพื่อให้ทางผู้ประกอบการร้านค้าสามารถแนะนำการใช้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้กับเกษตรกรที่มาซื้อผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง ปัจจุบันยังพบปัญหาเรื่องระบบการบริการ การรับขึ้นทะเบียนวัตถุอันตราย และป้ายของทางราชการมีความล่าช้ามาก นอกจากนี้ควรมีการควบคุมการเปิดร้านจำหน่ายผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่กำหนดไว้

3.3 ภาคตะวันออก

จากการสอบถามข้อมูลการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจากเจ้าของร้านเคมีเกษตรในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกที่ได้ Q-Shop และไม่ได้ Q-Shop พบว่าภาคตะวันออกมีการนำผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกส่วนใหญ่ทำสวนผลไม้ และมีการทำสวนผลไม้นอกฤดูกัลด้วย โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีวางจำหน่ายในร้านค้าเคมีเกษตรมีสารทั้ง 4 ชนิดวางจำหน่ายในปริมาณ ที่เท่าๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์กับพืชนั้นๆ ด้วย โดยมีระยะเวลาในการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไว้ในร้านค้าเคมีเกษตรประมาณไม่เกิน 1 ปี ลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ที่มีวางจำหน่ายในร้านค้าเคมีเกษตรอยู่ในสภาพที่ปกติ มีเลขทะเบียนวัตถุอันตราย ระบุปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) และมีวิธีแนะนำการใช้ติดไว้บนฉลาก สำหรับข้อเสนอแนะจากเจ้าของร้านเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop นั้น ยังไม่พบปัญหาและอุปสรรคในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ส่วนร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop พบว่ามีปัญหาเรื่องของการขึ้นทะเบียนปุ๋ย และวัตถุอันตรายทางการเกษตรล่าช้า ทำให้ร้านค้าขายผลิตภัณฑ์ตัวที่เกษตรกรต้องการนำไปใช้ไม่ได้ และอยากให้ทางราชการมีการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ยก่าจัดศัตรูพืช รวมทั้งยก่าจัดวัชพืชต่างๆ ให้กับผู้ประกอบการร้านค้าเคมีเกษตร เพื่อให้ทางผู้ประกอบการร้านค้าสามารถแนะนำการใช้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้กับเกษตรกรที่มาซื้อผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และสาร 1-Naphthaleneacetic acid ที่มีการสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาจากพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก พบว่าภาคเหนือมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุด ภาคกลางมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Gibberellic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุด และภาคตะวันออกมีตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Ethephon และสาร 1-Naphthaleneacetic acid ผ่านเกณฑ์กำหนดมากที่สุด ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ (%) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่สุ่มเก็บมาจากร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop และไม่ได้ Q-Shop ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก พบว่า ร้านค้าเคมีเกษตรที่ได้ Q-Shop มีตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และ 1-Naphthaleneacetic acid ที่ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 88, 92, 63 และ 33 ตามลำดับ ส่วนร้านค้าเคมีเกษตรทั่วไปที่ไม่ได้ Q-Shop มีตัวอย่างผลิตภัณฑ์สาร Paclobutrazol, Ethephon, Gibberellic acid และ 1-Naphthaleneacetic acid ที่ผ่านเกณฑ์กำหนดคิดเป็นร้อยละ 80, 86, 78 และ 44 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. นำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อเฝ้าระวังและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรและสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1-8 จากสถิติของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน
2. ผู้ประกอบการร้านค้าเข้าใจและปฏิบัติได้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ร้านจำหน่ายเคมีเกษตร เพื่อสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐาน
3. เกษตรกรได้ทราบข้อมูลเพื่อการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน คำนึงกับการลงทุน

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2538. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์ค่าคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่กำหนดไว้ของสารสำคัญในวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบ พ.ศ.2538. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอโมนและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 4 วิชาการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 195 หน้า
- สัมฤทธิ์ เศรษฐวงศ์. 2556. ฮอโมนและการใช้ฮอโมนกับผลไม้. อักษรสยามการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 144 หน้า
- สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2560. รายงานสรุปนำเข้าวัตถุอันตรายปี 2560. สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

**การใช้ค่าวิเคราะห์ดินเพื่อการจัดการดินและลดต้นทุนการผลิตมะม่วง
ในพื้นที่ดำเนินงานกิจกรรมดูแลสุขภาพดินและน้ำเพื่อเกษตรกรพื้นที่จังหวัดพิจิตร**
**Use of Soil Analysis Results for Soil Management and Reduction of
Mango Production Cost in Operated Area, Soil and Water Health Care
Activities for Farmers in Phichit Province**

จิตติรัตน์ ชูชาติ จริรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ สุภา โพธิจันทร์ ญาณธิชา จิตต์สะอาด
สงกรานต์ มะลิสน พงมาลย์ ภูสาร กัญธนา คล้ายแก้ว วัชรระ สังข์ทอง

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ผลการดำเนินงานกิจกรรมดูแลสุขภาพดิน น้ำ เพื่อเกษตรกร ในพื้นที่ปลูกมะม่วงอำเภอสามโก้ จังหวัดพิจิตร ในการเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ เพื่อให้คำแนะนำในการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ของเกษตรกรจำนวน 4 ราย ระหว่างปี 2558-2561 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของมะม่วง โดยนำค่าจากการวิเคราะห์ดินมาประกอบสำหรับการเลือกใช้สูตร และอัตราปุ๋ยในมะม่วง ทำให้สามารถใช้ปุ๋ยได้อย่างถูกต้อง และสามารถลดต้นทุนในการผลิต ผลการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินเพื่อลดต้นทุนการผลิตมะม่วง ปีการผลิต 2558-2561 พบว่า การใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินส่งผลให้มะม่วงต่อไร่มีผลผลิตตั้งแต่ 1,830-2,300 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ย 2,054-3,873 บาทต่อไร่ ให้ผลตอบแทนที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีค่า VCR (value cost ratio) มากกว่า 2 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.1 ถึง 7.6 ในขณะที่การใช้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกรส่งผลให้มะม่วงมีผลผลิตตั้งแต่ 1,580-2,080 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ย 2,518-5,676 บาทต่อไร่ ซึ่งจากการนำระบบการผลิตมะม่วงเพื่อลดต้นทุนการใช้ปุ๋ย โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ช่วยลดต้นทุนการผลิตและให้ผลผลิตที่ทำให้ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่าการผลิตมะม่วงที่มีการใช้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร ทำให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 16.8 และทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนมากขึ้น 4,941-18,000 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.2 รวมทั้งช่วยเกษตรกรลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีร้อยละ 50.7 เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร

คำสำคัญ : การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ระบบการผลิตมะม่วง ต้นทุนการผลิต

คำนำ

กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมีได้ดำเนินงานกิจกรรมดูแลสุขภาพดิน น้ำ เพื่อเกษตรกร ขึ้นในปีงบประมาณ 2558 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินและน้ำ เพื่อให้เกษตรกรทราบถึงคุณภาพของปัจจัยการผลิตทางการเกษตรภายในพื้นที่ และสามารถวางแผนการใส่ปุ๋ย ให้ถูกต้อง เหมาะสม ตรงกับความต้องการพืช และพื้นที่ รวมทั้งช่วยเกษตรกรในการตรวจสอบ เฝ้าระวัง และบำรุง ดูแลรักษาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรให้มีความอุดมสมบูรณ์ และมีคุณภาพที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตอย่างยั่งยืน โดยตั้งแต่ปี 2558 ถึงเดือน มีนาคม 2561 มีเกษตรกรสนใจเข้าร่วมกิจกรรมดูแลสุขภาพดินและน้ำ รวมทั้งสิ้นจำนวน 248 ราย เป็นเกษตรกรจากจังหวัดต่างๆ ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดจันทบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดราชบุรี จังหวัดนครนายก จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสมุทรปราการ และ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีตัวอย่างดินของเกษตรกรที่ได้ดำเนินการวิเคราะห์และให้คำแนะนำทั้งหมดจำนวน 2,336 ตัวอย่าง จากพื้นที่ทั้งหมด 3,439 ไร่ โดยอำเภอสามโก้ จังหวัดพิจิตร เป็นหนึ่งในพื้นที่ดำเนินงาน มีเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงสนใจเข้าร่วมกิจกรรมจำนวน 12 ราย และส่งตัวอย่างดินวิเคราะห์จำนวน 46 แปลง คิดเป็นพื้นที่ปลูกมะม่วงจำนวน 729 ไร่

มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจของประเทศไทย ที่นิยมบริโภคทั้งในรูปผลสดและแปรรูป และมีการส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเป็นจำนวนมาก การผลิตมะม่วงของตำบลวังทับไทร อำเภอสากเหล็ก จังหวัดพิจิตร ถือเป็นแหล่งผลิตใหญ่แห่งหนึ่งของประเทศไทย มีการรวมตัวของเกษตรกรเพื่อเข้าร่วมเป็นเกษตรกรในโครงการเกษตรแปลงใหญ่แล้วเป็นพื้นที่ 2,526 ไร่ มีผลผลิตมะม่วงเพื่อส่งออกได้ปีละ 3,729 ตัน จากพื้นที่ปลูกมะม่วงทั้งหมดของจังหวัด 1.9 หมื่นไร่ ซึ่งให้ผลผลิตรวมทั้งจังหวัดกว่า 7,000 ตัน เน้นมะม่วงการผลิตทั้งในฤดูปกติ และนอกฤดู ส่วนใหญ่เป็นมะม่วงที่รับประทานผลสุกและผลดิบ ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มะม่วงฟ้าลั่น มะม่วงเขียวเสวย และมะม่วงโชคอนันต์ ส่วนมะม่วงแปรรูป เน้นการแปรรูปเป็น มะม่วงอบแห้ง และมะม่วงกระป๋อง ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น จีนเกาหลีใต้ มาเลเซีย เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา และไต้หวัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2561)

ปัญหาการผลิตมะม่วงที่สำคัญของเกษตรกรในพื้นที่ ได้แก่ ปัญหาต้นทุนการผลิตสูง โดยปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตที่มีต้นทุนในสัดส่วนที่สูงสำหรับการผลิตมะม่วงปัจจัยหนึ่ง ซึ่งในการผลิตมะม่วงของเกษตรกรในจังหวัดพิจิตรมีการใช้ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ สำหรับประเทศไทยนั้น พบว่ามีการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศปีละหลายล้านบาท แม้ว่าประเทศไทยสามารถผลิตปุ๋ยบางส่วนได้เองก็ตาม จากสถิติที่รายงานโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561) พบว่า การนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและมูลค่า โดยในปี 2558 ประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ รวม 4,653,060 ตัน มูลค่า 56,709 ล้านบาท ในปี 2559 ได้เพิ่มเป็น 4,882,923 ตัน มูลค่า 49,301 ล้านบาท รวมทั้งสถิติของปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเกษตรปี 2560 ก็เพิ่มขึ้นอย่างมาก เป็น 5,821,559 ตัน มูลค่า 57,803 ล้านบาท โดยมีข้อมูลการใช้ปุ๋ยสูงมากในพืชเศรษฐกิจ เช่น ไม้ผล ยางพารา และปาล์มน้ำมัน เช่นเดียวกับการผลิตมะม่วง การใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรยังคงเป็นสิ่งจำเป็นและเป็นปัจจัยสำคัญ ในการเพิ่มผลผลิตของมะม่วงให้สูงขึ้น แต่พบว่าการใช้ปุ๋ยส่วนใหญ่ยังไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ที่ควรใส่ปุ๋ยตามความต้องการของพืช ทำให้ผลการใช้ปุ๋ยยังไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับต้นทุนในการซื้อปุ๋ย อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนปัจจัยการผลิตสูง ถึงแม้ว่าจะมีการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ *ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพตามความอุดมสมบูรณ์ดิน* เพื่อลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร (*กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558*) ซึ่งการวิเคราะห์ดินจะเป็นแนวทางในการประเมินความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อนำมาใช้ในการจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมต่อความต้องการพืชได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้การจัดการดินตามคำแนะนำการใส่ปุ๋ยจากค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของมะม่วง โดยนำผลวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ดินมาประกอบสำหรับการเลือกใช้สูตร และอัตราปุ๋ยในมะม่วง ทำให้สามารถใช้ปุ๋ยได้อย่างถูกต้อง สามารถลดต้นทุนการผลิต ทั้งยังไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างดิน
2. เครื่อง UV/Visible Spectrophotometer
3. เครื่อง Flame Photometer
4. เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง
5. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
7. สารเคมี เครื่องแก้วและวัสดุวิทยาศาสตร์อื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิธีการ

1. สํารวจและรวบรวมข้อมูลการผลิตมะม่วงของเกษตรกร

สำรวจแปลงเกษตรกร ศึกษารวบรวมข้อมูลการผลิตมะม่วง จากเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ในพื้นที่อำเภอสากเหล็ก จังหวัดพิจิตร สัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับประวัติการใช้พื้นที่ การปลูกพืช การใช้ปุ๋ย หรือการปรับปรุงดินในแต่ละแปลงเพื่อนำมาประกอบการให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และเก็บบันทึกข้อมูลการปฏิบัติดูแลแปลง ปริมาณผลผลิต และเก็บข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ โดยมีเกษตรกรที่เป็นตัวแทนและมีความพร้อมในการปฏิบัติตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน จำนวน 4 ราย ได้แก่ นายประจวบ มาใหญ่ นางสมพร ยอดจันทร์ นางราตรี สุขประเสริฐ และนายไพบุลย์ หมอนทอง

2. เก็บตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างดิน และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน

เก็บตัวอย่างดินในแปลงของเกษตรกรผิวดินให้แห้งในที่ร่ม หลังจากดินแห้งแล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดดิน และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์เนื้อดินเนื้อดิน (Texture) โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ โดยคำนวณจากปริมาณเปอร์เซ็นต์ Sand, silt และ clay วิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) โดยวิธี Walkely-Black Wet Combustion ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) โดยวิธี Phosphorus soluble in HCl + NH₄F (Bray II) method and determine Phosphorus by Ascorbic acid โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch. K) โดยวิธี NH₄OAc method (soil and water ratio = 1 : 10) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame Photometer (กรมวิชาการเกษตร, 2553ก)

3. ประเมินผลการวิเคราะห์ดินและเปรียบเทียบผลการจัดการดินตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

ประเมินปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน หลังจากวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินแล้ว ทำการประสานงานกับหน่วยงานที่ให้คำแนะนำปุ๋ยและจัดการดินที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2553ข) (Table 1) เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร

Table 1 Fertilizer application based on soil analysis for mango production

Parameter	Fertilizer rate for mango's canopy width 5 m. (g plant ⁻¹)
Organic Matter (OM, %)	
<1.5	N 1,200 g
1.5-2.5	N 600 g
>2.5	N 300 g
Available Phosphorus (Avail. P, mg/kg)	
<15	P ₂ O ₅ 400 g
15-45	P ₂ O ₅ 200 g
>45	P ₂ O ₅ 100 g
Exchangeable Potassium (Exch. K, mg/kg)	
<50	K ₂ O 1,000 g
50-100	K ₂ O 500 g
>100	K ₂ O 250 g

4. วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

เก็บข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนด้านปัจจัยการผลิตด้านการใช้ปุ๋ย เช่น ต้นทุน ผลผลิต รายได้ วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ Value Cost Ratio (VCR) เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในการปลูกมะม่วงตาม (FAO, 1984; FAO, 2003)

$$\text{Value cost ratio (VCR)} = \frac{\text{Value of increased yield obtained}}{\text{Cost of fertilizer used}}$$

$$\text{Value cost ratio (VCR)} = \frac{\text{มูลค่าจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย}}{\text{รายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย}}$$

โดยพิจารณา VCR > 2 คือ ผลตอบแทนคุ้มค่าการลงทุน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การสำรวจและรวบรวมข้อมูลการผลิตมะม่วงของเกษตรกร

จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูล การผลิตมะม่วงในพื้นที่ อำเภอสากเหล็ก จังหวัดพิจิตร พบว่า การปลูกมะม่วงของเกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่ 1 ไร่ จะมีจำนวนต้นมะม่วงประมาณ 50 ต้น แบ่งการผลิตออกเป็นปีละ 2 รุ่น คือ มะม่วงก่อนฤดูและมะม่วงในฤดู มะม่วงก่อนฤดูจะมีผลผลิตเข้าสู่ตลาดตั้งแต่ปลายเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนมกราคม ส่วนมะม่วงในฤดูจะมีผลผลิตเข้าสู่ตลาดในเดือนเมษายนของทุกปี โดยหลังจากเก็บมะม่วงในฤดูเสร็จเดือนเมษายน เกษตรกรจะตัดแต่งกิ่ง เตรียมต้นและเตรียมใบในเดือนพฤษภาคม และมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 และปุ๋ยคอก โดยมีอัตราแตกต่างกันตั้งแต่ 40-120 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่จำนวน 3-4 ครั้งต่อปี ตามระยะต่างๆ ของมะม่วง มะม่วงจะออกช่อพร้อมกันในช่วงเดือนกันยายน และเริ่มออกผลผลิตรอบแรกก่อนฤดูการตั้งแต่เดือนมกราคมและรอบสองในฤดูการจากเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงเดือนเมษายน ศัตรูมะม่วงที่พบระบาดในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเพลี้ยจักจั่น และเพลี้ยไฟ หนอนผีเสื้อเจาะผลมะม่วง แมลงวันผลไม้ และเพลี้ยแป้ง โดยมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เช่น อะบาเม็กติน แลมป์ดาไฮอาโลทริน และอิมิดาโคลพริดเพื่อกำจัดศัตรูของมะม่วง

2. สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินปลูกมะม่วงในพื้นที่อำเภอสากเหล็ก จังหวัดพิจิตร พบว่า มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) เป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง (5.1-6.6) ค่าการนำไฟฟ้าในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 0.018-0.050 dS/m จัดเป็นดินที่ไม่มีความเค็ม (กรมวิชาการเกษตร, 2553ก) ผลการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สำหรับปลูกมะม่วงตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจของกรมวิชาการเกษตร (2553ข) พบว่า มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก (1.49-2.75% และ 9-180 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch. K) อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก (70-170 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Table 2)

3. ประเมินผลการวิเคราะห์ดินและเปรียบเทียบผลการจัดการดินตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

จากการศึกษาการใช้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 8-24-24 มีการแบ่งใส่ปุ๋ย 3-4 ครั้ง ต่อปี คือ หลังตัดแต่งกิ่งในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ก่อนดอกบาน 1-2 เดือนในช่วงเดือนกรกฎาคม หลังดอกบาน 1 เดือนในช่วงเดือนกันยายน และก่อนเก็บเกี่ยว 1-2 เดือนในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน เพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตในระหว่างช่วงปลายเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายน ศึกษาอัตราการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรใช้ปุ๋ยคอกในอัตรา 500-1000 กิโลกรัมต่อไร่ และมีการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตราตั้งแต่ 86-120 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมี สูตร 8-24-24 มีการใช้อัตราตั้งแต่ 40-120 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตต่อไร่ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ย 2,518-5,676 บาทต่อไร่ (Table 3) เปรียบเทียบการจัดการดินตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดิน คำนวณการใช้ปุ๋ยเพื่อให้คำแนะนำแก่เกษตรกรแต่ละราย โดยแนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยคอกในอัตรา 500-1000 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตราตั้งแต่ 15-86 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 4-45 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตราตั้งแต่ 7-23 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตราการใช้ตั้งแต่ 9-23 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตราการใช้ตั้งแต่ 7-45 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ย 2,054-3,873 บาทต่อไร่ (Table 4) จากการผลิตมะม่วงโดยปรับใช้เทคโนโลยีกรมวิชาการเกษตรการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้เกษตรกร ลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีลงร้อยละ 50.7 (Table 3, 4)

ผลการวิเคราะห์ดินแต่ละแปลงของเกษตรกร 4 ราย จำนวน 4 แปลง จากการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในปี 2559-2561 เปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ดินในปีแรก (ปี 2558) พบว่า ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดด่าง และค่าการนำไฟฟ้าในปี 2559-2561 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ดินในปี 2558 ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเฉลี่ยร้อยละ 23.1 และเมื่อดูภาพรวมของผลวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดินของทุกแปลงในปี 2561 พบว่าผลวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเทียบกับปี 2558 ที่มีแปลงของเกษตรกรบางรายมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ เนื่องมาจากมีการแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยคอกในอัตรา 500-1000 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อปี ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเฉลี่ยร้อยละ 5.6 โดยมีแปลงของนางสมพร ยอดจันทร์ เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูงมากในปี 2560 และลดลงในปี 2561 ผล

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน พบว่า ผลการวิเคราะห์ดินในปี 2559-2561 ลดลงร้อยละ 1.3-39.4 เมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ดินในปี 2558 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินพบว่ายังอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณลดลงจากปี 2558 ก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินก่อนการปลูกมะม่วงจะช่วยให้รักษาระดับของธาตุอาหารไว้ในดิน ก่อนที่จะทำการปลูกมะม่วงในแต่ละครั้ง เพื่อทดแทนธาตุอาหารที่มะม่วงดูดใช้ และละลายไปกับน้ำ สอดคล้องกับการศึกษาของยงยุทธ และคณะ (2551) ที่พบว่า การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อปลูกพืช จะช่วยให้สามารถใส่ปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช และรักษาระดับของธาตุอาหารให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชก่อนทำการปลูก รวมทั้งสามารถลดต้นทุนการใส่ปุ๋ยได้ (Figure 1 and Table 2)

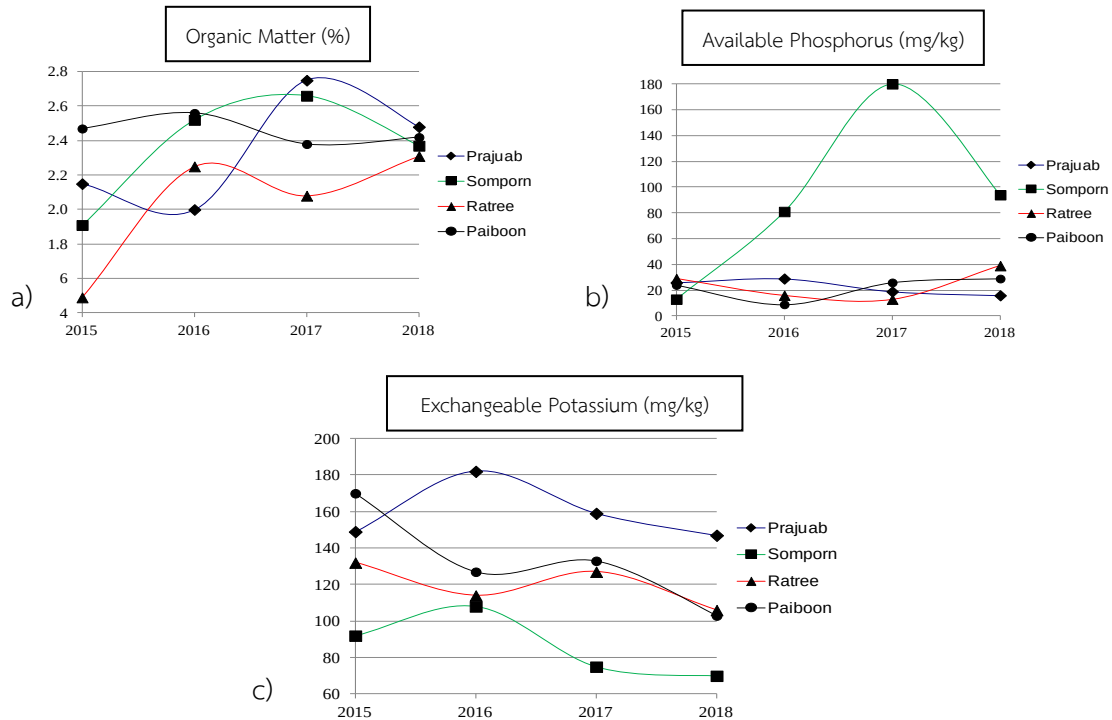


Figure 1 Soil chemical analysis during 2015 – 2018

- a) Organic Matter (%)
b) Available Phosphorus (mg/kg)
c) Exchangeable Potassium (mg/kg)

4. ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินเพื่อลดต้นทุนการผลิตมะม่วง โดยมีคำแนะนำให้มีการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 และปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ในปีการผลิต 2558-2561 พบว่า ผลผลิตมะม่วงต่อไร่เฉลี่ย 1,830-2,300 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ย 2,054-3,873 บาทต่อไร่ ให้ผลตอบแทนมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีค่า VCR (value cost ratio) มากกว่า 2 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.1 ถึง 7.6 โดยที่ค่า VCR คือ สัดส่วนระหว่างมูลค่าผลผลิตเพิ่มต่อมูลค่าปุ๋ยที่ใช้ ในขณะที่การใช้ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกรส่งผลให้การผลผลิตมะม่วงมีผลผลิตเฉลี่ย 1,580-2,080 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ย 2,518-5,676 บาทต่อไร่ ซึ่งจากการนำระบบการผลิตมะม่วงเพื่อลดต้นทุนการใช้ปุ๋ย โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินมาใช้ในพื้นที่ มีแนวโน้มช่วยลดต้นทุนการผลิต และให้ผลผลิตที่ทำให้ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่ากว่าผลผลิตมะม่วงที่มีการใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร โดยการผลผลิตมะม่วงโดยปรับใช้เทคโนโลยีการวิเคราะห์การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้เกษตรกรได้รับผลผลิตเพิ่มขึ้น 155-450 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 16.8 ทำให้มูลค่าผลผลิตเพิ่มขึ้น 4,941-18,000 บาทต่อไร่ (Table 5)

Table 2 Analysis of physical and chemical properties of soil during 2015 - 2018

Farmer's name/Years	Soil physical and chemical properties					
	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Texture
Mr. Prajuab Mayai						
2015	5.8	0.032	2.15	26	149	Loamy sand
2016	6.0	0.032	2.00	29	182	Loamy sand
2017	6.5	0.033	2.75	19	159	Loamy sand
2018	6.3	0.026	2.48	16	147	Loamy sand
Mrs. Somporn Yordjan						
2015	6.4	0.018	1.91	13	92	Loamy sand
2016	6.6	0.043	2.52	81	108	Loamy sand
2017	6.4	0.041	2.66	180	75	Loamy sand
2018	6.1	0.047	2.37	94	70	Loamy sand
Mrs. Ratree Sukprasert						
2015	5.9	0.040	1.49	29	132	Loamy sand
2016	5.3	0.048	2.25	16	114	Loamy sand
2017	5.5	0.022	2.08	13	127	Loamy sand
2018	5.1	0.038	2.31	39	106	Loamy sand
Mr. Paiboon Morntong						
2015	6.3	0.050	2.47	24	170	Loamy sand
2016	6.3	0.027	2.56	9	127	Loamy sand
2017	6.6	0.026	2.38	26	133	Loamy sand
2018	6.4	0.026	2.42	29	103	Loamy sand

Table 3 Costs of mango production by using farmer's practice fertilization during 2015 - 2018

Farmer's name/Years	Rate of fertilizer (kg/rai)			Amount (Baht/Rai)			
	Manure	15-15-15	8-24-24	Manure	15-15-15	8-24-24	Total
Mr. Prajuab Mayai							
2015	1,000	120	70	1,000	2,100	1,470	4,570
2016	1,000	120	70	1,200	2,052	1,414	4,666
2017	1,000	120	50	900	2,076	990	3,966
2018	1,000	120	50	800	2,076	1,010	3,886
Mrs. Somporn Yordjan							
2015	1,000	86	40	1,000	1,505	840	3,345
2016	-	100	40	-	1,710	808	2,518
2017	500	100	40	450	1,730	792	2,972
2018	1,000	100	40	800	1,730	808	3,338
Mrs. Ratree Sukprasert							
2015	1,000	120	120	1,000	2,100	2,520	5,620
2016	1,000	120	120	1,200	2,052	2,424	5,676
2017	1,000	120	120	900	2,076	2,376	5,352
2018	500	120	120	400	2,076	2,424	4,900
Mr. Paiboon Morntong							
2015	500	100	60	500	1,750	1,260	3,510
2016	-	100	60	-	1,710	1,212	2,922
2017	1,000	100	60	900	1,730	1,188	3,818
2018	1,000	100	60	800	1,730	1,212	3,742
Remark : Fertilizer price per kilogram (baht)							
Manure :	2015 = 1.00	2016 = 1.20	2017 = 0.90	2018 = 0.80			
Fertilizer 15-15-15 :	2015 = 17.50	2016 = 17.30	2017 = 17.10	2018 = 17.20			
Fertilizer 8-24-24 :	2015 = 21.00	2016 = 20.20	2017 = 19.80	2018 = 20.20			

Table 4 Costs of mango production by using fertilizer recommendation based on soil test during 2015 - 2018

Farmer's name/ Years	Rate of fertilizer (kg/rai)						Amount (Baht / Rai)						
	Manure	15-15-15	8-24-24	46-0-0	0-0-60	13-13-21	Manure	15-15-15	8-24-24	46-0-0	0-0-60	13-13-21	Total
Mr. Prajuab Mayai													
2015	500	68	45	23	-	-	500	1,190	945	345	-	-	2,980
2016	1,000	15	4	7	15	7	1,200	260	81	104	275	134	2,054
2017	500	68	45	23	-	-	450	1,163	891	340	-	-	2,844
2018	500	68	45	23	-	-	400	1,170	909	347	-	-	2,826
Mrs. Somporn Yordjan													
2015	1,000	68	23	-	9	7	1,000	1,190	483	-	164	133	2,970
2016	500	27	14	23	23	-	600	467	283	343	421	-	2,114
2017	500	27	45	7	9	-	450	462	891	104	169	-	2,076
2018	500	68	45	23	9	-	400	1,170	909	347	164	-	2,990
Mrs. Ratree Sukprasert													
2015	1,000	68	23	23	-	45	1,000	1,190	483	345	-	855	3,873
2016	500	45	23	23	18	-	600	779	465	343	329	-	2,515
2017	500	45	23	23	18	-	450	770	455	340	338	-	2,354
2018	500	45	23	23	18	-	400	774	465	347	328	-	2,314
Mr. Paiboon Morntong													
2015	500	68	45	23	-	-	500	1,190	945	345	-	-	2,980
2016	1,000	15	4	7	15	9	1,200	260	81	104	275	173	2,092
2017	500	68	45	23	9	-	450	1,163	891	340	169	-	3,013
2018	500	68	45	23	9	-	400	1,170	909	347	164	-	2,990
Remark :	Fertilizer price per kilogram (baht)												
	Manure :	2015 =1.00	2016 =1.20	2017 =0.90	2018 =0.80		Fertilizer 46-0-0 :	2015 =15.00	2016 =14.90	2017 =14.80	2018 =15.10		
	Fertilizer 15-15-15 :	2015 =17.50	2016 =17.30	2017 =17.10	2018 =17.20		Fertilizer 0-0-60 :	2015 =18.20	2016 =18.30	2017 =18.80	2018 =18.20		
	Fertilizer 8-24-24 :	2015 =21.00	2016 =20.20	2017 =19.80	2018 =20.20		Fertilizer 13-13-21 :	2015 =19.00	2016 =19.20	2017 =19.50	2018 =19.20		

Table 5 Value to cost ratio (VCR) of during 2015-2018

Farmer's name/Years	Yield (Famer's practice fertilization) (kg/rai)	Yield (fertilizer recommendation based on soil test) (kg/rai)	Increased yield obtained (kg/rai)	Value of increased yield obtained (baht/rai)	Cost of fertilizer used (baht/rai)	VCR *
Mr. Prajuab Mayai						
2015	1,800	2,153	353	14,191	2,980	4.8
2016	1,919	2,245	326	11,573	2,054	5.6
2017	1,884	2,172	288	11,520	2,844	4.1
2018	1,734	2,148	414	12,627	2,826	4.5
Mrs. Somporn Yordjan						
2015	1,980	2,273	293	11,779	2,970	4.0
2016	1,855	2,015	160	5,680	2,114	2.7
2017	2,080	2,254	174	6,960	2,076	3.4
2018	1,944	2,289	345	10,523	2,990	3.5
Mrs. Ratree Sukprasert						
2015	1,980	2,300	320	12,864	3,873	3.3
2016	1,753	2,180	427	15,159	2,515	6.0
2017	1,663	2,113	450	18,000	2,354	7.6
2018	1,972	2,134	162	4,941	2,314	2.1
Mr. Pailboon Morntong						
2015	1,580	1,830	250	10,050	2,980	3.4
2016	1,755	1,910	155	5,503	2,092	2.6
2017	1,680	2,100	420	16,800	3,013	5.6
2018	1,672	2,050	378	11,529	2,990	3.9

Remark : * Value cost ratio (VCR) = $\frac{\text{Value of increased yield obtained}}{\text{Cost of fertilizer used}}$

Cost of fertilizer used

VCR was more than 2.0 showing satisfactory risk coverage against investment fertilizer use

Price of mangoes : 2015 = 36.00 Baht/kg 2016 = 35.50 Baht/kg

2017 = 38.50 Baht/kg 2018 = 30.50 Baht/kg

สรุปผลทดลอง

1. การผลิตมะม่วงโดยปรับใช้เทคโนโลยีกรมวิชาการเกษตร การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทน มากขึ้นถึง 4,941-18,000 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.2
2. การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตมะม่วงในพื้นที่อำเภอ สากเหล็ก จังหวัดพิจิตร จะทำให้เกษตรกรลดต้นทุนปุ๋ยเคมีร้อยละ 50.7
3. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในวิธีการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำจากค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 16.8

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ระบบการผลิตมะม่วงแบบลดต้นทุนการผลิตโดยการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ช่วยลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยในระบบการผลิตมะม่วงเพื่อให้ได้คุณภาพสามารถส่งออกต่างประเทศได้ นอกจากจะอาศัยความรู้เรื่องการจัดการดินและปุ๋ยแล้ว ควรมีการจัดการเกี่ยวกับโรคและแมลงศัตรูที่สำคัญอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้มีการจัดการที่ถูกต้อง การใช้สารเคมีที่ถูกต้องตามชนิด อัตรา และช่วงเวลา อันจะส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนด้านปัจจัยเคมีได้มากขึ้น และทำให้ได้รับผลตอบแทนการผลิตมากขึ้น

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นักวิชาการนำข้อมูลที่ได้ไปประเมิน และวางแผนงานวิจัยเพื่อให้ตอบรับกับความต้องการของเกษตรกร และเกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงในพื้นที่ของตนเอง
2. เกษตรกรทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินภายในพื้นที่ของตนเอง ทำให้เกษตรกรสามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ดิน และวางแผนการใช้ปัจจัยการผลิตให้เหมาะสมกับพืช หรือพื้นที่
3. สามารถขยายผลการพัฒนาการผลิตมะม่วงคุณภาพ จากการประเมินและการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ช่วยลดต้นทุนของปุ๋ยในระบบการผลิตมะม่วง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ กลุ่มวิจัยปฐพี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรในการให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำการใช้ปุ๋ย และการจัดการดินสำหรับปลูกมะม่วง ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ให้ความร่วมมืออนุเคราะห์ข้อมูลการผลิตมะม่วง และเข้าร่วมทดสอบการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในกิจกรรมดูแลสุขภาพดินน้ำเพื่อเกษตรกร คุณประจวบ มาใหญ่ คุณสมพร ยอดจันทร์ คุณราตรี สุขประเสริฐ และคุณไพฑูรย์ หมอนทอง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553ก. *คู่มือวิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์: A handbook of soil analysis (Chemical and physical methods)*. กรุงเทพฯ. 79 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2553ข. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. เอกสารวิชาการลำดับที่ 001/2553 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 120 หน้า.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2561. รายงานสถิติการเพาะปลูกพืช กลุ่มพืชไม้ผล มะม่วงแปลงใหญ่ แหล่งข้อมูล: http://www.doae.go.th/report_main_land_02.php.report_type=2 สืบค้นเมื่อวันที่ 28 เมษายน 2561.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. นโยบายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี 2559 ปีแห่งการ “ลดต้นทุน” การผลิตทางการเกษตร. แผ่นพับ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และเขวาลิต ฮงประยูร. 2551. *ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. ตารางปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2555-2560. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (ระบบออนไลน์) แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th/view/1/TH-TH> สืบค้นเมื่อวันที่ 5 เมษายน 2561
- Food and Agricultural Organization of the United Nations. 1984. Fertilizer and Plant Nutrition Guide. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 9*. 176 p.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2003. Price and Profitability of Fertilizers. *Fertilizer Use by Crop in Poland*. Rome. Italy. 89 p.

การตรวจติดตามให้คำแนะนำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1-8

Follow-Up Assessment of Fertilizer Laboratory in The Office of Agricultural Research and Department Region 1-8

รัตนารณณ์ คชวงศ์ พงศ์พิศ แก้วสุข ทองจันทร์ พิมพ์เพชร ชญาพร คงนาม ศุภากร ดวนใหญ่ สงกรานต์ มะลิสอน
อาธิยา ปุ่นประโคน ศุภศิษยา ทาหาร จีรรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ วรรณรัตน์ ชุตินบุตร

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การตรวจติดตามให้คำแนะนำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1-8 (สวพ. 1-8) เป็นกิจกรรมตามโครงการพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรสู่มาตรฐาน เพื่อร่วมให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการวิเคราะห์ทดสอบ ตลอดจนพัฒนาเทคนิคในกระบวนการวิเคราะห์กับผู้ปฏิบัติงานจริง พร้อมทั้งถ่ายทอดวิธีทดสอบตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559 ดำเนินการตั้งแต่ปีงบประมาณ 2559 ถึง 2561 รวมทั้งสิ้น 16 รายการทดสอบ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน ไบยูเรตไนโตรเจนยูเรีย แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด เหล็กทั้งหมด สังกะสีทั้งหมด แมงกานีสทั้งหมด ทองแดงทั้งหมด โมลิบดีนัม โบรอน คลอไรด์ และอินทรีวัตต์ โดยทำการเปรียบเทียบผลทดสอบ Test Sample กับห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ผลการดำเนินงาน พบว่า ค่าวิเคราะห์ Test Sample ของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคทั้ง 8 แห่ง มีค่า RPD ผ่านเกณฑ์ยอมรับในรายการทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน ไบยูเรตไนโตรเจนยูเรีย แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ เหล็กทั้งหมด สังกะสีทั้งหมด แมงกานีสทั้งหมด ทองแดงทั้งหมด และอินทรีวัตต์ แต่รายการทดสอบกำมะถันทั้งหมดไม่ผ่านเกณฑ์ 1 ห้องปฏิบัติการ ส่วนรายการทดสอบโมลิบดีนัม โบรอน และคลอไรด์ ยังอยู่ระหว่างดำเนินการ

คำสำคัญ : การตรวจติดตาม ห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ปุ๋ย ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม องค์ประกอบไนโตรเจน อินทรีวัตต์ คลอไรด์

คำนำ

ประเทศไทยมีการกำกับดูแลการขออนุญาตนำเข้าปุ๋ยเข้ามาในราชอาณาจักร การขึ้นทะเบียนปุ๋ยก่อนการผลิต รวมทั้งการดำเนินคดีกับผู้กระทำความผิดเกี่ยวกับคดีปุ๋ยตามกฎหมายภายใต้พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เพื่อรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกรไทย ซึ่งต้องอาศัยการพิจารณาผลการทดสอบปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยจากห้องปฏิบัติการเป็นหลัก การดำเนินการเหล่านี้เป็นไปเพื่อปกป้องเกษตรกรไม่ให้ถูกเอาเปรียบจากผู้ค้าปุ๋ยบางรายที่ยังคงมีการผลิตจำหน่ายปุ๋ยปลอมและปุ๋ยผิดมาตรฐาน หรือการนำเข้าปุ๋ยเสื่อมคุณภาพมาวางจำหน่ายและเร่ขายตามแหล่งชุมชนโดยเฉพาะในส่วนภูมิภาค กรมวิชาการเกษตรจึงให้ความสำคัญต่อการทำงานของห้องปฏิบัติการที่ควบคุมกำกับดูแลตามกฎหมายให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งกรม เมื่อผลวิเคราะห์ทดสอบที่รายงานออกไปมีมาตรฐานในระดับสากลย่อมเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือแก่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของรัฐบาล

ในปี 2551 กลุ่มวิจัยเกษตรเคมีซึ่งมีภารกิจในการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยได้ดำเนินการพัฒนาคุณภาพการวิเคราะห์ทดสอบจนได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 จากกรมวิทยาศาสตร์บริการ และเป็นจุดเริ่มต้นให้กลุ่มวิจัยเกษตรเคมีเป็นศูนย์กลางระหว่างเครือข่ายนักวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร ภาคราชการอื่นๆ และภาคเอกชน (จรรยาและคณะ, 2552) โดยกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (กปผ.) หรือสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (สพผ.) ในขณะนั้น และ สวพ. 1-8 ได้ร่วมกันพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยส่วนภูมิภาคเพื่อดำเนินการให้ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล กลุ่มวิจัยเกษตรเคมีจึงเป็นแกนนำจัดทำโครงการพัฒนาและสร้างมาตรฐานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยกรม

วิชาการเกษตร เพื่อสร้างมาตรฐานการให้บริการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสำหรับห้องปฏิบัติการเครือข่ายตรวจสอบคุณภาพปฏิกิริยา โดยส่งเจ้าหน้าที่ของส่วนกลางซึ่งมีความชำนาญเฉพาะด้านไปปฏิบัติงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ของส่วนภูมิภาค ณ สวพ. 1-8 เมื่อปี 2552 เพื่อให้คำแนะนำกระบวนการด้านเทคนิค ได้แก่ วิธีการเตรียมตัวอย่างปฏิกิริยา วิธีทดสอบหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในซีเตรท และโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ พร้อมทั้งรวบรวมปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานเพื่อจัดทำแผนดำเนินการแก้ปัญหา (วรรณรัตน์และคณะ, 2552) หลังจากนั้นได้มีการประสานความร่วมมือให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการ การของบประมาณและการเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการเพื่อขอการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ด้านการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพปฏิกิริยา (อมราและคณะ, 2557) นอกจากนี้ยังมีการควบคุมเฝ้าระวังคุณภาพการวิเคราะห์ทดสอบทั้งของส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ได้แก่ การจัดทำโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปฏิกิริยา (Proficiency Testing ; PT) ทุกปี การจัดกิจกรรมเปรียบเทียบความสามารถของห้องปฏิบัติการโดยใช้ตัวอย่างเทียบผล (Check Sample) ทุก 2 เดือน และการจัดทำวัสดุอ้างอิงภายใน (Internal Reference Material) สำหรับใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิงภายในโดยแจกจ่ายให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปฏิกิริยาทั้ง สวพ. และภาคเอกชนมาตั้งแต่ปี 2555 (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2556) ต่อมาในปี 2556 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปฏิกิริยาของส่วนภูมิภาคเองได้ดำเนินการจัดทำระบบคุณภาพภายใต้คณะทำงานพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สวพ.1-8 จนประสบความสำเร็จสามารถขอการรับรองระบบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ได้ทั้ง 8 แห่ง โดยมีกลุ่มวิจัยเกษตรเคมีและกลุ่มวิจัยวัตถุเคมีพิษการเกษตร กปผ. เป็นที่ปรึกษา จึงเป็นการยกระดับมาตรฐานของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาค สร้างความเชื่อมั่นให้ผู้ใช้บริการวิเคราะห์ปฏิกิริยา และทำให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงการให้บริการได้ทั่วประเทศ (ยลศรีและคณะ, 2557)

ในปัจจุบันงานบริการวิเคราะห์ของกรมวิจัยเกษตรเคมียังคงดำเนินการอย่างต่อเนื่องควบคู่กับการควบคุมคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 และยังได้รับมอบหมายจากกรมฯ ให้ดำเนินการจัดทำมาตรฐานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปฏิกิริยาเพื่อเปรียบเทียบและพัฒนาผลการทดสอบปฏิกิริยาให้มีมาตรฐานเดียวกัน โดยผลการดำเนินงานกิจกรรม PT และ Check Sample ซึ่งการประเมินผลที่ผ่านมาพบว่าห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคบางแห่งมีผลการประเมินบางรายการทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์ติดต่อกันหลายครั้ง แสดงว่าสาเหตุและแนวทางแก้ไขที่แจ้งมายังกลุ่มวิจัยเกษตรเคมีอาจไม่ใช่ต้นเหตุของปัญหาที่แท้จริง นอกจากนี้ยังมีห้องปฏิบัติการบางแห่งยังไม่พร้อมส่งผลการทดสอบบางรายการเข้าร่วมกิจกรรมดังกล่าว ทำให้ทราบว่าห้องปฏิบัติการยังขาดความพร้อมด้านเทคนิคหรือขาดความเชื่อมั่นที่จะให้บริการทดสอบในหลายรายการ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด องค์กรประกอบไนโตรเจน (แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และยูเรียไนโตรเจน) ธาตุอาหารรอง (แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด) ธาตุอาหารเสริม (เหล็กทั้งหมด สังกะสีทั้งหมด แมงกานีสทั้งหมด ทองแดงทั้งหมด โมลิบดีนัมและโบรอน) และอินทรีย์วัตถุ ทั้งที่มีความสามารถในการควบคุมคุณภาพการทดสอบอยู่แล้ว

ดังนั้นเพื่อให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปฏิกิริยาของกรมวิชาการเกษตรยังคงเป็นที่ยอมรับและปฏิบัติงานได้ตามวัตถุประสงค์ของกรมฯ ส่วนกลางและส่วนภูมิภาคจึงควรร่วมมือกันตรวจสอบหาแนวทางแก้ไขทางด้านเทคนิค ซึ่งกิจกรรมการตรวจติดตามให้คำแนะนำห้องปฏิบัติการ สวพ. 1-8 ตามโครงการพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรสู่มาตรฐานได้เริ่มดำเนินการในปีงบประมาณ 2559 จนถึงปัจจุบัน โดยส่งเจ้าหน้าที่ไปยังห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคทั้ง 8 แห่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อร่วมให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการวิเคราะห์ ตลอดจนร่วมกันพัฒนาเทคนิคในกระบวนการวิเคราะห์กับผู้ปฏิบัติงานจริง โดยดำเนินการสาธิตและถ่ายทอดวิธีวิเคราะห์ในรายการทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน ไบยูเรต ในปฏิกิริยา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด เหล็กทั้งหมด สังกะสีทั้งหมด แมงกานีสทั้งหมด ทองแดงทั้งหมด โมลิบดีนัม โบรอน คลอไรด์ และอินทรีย์วัตถุ รวม 16 รายการ โดยนำวิธีทดสอบตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ.2559 (ราชกิจจานุเบกษา, 2560) ดำเนินการตามวิธีที่เหมาะสมกับเครื่องมือหลักซึ่งห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคมีอยู่ขณะนั้นและดำเนินการสาธิตซ้ำในรายการเดิมหากห้องปฏิบัติการได้รับเครื่องมือหลักชนิดใหม่ในภายหลัง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความมั่นใจให้กับเจ้าหน้าที่ในการให้บริการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีให้กับกลุ่มควบคุมตามพระราชบัญญัติ หรือผู้ขอรับบริการเพื่อการขึ้นทะเบียน

การปฏิบัติงานครั้งนี้หวังผลให้เกิดประโยชน์แก่ประชาชนโดยสามารถใช้บริการห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปฏิกิริยาของกรมวิชาการเกษตรในพื้นที่เพื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปุ๋ยในท้องตลาดซึ่งมีการแข่งขันกันเปลี่ยนแปลงพัฒนาสูตรและส่วนผสมตามการผลิตพืชในท้องถิ่น รวมทั้งเป็นแนวทางให้ห้องปฏิบัติการสามารถขอขยายขอบข่ายการรับรองมาตรฐานเพิ่มขึ้นในอนาคต

วิธีดำเนินการ

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมีดำเนินกิจกรรมการตรวจติดตามให้คำแนะนำห้องปฏิบัติการ สวพ.1-8 โดยสถิติวิธีทดสอบตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559 ร่วมกับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ. 1-8

ขั้นตอนดำเนินงาน

1. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

เจ้าหน้าที่ส่วนกลางร่วมกันพิจารณาข้อมูลการประเมินผลของกิจกรรมเปรียบเทียบความสามารถของห้องปฏิบัติการโดยใช้ตัวอย่างเทียบผล (Check Sample) ที่ผ่านมา เพื่อทราบแนวโน้มของรายการทดสอบปุ๋ยซึ่งอาจเกิดความบกพร่องต่อคุณภาพการให้บริการของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาค ตรวจสอบรายการเครื่องมือหลักรวมทั้งสอบถามปัญหาและความต้องการด้านเทคนิคของห้องปฏิบัติการจากเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาคโดยตรง

2. เตรียมการลงพื้นที่

เจ้าหน้าที่ส่วนกลางร่วมกันกำหนดรายการทดสอบปุ๋ยที่จะดำเนินการสถิติวิธีทดสอบและเตรียมสารเคมีที่จำเป็นต้องนำไปด้วยรวมทั้งตัวอย่างปุ๋ยสำหรับการสถิติวิธีทดสอบ (Test Sample) โดยประสานกับผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคแต่ละแห่งเพื่อเตรียมความพร้อมทางเทคนิคและจัดทำแผนการปฏิบัติงาน

3. การปฏิบัติงานด้านเทคนิควิธีวิเคราะห์ปุ๋ยของกลุ่มวิจัยเกษตรเคมีร่วมกับส่วนภูมิภาค

3.1 ดำเนินการสถิติวิธีทดสอบตามรายการทดสอบที่กำหนดไว้

3.2 เปรียบเทียบผลทดสอบกับห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี แล้วประเมินผลโดยใช้ค่าความแตกต่างสัมพัทธ์ (Relative Percentage Difference ; RPD) เกณฑ์การพิจารณาดัง Table 1

Table 1 Expected relative percentage difference as a function of analyte concentration

Analyte (%)	0.001 > and ≤0.01	0.01 > and ≤0.1	0.1 > and ≤1.0	1.0 > and ≤4.0	4.0 > and < 10.0	≥ 10.0
RPD (%)	≤100	≤50	≤20	≤15	≤10	≤5

$$RPD = \frac{|\text{ผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาค} - \text{ผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการ กกค.}| \times 100}{\text{ค่าเฉลี่ยของทั้งสองห้องปฏิบัติการ}}$$

3.3 เมื่อผลการประเมิน %RPD เกินเกณฑ์ยอมรับที่กำหนด เจ้าหน้าที่ส่วนกลางและส่วนภูมิภาคจะร่วมกันหาสาเหตุและแนวทางแก้ไข เพื่อจัดทำรายงานสรุปผลภาพรวมด้านความพร้อมของห้องปฏิบัติการและแจ้งปัญหาอุปสรรคที่อาจส่งกระทบต่อผลการทดสอบเสนอต่อผู้บังคับบัญชาของ กปผ. และ สวพ.

ระยะเวลา เริ่มต้น ธันวาคม 2558 สิ้นสุด กรกฎาคม 2561

สถานที่ดำเนินงาน

- 1) ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่
- 2) ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 2 ต.วังทอง อ.วังทอง จ.พิษณุโลก
- 3) ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 3 ต.ศิลา อ.เมือง จ.ขอนแก่น
- 4) ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 4 ต.ท่าช้าง อ.สว่างวีระวงศ์ จ.อุบลราชธานี
- 5) ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 5 ต.บางหลวง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท
- 6) ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 6 ต.ตะปอน อ.ขลุง จ.จันทบุรี
- 7) ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี
- 8) ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา
- 9) ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการดำเนินงานและวิจารณ์

1. ผลการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

จากการประเมินผล Check Sample พบว่า รายการทดสอบที่มีแนวโน้มจะเกิดความบกพร่องต่อคุณภาพการให้บริการของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาค ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ไนเตรทไนโตรเจน แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด และอินทรีย์วัตถุ โดยได้รับข้อมูลเครื่องมือหลักปัจจุบันและปัญหาด้านเทคนิคของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 ไนโตรเจนและองค์ประกอบไนโตรเจน

ห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคทั้ง 8 แห่ง ใช้เตาย่อยตัวอย่างปุ๋ย (Block Digestion) และเครื่องกลั่นไนโตรเจน (Auto Distillation) เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์ทดสอบ แตกต่างกับส่วนกลางซึ่งใช้เครื่องย่อยและกลั่นไนโตรเจน (Macro Kjeldahl Distillation Apparatus) นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคแต่ละแห่งยังมีเทคนิคในการปรับสภาวะของเครื่องมือและใช้สารเคมีสำหรับการทดสอบแตกต่างกันโดยดัดแปลงจากคู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีของกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สปพ. กรมวิชาการเกษตร ปี 2551

1.2 ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม

ห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคทั้ง 8 แห่ง มีเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) และ UV-VIS Spectrophotometer สำหรับให้บริการวิเคราะห์ทดสอบธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปัจจัยการผลิต แตกต่างกับส่วนกลางซึ่งใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) โดยในปี 2559 มีห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคได้รับเครื่อง ICP-OES 4 แห่ง ต่อมาในปี 2560 และ 2561 ได้รับเพิ่มอีก 1 และ 2 แห่ง ตามลำดับ แต่ส่วนใหญ่ยังไม่สามารถให้บริการวิเคราะห์ทดสอบตัวอย่างปุ๋ยได้ เนื่องจากสภาวะเครื่อง ICP-OES ยังไม่พร้อมใช้งานและผู้ปฏิบัติงานยังขาดความชำนาญในการควบคุมระบบการทำงานของเครื่อง ICP-OES

2. การเตรียมการลงพื้นที่

ดำเนินการวางแผนการปฏิบัติงานตามลำดับความพร้อมของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคเป็นหลัก เพื่อสาธิตวิธีทดสอบ 16 รายการ รวมทั้งรายการทดสอบอื่นๆ ส่วนภูมิภาคประสบปัญหา โดยแบ่งการปฏิบัติงานเป็น 3 ครั้ง ดังนี้

2.1 ครั้งที่ 1 ปีงบประมาณ 2559 สาธิตวิธีทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน ยูเรีย ไนโตรเจน ไบยูเรตในปุ๋ยยูเรีย แคลเซียมทั้งหมด แมกนีเซียมทั้งหมด และกำมะถันทั้งหมด

2.2 ครั้งที่ 2 ปีงบประมาณ 2560 สาธิตวิธีทดสอบหลักทั้งหมด สังกะสีทั้งหมด แมงกานีสทั้งหมด ทองแดงทั้งหมด และอินทรีย์วัตถุ

2.3 ครั้งที่ 3 ปีงบประมาณ 2561 สาธิตวิธีทดสอบโมลิบดีนัม โบรอน และคลอไรด์

3. ผลการปฏิบัติงานด้านเทคนิควิธีวิเคราะห์ปุ๋ยของกลุ่มวิจัยเกษตรเคมีร่วมกับส่วนภูมิภาค

3.1 ผลการดำเนินงานสาธิตวิธีทดสอบให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยส่วนภูมิภาคระหว่างปีงบประมาณ 2559-2561 ดังแสดงใน Table 2

3.2 ผลการทดสอบตัวอย่างปุ๋ย (Test Sample) เพื่อเปรียบเทียบผลทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมีกับส่วนภูมิภาค ตามวิธีทดสอบที่ห้องปฏิบัติการมีความพร้อมด้านเครื่องมือหลัก ดังแสดงใน Table 3

3.3 ผลการหาสาเหตุและแนวทางแก้ไขเมื่อผลทดสอบ Test Sample แตกต่างกัน พบว่าเมื่อปรับปรุงกระบวนการทางเทคนิคและทดสอบซ้ำแล้ว ส่วนใหญ่ผลทดสอบมีค่า %RPD ผ่านเกณฑ์การยอมรับ

3.3.1 ไนโตรเจนทั้งหมด

สาเหตุ 1) เครื่องมือหลักของส่วนกลางและส่วนภูมิภาคแตกต่างกันจึงทำให้ไม่สามารถใช้ปริมาณสารเคมีต่างๆ เช่นเดียวกับที่ระบุตามประกาศกระทรวงฯ ได้ โดยสภาวะการทำงานของเครื่องย่อยและเครื่องกลั่นไนโตรเจนยังมีความแตกต่างกันตามข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง เช่น ความสม่ำเสมอของกระแสไฟ แรงดันน้ำ อายุการใช้งานของเครื่องมือ เป็นต้น

แนวทางแก้ไข 1) ปรับสัดส่วนปริมาณสารเคมีและปรับสภาวะของเครื่องกลั่น เช่น แรงดันไอน้ำ และเวลาในการกลั่นให้เหมาะสม โดยทดสอบว่าสามารถกลั่นไนโตรเจนออกมาได้หมด

3.3.2 ไนเตรทไนโตรเจน

- สาเหตุ 1) การกลั่นแอมโมเนียมไนโตรเจนของส่วนภูมิภาคยังใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในขณะที่ส่วนกลางใช้แมกนีเซียมออกไซด์ตามประกาศกระทรวงฯ เมื่อนำผลทดสอบมาคำนวณเป็นค่าไนเตรทไนโตรเจนจึงได้ผลต่างกัน
- แนวทางแก้ไข 1) แนะนำให้ปรับเปลี่ยนวิธีการกลั่นแอมโมเนียมไนโตรเจนโดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ตามประกาศกระทรวงฯ

3.3.3 แคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ Atomic Absorption Spectrophotometric Method

- สาเหตุ 1) การย่อยตัวอย่างของส่วนภูมิภาคใช้กรด HClO_4 ซึ่งทำให้เกิดผลึกสีขาวในสารละลายตัวอย่าง
2) การวัดด้วยเครื่อง AAS โดยไม่เต็มสารป้องกันการรบกวนสัญญาณการวัดจากธาตุอื่นๆ
3) ใช้อุปกรณ์ในการเจือจางสารละลายตัวอย่างไม่เหมาะสม
- แนวทางแก้ไข 1) ปรับเปลี่ยนวิธีการย่อยตัวอย่างตามประกาศกระทรวงฯ จึงได้สารละลายตัวอย่างที่ย่อยสมบูรณ์จนใส
2) เติมสารละลาย Strontium chloride ($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 10% ของปริมาตรสุดท้ายทั้งในสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน (Working Standard)
3) เปลี่ยนชนิดและเครื่องแก้วปริมาตรสำหรับการเจือจางสารละลายให้เหมาะสม

3.3.4 แคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method

- สาเหตุ 1) อัตราการไหลของสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างต่างกัน
2) สัญญาณของเครื่องมือไม่เสถียร
- แนวทางแก้ไข 1) ใช้สารละลายกรดไนตริก 2% ปรับปริมาตรสารละลายมาตรฐานเพื่อให้ความหนืดและอัตราการไหลใกล้เคียงกับสารละลายตัวอย่าง
2) ปรับสภาวะอุปกรณ์ป้อนตัวอย่างอัตโนมัติของเครื่อง ICP-OES ให้มีอัตราการดูด-จ่ายเหมาะสมหากยังไม่สามารถแก้ไขได้ ควรติดต่อฝ่ายเทคนิคของบริษัทมาตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ

3.3.5 กำหนดทั้งหมด Turbidimetric Method

- สาเหตุ 1) ผู้ปฏิบัติงานไม่ชำนาญการควบคุมขั้นตอนการวิเคราะห์ความขุ่นซึ่งต้องจับเวลาหลังเติม Barium chloride (BaCl_2 Crystal) ที่ทำหน้าที่พองตะกอนและต้องวัดให้ทันในช่วงเวลาที่กำหนด
2) สารเคมีของส่วนภูมิภาคและส่วนกลางให้ผลการทดสอบต่างกัน
- แนวทางแก้ไข 1) ฝึกฝนให้มีความชำนาญในการปฏิบัติงาน
2) ทดลองเปลี่ยนยี่ห้อหรือรุ่นการผลิตสารเคมีที่มีผลโดยตรงต่อการทดสอบ

3.3.6 กำหนดทั้งหมด Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method

- สาเหตุ 1) เจ้าหน้าที่ไม่มีข้อมูลสำหรับการตั้งสภาวะการทำงานของเครื่องมือ
2) สัญญาณของเครื่องมือไม่เสถียร
- แนวทางแก้ไข 1) ช่วยตั้งสภาวะการทำงานและสร้าง Method ลงในโปรแกรมควบคุมการทดสอบ หากยังไม่สามารถทดสอบได้แนะนำให้ติดต่อบริษัทผู้จำหน่ายเครื่อง ICP-OES มาทำการตรวจสอบแก้ไข
2) ใช้แก๊สไนโตรเจนร่วมกับแก๊สอาร์กอนเพื่อช่วยให้สัญญาณเสถียร

3.3.7 อินทรีย์วัตถุ Walkley and Black Method

- สาเหตุ 1) การไตเตรทด้วยเครื่องไตเตรทอัตโนมัติซึ่งมีอายุการใช้งานมานานและไม่มีการสอบเทียบทำให้ผลทดสอบมีความคลาดเคลื่อนสูงและยังแตกต่างกับการไตเตรทด้วยมือ
2) ผลทดสอบมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากในขั้นตอนการเติมสารละลาย Oxidizing agent เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิค่อนข้างเย็น หรือใช้เวลาทำปฏิกิริยาน้อยเกินไป
- แนวทางแก้ไข 1) แนะนำให้ไตเตรทด้วยมือที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว
2) แนะนำให้ทำการเติมสารละลาย Oxidizing agent ในสภาวะอุณหภูมิห้องปกติและใช้เวลาทำปฏิกิริยา 16 ชั่วโมง ตามประกาศกระทรวงฯ เนื่องจากอุณหภูมิและระยะเวลาส่งผลต่อการทำปฏิกิริยาของการทดสอบ

ข้อเสนอแนะเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

- 1) การรายงานผลองค์ประกอบไนโตรเจน ได้แก่ AN, NN และ UN แนะนำให้ใช้ Nitrate Test และ Ammonium Test มาประกอบการพิจารณา
- 2) การรายงานผลธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเมื่อมีค่า ≥ 1.0 ให้รายงานทศนิยม 1 ตำแหน่ง เมื่อมีค่า < 1 รายงานทศนิยม 2 ตำแหน่ง

สรุปผลการดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคมีศักยภาพในการวิเคราะห์ทดสอบตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ.2559 โดยการเปรียบเทียบผลทดสอบ Test Sample กับส่วนกลางมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ยอมรับทั้ง 8 ห้องปฏิบัติการ ในรายการทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน ไบยูเรตไนโตรเจน แคลเซียมทั้งหมด แมกนีเซียมทั้งหมด เหล็กทั้งหมด สังกะสีทั้งหมด แมงกานีสทั้งหมด ทองแดงทั้งหมด และอินทรีย์วัตถุ ส่วนรายการทดสอบกำมะถันทั้งหมดผ่านเกณฑ์ยอมรับ 7 ห้องปฏิบัติการ ปัจจุบันในปีงบประมาณ 2561 ผลการทดสอบ Test Sample ในรายการทดสอบโมลิบดีนัม โบรอน และคลอไรด์ มีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ยอมรับแล้ว 4, 4 และ 5 ห้องปฏิบัติการ ตามลำดับ โดยยังอยู่ระหว่างดำเนินการ 3 ห้องปฏิบัติการ

รายการทดสอบที่ส่วนภูมิภาคประสบปัญหาผลการประเมิน Check Sample หรือ Test Sample ไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งก่อนและหลังการสาธิตวิธีทดสอบ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ไนเตรทไนโตรเจน แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด และอินทรีย์วัตถุ มีสาเหตุจากความแตกต่างของเครื่องมือหลัก เจ้าหน้าที่ขาดความชำนาญ และมีอุปสรรคเฉพาะพื้นที่ เช่น ความไม่สม่ำเสมอของกระแสไฟฟ้า ระบบการผลิตน้ำกลั่นยังไม่เพียงพอ การขนส่งแก๊สมีข้อจำกัด

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ได้ร่วมรับรู้ปัญหาและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคแต่ละแห่งเพื่อเป็นข้อมูลการปฏิบัติงานและช่วยเหลือกันระหว่างเครือข่ายนักวิเคราะห์ปุ๋ย เช่น ห้องปฏิบัติการที่ยังไม่สามารถดำเนินการทดสอบด้วยเครื่อง ICP-OES ในรายการแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถัน เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง โมลิบดีนัม และโบรอน เนื่องจากเครื่องมือมีปัญหาต้องรอการแก้ไขทางเทคนิคจากบริษัทผู้ผลิต หากการแก้ไขแล้วเสร็จต้องมีการตรวจติดตามเพื่อถ่ายทอดวิธีวิเคราะห์ที่ติดค้างอยู่ต่อไป

คำขอบคุณ

การปฏิบัติงานครั้งนี้เริ่มต้นจากการบุกเบิกของผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์ทดสอบและผู้บริหารในอดีตที่สร้างเครือข่ายนักวิเคราะห์ปุ๋ยไว้เป็นสายสัมพันธ์ให้นักวิเคราะห์ส่วนกลางและส่วนภูมิภาครุ่นหลังได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านวิชาการเพื่อพัฒนาคุณภาพห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตรไปด้วยกัน โดยทุกฝ่ายมีเจตนาเดียวกันคือการให้บริการวิเคราะห์ทดสอบปุ๋ยที่มีคุณภาพ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ขอรับบริการและผู้กำกับดูแลคุณภาพปุ๋ยตามมาตรการทางกฎหมายในท้องที่ ในการนี้จึงขอขอบคุณความร่วมมือจากผู้บริหาร สวพ. 1-8 อีกทั้งเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาคทุกท่าน และขอขอบคุณผู้บริหารรวมถึงเจ้าหน้าที่ กปพ. ทุกฝ่ายที่ให้คำแนะนำและการสนับสนุนมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2556. ผลงานบริการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. หน้า 145-152. ใน : เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ ประจำปี 2556. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร 15-17 กรกฎาคม 2556 ณ โรงแรมชลพฤกษ์ รีสอร์ท นครนายก. จริยา ประศาสน์ศรีสุภาพ อมรา หาญจวนิช จิตติมา ยถาภูษานนท์ วรณรัตน์ ชุตินุตร จีร์รัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ นิลดา ปานอินทร์ จริยา วงศ์ตรี พรศักดิ์ สังข์ศักดิ์ หองจันทร์ พิมพ์เพชร ขญาพร คงนาม และสงกรานต์ มะลิสอน. 2552. การได้รับการรับรองห้องปฏิบัติการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพปุ๋ยตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025. หน้า 128-140. ใน : เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ ประจำปี 2552. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร 27-29 พฤษภาคม 2552 ณ โรงแรมราวินทรา บีช รีสอร์ท แอนด์สปา ชลบุรี.

ยลิศร์ อินทรสถิตย์ วิทยา อภัย ศักดิ์สิทธิ์ จรรยากรณ์ นาดยา จันทร์ส่อง จิราภา เมืองคล้าย เกษสิริ ฉันทพิริยะพูน อรพิน หนูทอง
สร้อยญา ช่วงพิมพ์ อมรา หาญจวนิช วรณรัตน์ ชุตติบุตร ประภัสสร พิมพ์พันธุ์ นงพงา โอลเสน เนาวรัตน์ ตังมั่นคงวรกุล
อาทิตยา พงษ์ชัยสิทธิ์ สิริพร มะเจี้ยว เบญจมาศใจแก้ว สุธิณี สาลี่ลัง พรศิริ สายะพันธ์ วิภาพร เกียรตินิติประวัติ
อรัญญา ลุนจันทา วัชรพร ศรีสว่างวงศ์ ปริยานุช สายสุพรรณ ณิชฐชัยธร ชัตติยะพุดเมธ จารุพงศ์ ประสพสุข
รัชดาวัลย์ อัมรินทร์ บังอร แสนคาน อธิพิล บังพรม สุพัตรา รงฤทธิ์ สุภาพร บังพรม มณฑาทิพย์ อรุณวารกรณ์
กัญญารัตน์ เต็มปิยพล อาภรณ์ ทองบุราณ สมชาย ฉันทพิริยะพูน อุมพร รักษาพราหมณ์ ขนิษฐา วงษ์นิกร
ประไพ หงษา ดาวันภา ช่องวารินทร์ เฉลิมพล เอี่ยมพลับ สิริฉัตร เขาวนุฒิกุล นิกร โคตรสมบัติ จิตติลักษณ์ เหมาะ
อนนท์ สุขสวัสดิ์ สวาทิรี เขมวงศ์ พิรุณ ติระพัฒน์ และเยาวลักษณ์ แสงแก้ว. 2558.
ห้องปฏิบัติการเครือข่ายมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2005 ในส่วนภูมิภาคเพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งและมั่นคงทางการ
เกษตรก้าวสู่ผู้นำ AEC. หน้า 183-224. ใน : ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2557. กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ราชกิจจานุเบกษา. 2560. เล่ม 134 ตอนพิเศษ 2 ง, หน้า 24.

วรรณรัตน์ ชุตติบุตร จริรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ จริยา วงศ์ตรี สงกรานต์ พระอังคาร ศุภากร ดวนใหญ่ พงศ์พิศ แก้วสุข อาธิยา ปุ่นประโคน
และรัตนกร ลพพิงชู. 2552. ปฏิบัติการร่วมในการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย กรมวิชาการเกษตร. หน้า 368-377.
ใน : ผลการปฏิบัติงาน ประจำปีงบประมาณ 2551 เล่มที่ 1/2. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กรมวิชาการเกษตร.

อมรา หาญจวนิช วรณรัตน์ ชุตติบุตร จริยา วงศ์ตรี วิทยา อภัย ชัยศักดิ์ แผ้วพลสง นาดยา จันทร์ส่อง จิราภา เมืองคล้าย
เกษสิริ ฉันทพิริยะพูน อรพิน หนูทอง อนนท์ สุขสวัสดิ์ และจริยา ประศาสน์ศรีสุภาพ. 2557. การพัฒนาคุณภาพและ
มาตรฐานให้บริการห้องปฏิบัติการเครือข่ายตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กรมวิชาการเกษตร. หน้า 1-10. ใน : เอกสาร
ประกอบการประชุมวิชาการ 2557. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร 10-12 มิถุนายน 2557
ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่ นครราชสีมา.

Table 2 Parameter to follow-up assessment of fertilizer laboratory in the office of agricultural research and department region (OARD) 1-8 : 2016-2018 (Update 18/5/2018)

OARD	Time :Year	Parameter														
		AN	NN	UN	Biuret	CaO	MgO	S	Fe	Zn	Mn	Cu	Mo	B	Cl	OM
1	1:2016	✓	✓	✓	0	✓	✓	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:2017				✓			✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	✓
	3:2018												0	0	✓	
2	1:2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:2017								✓	✓	✓	✓	0	0	0	✓
	3:2018												✓	✓	✓	
3	1:2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:2017								✓	✓	✓	✓	0	0	0	✓
	3:2018*												0	0	0	
4	1:2016	✓	✓	✓	✓	0	0	✓	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:2017					✓	✓		✓	✓	✓	✓	0	0	0	✓
	3:2018*												0	0	0	
5	1:2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:2017							✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	✓
	3:2018*												0	0	0	
6	1:2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:2017								✓	✓	✓	✓	0	✓	0	✓
	3:2018												✓		✓	
7	1:2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:2017								✓	✓	✓	✓	0	0	0	✓
	3:2018												✓	✓	✓	
8	1:2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	0	0	0	0	0
	2:2017								✓	✓	✓	✓	0	0	0	✓
	3:2018												✓	✓	✓	

Note ✓ Demonstrate how to analysis.
0 Did not demonstrate how to analyze
* During operation

Table 3 Assessment of test sample for each method (Update 18/5/2018)

No.	Parameter	Method	Laboratory	Assessment of	
				Pass	Fail
1	Total nitrogen (TN)	Kjeldahl Method	8	8	0
2	Ammonium nitrogen (AN)	Magnesium Oxide Method	8	8	0
3	Nitrate nitrogen (NN)	Devarda Method	8	8	0
4	Urea nitrogen (UN)	Kjeldahl Method for Nitrate Free	8	8	0
5	Calcium oxide (CaO)	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	5	5	0
		Atomic Absorption Spectrophotometric Method	4	4	0
6	Magnesium oxide (MgO)	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	5	5	0
		Atomic Absorption Spectrophotometric Method	4	4	0
7	Total sulfur (S)	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	4	4	0
		Turbidimetric Method	8	7	1
8	Biuret	Copper Complex Method	8	8	0
9	Total iron (Fe)	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	6	6	0
		Atomic Absorption Spectrophotometric Method	4	4	0
10	Total zinc (Zn)	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	6	6	0
		Atomic Absorption Spectrophotometric Method	4	4	0
11	Total manganese (Mn)	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	6	6	0
		Atomic Absorption Spectrophotometric Method	4	4	0
12	Total copper (Cu)	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	6	6	0
		Atomic Absorption Spectrophotometric Method	4	4	0
13	Organic matter (OM)	Walkley and Black Method	8	8	0
14	Molybdenum (Mo)*	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	4	4	0
		Sodium Thiocyanate Method	0	0	0
15	Boron (B)*	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopic Method	4	4	0
		Azomethine H Method	1	1	0
16	Chloride (Cl)*	Argentometric Method	5	5	0

Note : * During operation

.

ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ของบูทราลิน และไทรเนกซาแพก-เอทิล ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

Method Validation of Butralin and Trinexapac-ethyl in Plant Growth Regulator Products

สุพิศสา ทองเขียว เพชรรัตน์ ศิริวิ นันทกานต์ ขุนโหร มนต์ชัย อินทร์ท่าอิฐ สาธิตา โพธิ์น้อย

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ Butralin และ Trinexapac-ethyl ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นในห้องปฏิบัติการโดยใช้เทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟี ที่มีตัวตรวจวัดชนิด Photo Diode Array Detector (PDA) ได้สภาวะที่เหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ คือ คอลัมน์ SunfireTM ขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.6 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร อุณหภูมิคอลัมน์ 30 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อ นาที ปริมาตรการฉีด 10 ไมโครลิตร สำหรับ Butralin ใช้อัตราส่วน Mobile phase 80:20 (Acetonitrile:น้ำ) ความยาวคลื่น 240 นาโนเมตร ส่วน Trinexapac-ethyl ใช้อัตราส่วน 80:20 (Methanol : 0.5% H₃PO₄) ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร วิธีนี้มีความจำเพาะเจาะจง และไม่มีมารบกวนของสารอื่น จากการทดสอบพบว่าช่วงความเข้มข้นของการวัดที่เป็นเส้นตรงของสาร Butralin อยู่ในช่วงความเข้มข้น 25-500 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วงของการใช้งานอยู่ในช่วง ความเข้มข้น 25-250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99998 และ 0.99998 ตามลำดับ และ Trinexapac-ethyl พบว่าช่วงความเข้มข้นของการวัดที่เป็นเส้นตรง อยู่ในช่วงความเข้มข้น 10-100 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนช่วงของการใช้งานอยู่ในช่วงความเข้มข้น 10-60 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99998 และ 0.99997 ตามลำดับ ซึ่งเกณฑ์ยอมรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ≥ 0.995 ตรวจสอบความเที่ยงสำหรับค่า Repeatability และ Intermediate precision ประเมินด้วย HorRat มีค่าอยู่ในช่วง 0.19-0.47 ซึ่งไม่เกิน 2 ตามเกณฑ์พิจารณาของ AOAC จากการตรวจสอบความแม่นยำ โดยประเมินจาก %Recovery การทดสอบสาร Butralin มี %Recovery เท่ากับ 101.51, 99.71 และ 99.51 ตามลำดับ ส่วนสาร Trinexapac-ethyl มี %Recovery เท่ากับ 98.82, 99.50 และ 98.71 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วง 98-102% ตามเกณฑ์พิจารณาสำหรับสารที่มีความเข้มข้นมากกว่า 10% การตรวจสอบ Robustness/Ruggedness ของการวิเคราะห์สาร Butralin และ Trinexapac-ethyl จากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ โดยประเมินค่าทางสถิติ t-test พบว่า ค่า $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ แสดงว่าผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดสอบดังกล่าวพบว่า คุณลักษณะเฉพาะของวิธีเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ Butralin และ Trinexapac-ethyl ด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟี จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์ของสารดังกล่าวในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

คำสำคัญ: การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี บูทราลิน ไทรเนกซาแพก-เอทิล สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

คำนำ

Butralin มีชื่อ IUPAC N-butan-2-yl-4-tert-butyl-2,6-dinitroaniline ชื่อทางเคมี Butraline Dibutalin Rutralin Tamex สูตรโมเลกุล C₁₄H₂₁N₃O₄ มวลโมเลกุลเท่ากับ 295.339 g mol⁻¹ ลักษณะโครงสร้างสารแสดงดัง Figure 1(a) ออกฤทธิ์เป็นสารกำจัดวัชพืช Dinitroaniline ประเภทเจาะจงพืช ใช้ควบคุมและกำจัดวัชพืชใบกว้าง ประเภทล้มลุก และวัชพืชใบแคบพวกหญ้าต่างๆ และนำมาเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของตาข้างยาสูบ

Trinexapac-ethyl มีชื่อ IUPAC คือ 4-(cyclopropyl-hydroxy-methylene)-3,5-dioxo-cyclohexanecarboxylic acid ethyl ester ชื่อทางเคมี 4-(cyclopropylhydroxymethylene)-3,5-dioxo-cyclohexanecarboxylic acid ethyl ester สูตรโมเลกุล C₁₃H₁₆O₅ น้ำหนักโมเลกุล 252.266 g mol⁻¹ ลักษณะโครงสร้างสารแสดงดัง Figure 1(b) Trinexapac-ethyl ใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช มีฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างฮอร์โมน Gibberellin หลังจากการพ่นทางใบให้กับพืชสารเคมี

จะมีการเคลื่อนย้ายไปยังเนื้อเยื่อเจริญทำให้ความยาวข้อหรือปล้องลดลงแต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักผลผลิต น้ำหนักลำต้นในช่วงการเก็บเกี่ยว และนำมาใช้กับธัญพืช เช่น ข้าวบาเลย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี (Paul, 2013) นอกจากนี้ยังใช้กับการควบคุมหญ้าในสนามกอล์ฟ อ้อย ดาวเรืองและกุหลาบหนู

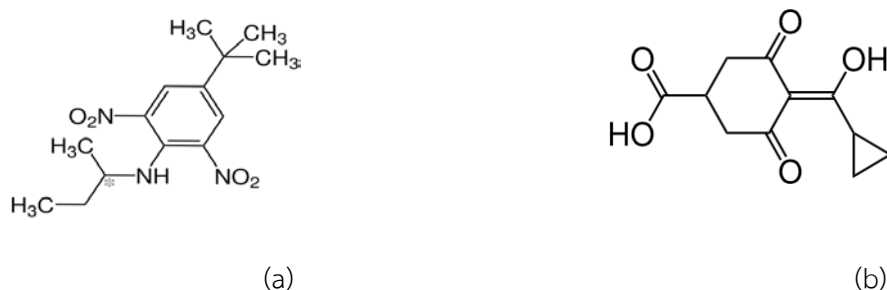


Figure 1 Chemical structure of (a) butralin and (b) trinexapac-ethyl

สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดมีวิธีวิเคราะห์ที่จำเพาะเจาะจง ห้องปฏิบัติการสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มีการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ของตัวอย่างสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เพื่อการขึ้นทะเบียนและนำเข้าวัตถุดิบตาม พ.ร.บ. วัตถุอันตราย 2535 ยังไม่มีวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ Butralin และ Trinexapac-ethyl วิธีวิเคราะห์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้มาจากวิธีวิเคราะห์ของเอกสารวิจัย บทความ หรือเอกสารบริษัท ดังนั้นเพื่อความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือในการรายงานผลการวิเคราะห์จึงต้องมีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Method validation) โดยการตรวจสอบค่า Selectivity/Specificity Working range Linearity Accuracy Precision และ Robustness/Ruggedness เป็นต้น โดย Working range คือ การหาช่วงความเข้มข้น หรือ ปริมาณของสารที่ใช้ทดสอบที่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ Linearity คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น หรือปริมาณของสารที่วิธีวิเคราะห์สามารถทำได้กับสัญญาณ ที่ตรวจวัดได้ (Response) เป็นเส้นตรง Accuracy คือ ความใกล้เคียงกันระหว่างผลการวิเคราะห์ที่ได้จากวิธีทดสอบกับค่าอ้างอิงจากตัวอย่างเดียวกัน Precision คือ การตรวจสอบความใกล้เคียงกันระหว่างข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ซ้ำ แสดงผลในรูปของ %RSD (ทิพวรรณ, 2549) Selectivity/Specificity คือความจำเพาะของวิธีทดสอบที่สามารถวัดและแยกเฉพาะสารที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ Robustness/Ruggedness คือความแข็งแกร่งและความคงทนของวิธี เป็นคุณลักษณะที่แสดงความสามารถของวิธีที่ผลการทดสอบจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพียงเล็กน้อยจาก สภาวะปกติ (นันทนาและนุชนาท, 2555) ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีเพื่อนำมาเป็นวิธีมาตรฐานสำหรับห้องปฏิบัติการและใช้เป็นข้อมูลในการยื่นขอการรับรองห้องปฏิบัติการให้เป็นไปตามมาตรฐานตามระบบ ISO/IEC 17025 ด้วย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่อง High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) ที่มีตัวตรวจวัดชนิด PDA
2. เครื่องชั่งความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว
3. เครื่อง Ultrasonic bath
4. อุปกรณ์การกรอง ได้แก่ Suction pump เครื่องแก้ว และกระดาษกรอง 0.2 ไมโครเมตร
5. เครื่องแก้วที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว ได้แก่ Volumetric flask class A ขนาด 10, 50, 100 และ 500 มิลลิลิตร Volumetric pipette class A ขนาด 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร Beaker ขนาด 150 และ 250 มิลลิลิตร
6. วัสดุต่างๆ ได้แก่ Syringe ขนาด 5 มิลลิลิตร Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร และ Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร
7. สารมาตรฐาน Butralin 99.0% และ Trinexapac-ethyl 99.0%
8. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ Butralin 36 %W/V EC และ Trinexapac-ethyl 10 %W/V SL
9. สารเคมี ได้แก่ Acetonitrile Methanol ชนิด HPLC และ AR grade และ Ortho-phosphoric acid 85%

วิธีการ

1. การปรับตั้งสภาวะการทำงานของเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph ที่มีตัวตรวจวัดชนิด PDA แสดงดัง Table 1

Table 1 HPLC conditions for analysis of butralin and trinexapac-ethyl

Butralin*	Trinexapac-ethyl
Column : Sunfire™ 5 μ m, C18, (4.6 x 150 mm.)	Column : Sunfire™ 5 μ m, C18, (4.6 x 150 mm.)
Guard column : Sunfire 5 μ m, C18	Guard column : Sunfire 5 μ m, C18
Detector : PDA λ 240 nm	Detector : PDA λ 254 nm
Mobile phase : 80/20 (Acetonitrile/H ₂ O)	Mobile phase : 80/20 (MeOH/0.5% H ₃ PO ₄)
Flow rate : 1.0 mL/min.	Flow rate : 1.0 mL/min.
Injection Volume : 10 μ L	Injection Volume : 10 μ L

*Adapted from Ehrenstorfer, 2014

ทดสอบสภาวะการทำงานของเครื่อง HPLC ทุกครั้งก่อนทำการวิเคราะห์ โดยการฉีดสารละลายมาตรฐานปริมาณ 10 ไมโครลิตร เข้าเครื่อง HPLC ซ้ำกันหลายๆ ครั้งจนกระทั่งพื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานที่ฉีดติดต่อกันมีความแตกต่างกันไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

2. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ Butralin และ Trinexapac-ethyl

2.1 การศึกษา Selectivity/Specificity

ทดสอบโดยการฉีด สารละลาย Blank สารมาตรฐาน สารละลายตัวอย่าง Butralin และ Trinexapac-ethyl ตามสภาวะเครื่อง HPLC ของแต่ละสาร (Table 1) เพื่อดูว่ามีสารอื่นแปลกปลอมหรือมารบกวนสารออกฤทธิ์ Butralin และ Trinexapac-ethyl หรือไม่ หากวิธีสามารถทดสอบได้โดยไม่มีการรบกวนจากสารเจือปนทุกระดับ แสดงว่าวิธีนั้นมีความจำเพาะเจาะจงสูง

2.2 ตรวจสอบช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity)

2.2.1 เตรียม Stock solution ของสารมาตรฐาน Butralin ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิตร เติม Acetonitrile 25 มิลลิตร ปิดฝา นำไปแช่ด้วยเครื่อง Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile และเตรียม Stock solution ของสาร Trinexapac-ethyl ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิตร เติม Methanol 25 มิลลิตร ปิดฝา นำไปแช่ด้วย เครื่อง Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย Methanol

2.2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Butralin จาก Stock solution 6 ความเข้มข้น ครอบคลุมช่วงของการวัด ได้แก่ 25, 50, 100, 150, 200 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิตร และเตรียมสารละลายมาตรฐาน Trinexapac-ethyl จาก Stock solution 6 ความเข้มข้น ครอบคลุมช่วงของการวัด ได้แก่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายแต่ละความเข้มข้นกรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิตร เพื่อฉีดสารละลายเข้าเครื่อง HPLC

2.2.3 สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐาน (แกน x) กับ Response (แกน y) พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรงจากช่วงของการวัด โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ($r \geq 0.995$ (APHA, AWWA and WEF, 2012))

2.3 ตรวจสอบช่วงของการใช้งาน (Working range)

2.3.1 เตรียม Stock solution ของสารมาตรฐาน Butralin ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิตร เติม Acetonitrile 25 มิลลิตร ปิดฝา นำไปแช่ด้วยเครื่อง Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile และเตรียม Stock solution ของสาร Trinexapac-ethyl ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิตร เติม Methanol 25 มิลลิตร ปิดฝา นำไปแช่ด้วยเครื่อง Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย Methanol

2.3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Butralin จาก Stock solution 6 ความเข้มข้น ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน ได้แก่ 25, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร และเตรียมสารละลายมาตรฐาน Trinexapac-ethyl จาก Stock solution 6 ความเข้มข้น ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน ได้แก่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายแต่ละความเข้มข้นกรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร เพื่อฉีดสารละลายเข้าเครื่อง HPLC

2.3.3 สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐาน (แกน x) กับ Response (แกน y) พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรงจากช่วงที่ใช้งาน โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ≥ 0.995

2.4 ตรวจสอบความเข้มข้นที่แน่นอนของตัวอย่าง Butralin 36% W/V EC และ Trinexapac-ethyl 10% W/V SL

2.4.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Butralin 6 ความเข้มข้น ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน ได้แก่ 25, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร ด้วย สารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายแต่ละความเข้มข้นกรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.4.2 เตรียมสารละลายตัวอย่าง Butralin ในปริมาณที่ได้จากการคำนวณความเข้มข้นจากเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์ให้อยู่ในช่วงของกราฟมาตรฐาน ละลายด้วย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.4.3 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trinexapac-ethyl 6 ความเข้มข้น ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน ได้แก่ 10, 20, 30, 40, 50, และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร ด้วยสารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายแต่ละความเข้มข้นกรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.4.4 เตรียมสารละลายตัวอย่าง Trinexapac-ethyl ในปริมาณที่ได้จากการคำนวณความเข้มข้นจากเปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์ให้อยู่ในช่วงของกราฟมาตรฐาน ละลายด้วย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร ฉีดสารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างตามสภาวะที่กำหนดของแต่ละสาร โดยฉีดสารละลายมาตรฐานซ้ำกันหลายๆ ครั้ง จนค่าของพื้นที่ใต้พีคที่ฉีดแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ จึงทำการตรวจวิเคราะห์โดยฉีดสารละลายตัวอย่างเปรียบเทียบกับกราฟของสารมาตรฐาน

2.5 ตรวจสอบความเที่ยง (Precision)

2.5.1 ตรวจสอบ Repeatability

ตรวจสอบ Precision สำหรับ Repeatability ซึ่งเป็นการทดสอบจากห้องปฏิบัติการเดียวกัน ผู้ทดสอบ คนเดียวกัน เครื่องมือชุดเดียวกัน ในเวลาเดียวกัน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน Butralin 6 ความเข้มข้น เพื่อทำ Standard calibration curve ครอบคลุม ช่วงที่ใช้งาน ได้แก่ 25, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร ด้วย สารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

เตรียมสารละลายตัวอย่าง Butralin ความเข้มข้น 36, 108 และ 180 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile เขย่าให้เข้ากัน ปิเปตสารละลาย 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นปิเปตสารละลาย 1, 3 และ 5 มิลลิลิตร อย่างละ 10 ซ้ำ ใส่ใน Volumetric flask 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร เพื่อฉีดสารละลายเข้าเครื่อง HPLC

เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trinexapac-ethyl 6 ความเข้มข้น เพื่อทำ Standard calibration curve ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน ได้แก่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร ด้วย สารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

เตรียมสารละลายตัวอย่างของสาร Trinexapac-ethyl ความเข้มข้น 10, 30 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Methanol เขย่าให้เข้ากัน ปิเปตสารละลาย 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นปิเปต

สารละลาย 1, 3 และ 5 มิลลิลิตร อย่างละ 10 ซ้ำ ใส่ใน Volumetric flask 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร เพื่อฉีดสารละลายเข้าเครื่อง HPLC

คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative standard deviation) และประเมินด้วย HorRat โดยต้องมีค่าไม่เกิน 2 (AOAC, 2016)

$$\text{คำนวณ \%RSD}_{\text{exp}} = \frac{SD \times 100}{\bar{x}}$$

ประเมิน Precision โดยใช้ HorRat

$$\text{HorRat} = \%RSD_{\text{exp}} / \%RSD_r$$

คำนวณ Predicted Horwitz RSD ตามสูตร

$$\%RSD_r = 0.66 \times 2^{(1-0.5 \log C)}$$

C = Concentration ratio

2.5.2 ตรวจสอบ Intermediate precision

ตรวจสอบ Precision สำหรับ Intermediate precision ซึ่งเป็นการทดสอบจากห้องปฏิบัติการเดียวกัน ผู้ทดสอบคนเดียวกัน เครื่องมือชุดเดียวกัน ทดสอบในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่าง ดังข้อ 2.5.1 คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative standard deviation) และประเมินด้วย HorRat โดยต้องมีค่าไม่เกิน 2 ตามเกณฑ์พิจารณา AOAC ซึ่งคำนวณและประเมินค่า HorRat เช่นเดียวกับข้อ 2.5.1

2.6 ตรวจสอบความแม่นยำ (Accuracy)

2.6.1 เตรียม Stock solution ของสารมาตรฐาน Butralin และ Trinexapac-ethyl

เตรียมสารมาตรฐาน Butralin ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน Acetonitrile 200 มิลลิลิตร ปิดฝา นำไปเขย่าด้วยเครื่อง Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile ส่วนสาร Trinexapac-ethyl เตรียมความเข้มข้นของสารให้มีความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน Methanol 200 มิลลิลิตร ปิดฝา นำไปเขย่าด้วยเครื่อง Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย Methanol

2.6.2 เตรียม Stock sample ของ Butralin และ Trinexapac-ethyl

เตรียมสารละลายตัวอย่าง Butralin ความเข้มข้น 36% W/V โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile ปิดฝา เขย่าให้เข้ากัน ปิเปตสารละลาย 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile ปิดฝา เขย่าให้เข้ากัน

เตรียมสารละลายตัวอย่าง Trinexapac-ethyl ความเข้มข้น 10% W/V โดยปิเปตสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Methanol ปิดฝา เขย่าให้เข้ากัน ปิเปตสารละลาย 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย Methanol ปิดฝา เขย่าให้เข้ากัน

2.6.3 เตรียมสารละลายมาตรฐานเพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน Butralin 6 ความเข้มข้น เพื่อทำ Standard calibration curve ครอบคลุมช่วง ที่ใช้งาน ได้แก่ 25, 50, 100, 150, 200 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร ด้วย สารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายแต่ละความเข้มข้นกรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trinexapac-ethyl 6 ความเข้มข้น เพื่อทำ Standard calibration curve ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน ได้แก่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับ ปริมาตร ด้วย สารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายแต่ละความเข้มข้นกรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.6.4 เตรียมสารละลาย Unfortified samples

ปิเปตสารละลาย Butralin จาก Stock sample ข้อ 2.6.2 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 10 ข้ว ปรับปริมาตรด้วย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน และปิเปตสารละลาย Trinexapac-ethyl จาก Stock sample ข้อ 2.6.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 10 ข้ว ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร ฉีดสารละลายเข้าเครื่อง HPLC โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานข้อ 2.6.3 เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอน

2.6.5 เตรียมสารละลาย Fortified samples

ปิเปตสารละลาย Butralin จาก Stock sample ข้อ 2.6.2 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 3 ชุด ชุดละ 10 ข้ว เติมสารละลาย Stock solution ของสารมาตรฐาน Butralin จากข้อ 2.6.1 ปริมาตร 0.5, 2 และ 4 มิลลิลิตร อย่างละ 10 ข้ว ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน และปิเปตสารละลาย Trinexapac-ethyl จาก Stock sample ข้อ 2.6.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 3 ชุด ชุดละ 10 ข้ว เติมสารละลาย Stock solution ของสารมาตรฐาน Trinexapac-ethyl จากข้อ 2.6.1 ปริมาตร 1, 3 และ 5 มิลลิลิตร อย่างละ 10 ข้ว ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองด้วย Syringe filter ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร ฉีดสารละลายเข้าเครื่อง HPLC โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานข้อ 2.6.3

ประเมินค่า Accuracy จากค่า %Recovery ดังนี้

$$\% \text{Recovery} = (C_f - C_u) \times 100 / C_A$$

เมื่อ

C_f = ความเข้มข้นของสาร Butralin หรือ Trinexapac-ethyl ในสารละลาย Fortified samples

C_u = ความเข้มข้นของสาร Butralin หรือ Trinexapac-ethyl ในสารละลาย Unfortified samples

C_A = ความเข้มข้นของสาร Butralin หรือ Trinexapac-ethyl ที่เติม

2.7 ตรวจสอบ Robustness/Ruggedness

วิเคราะห์ตัวอย่าง Butralin และ Trinexapac-ethyl เช่นเดียวกันกับข้อ 2.5.1 โดยทำการเปลี่ยนอัตราส่วนของสารละลาย Mobile phase ซึ่งการวิเคราะห์ Butralin มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ Mobile phase จาก 80:20 เป็น 75:25 (Acetonitrile: H_2O) และส่วนการวิเคราะห์ Trinexapac-ethyl มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ Mobile phase จาก 80:20 เป็น 70:30 ($MeOH:0.5\%H_3PO_4$) นำผลทดสอบที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative standard deviation) และประเมินค่าทางสถิติ t-test

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ Butralin และ Trinexapac-ethyl ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดยตรวจสอบ Selectivity/Specificity Linearity Working range Precision Accuracy และ Robustness/Ruggedness ได้ผลการทดสอบดังนี้

1. ผลการตรวจสอบ Selectivity/Specificity

จากผลการตรวจสอบ Selectivity/Specificity โดยพิจารณาจากโครมาโทแกรมของสารละลาย Blank สารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่างของสาร Butralin แสดงดัง Figure 2 (a-c) และโครมาโทแกรมของสาร Trinexapac-ethyl แสดงดัง Figure 3 (d-f) พบว่าไม่มีสารแปลกปลอมอื่นมารบกวนพีกของสารออกฤทธิ์ที่วิเคราะห์ได้ แสดงว่าวิธีวิเคราะห์นี้มี Selectivity/Specificity สำหรับสารดังกล่าว

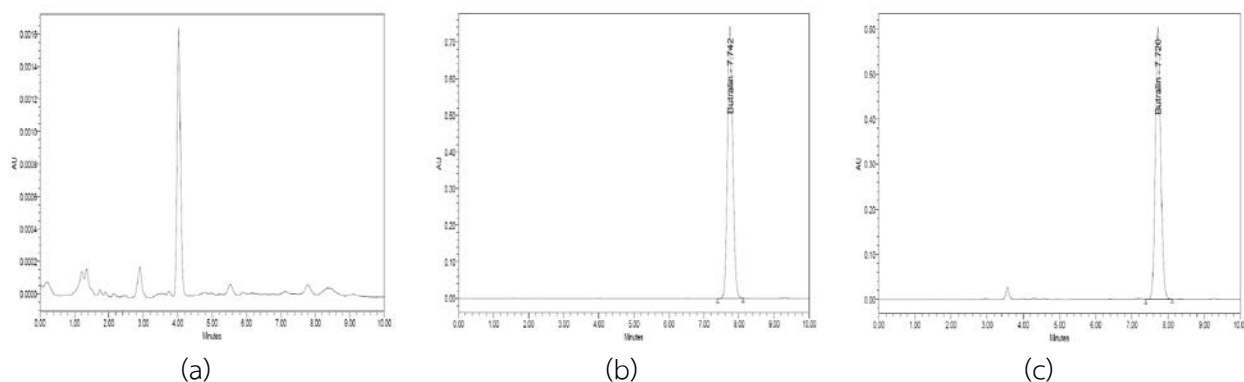


Figure 2 Chromatogram of (a) Blank solution (b) standard solution and (c) sample solution of butralin

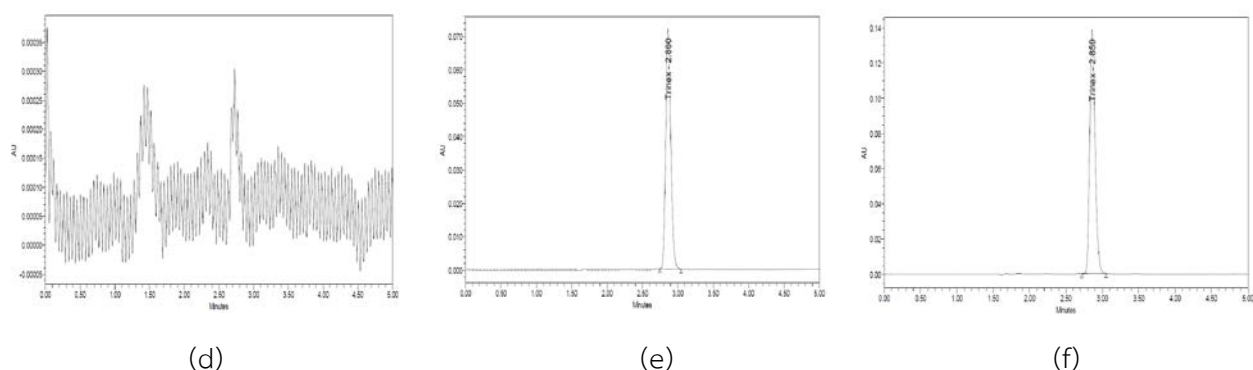


Figure 3 Chromatogram of (d) blank solution (e) standard solution and (f) sample solution of trinexapac-ethyl

2. ผลการศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity)

ตรวจสอบช่วงความเป็นเส้นตรง พบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของสาร Butralin อยู่ในช่วงความเข้มข้น 25-500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99998 ส่วนสาร Trinexapac-ethyl มีช่วงความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วงความเข้มข้น 10-100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99998 ซึ่งผ่านเกณฑ์ยอมรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ≥ 0.995

3. ผลการศึกษาช่วงของการใช้งาน (Working range)

ตรวจสอบช่วงของการใช้งาน พบว่าช่วงของการใช้งานของสาร Butralin อยู่ในช่วงความเข้มข้น 25-250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99998 ส่วนสาร Trinexapac-ethyl มีช่วงของการวัดอยู่ในช่วงความเข้มข้น 10-60 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99997 ซึ่งผ่านเกณฑ์ยอมรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ≥ 0.995

4. ผลการตรวจสอบความเข้มข้นที่แน่นอนของสารตัวอย่าง Butralin และ Trinexapac-ethyl

ความเข้มข้นที่แน่นอนของสาร Butralin และ Trinexapac-ethyl เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.03 %W/V %RSD เท่ากับ 0.32 และ 10.10 %W/V %RSD เท่ากับ 0.36 ตามลำดับ เกณฑ์ยอมรับ %RSD ≤ 2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ จึงสามารถนำไปใช้สำหรับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ Butralin และ Trinexapac-ethyl ในขั้นตอนการตรวจสอบ Precision และ ตรวจสอบ Accuracy

5. ผลการตรวจสอบ Precision

5.1 ตรวจสอบ Precision สำหรับ Repeatability ของสาร Butralin ที่ระดับความเข้มข้น 36, 108 และ 180 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.24, 37.03 และ 36.83 %W/V ตามลำดับ SD เท่ากับ 0.13, 0.12 และ 0.13 ตามลำดับ %RSD เท่ากับ 0.36, 0.32 และ 0.34 ตามลำดับ ประเมินด้วย HorRat เท่ากับ 0.24, 0.21 และ 0.22 ตามลำดับ ตรวจสอบ Precision สำหรับ Repeatability ของสาร Trinexapac-ethyl ที่ระดับความเข้มข้น 10, 30 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.13, 10.10 และ 10.08 %W/V ตามลำดับ SD เท่ากับ 0.05, 0.04 และ 0.05 ตามลำดับ %RSD เท่ากับ 0.52, 0.36 และ 0.54 ตามลำดับ ประเมินด้วย HorRat เท่ากับ 0.28, 0.19 และ 0.29 ตามลำดับ

5.2 ตรวจสอบ Precision สำหรับ Intermediate precision ของสาร Butralin ที่ระดับความเข้มข้น 36, 108 และ 180 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.66, 36.94 และ 36.93 %W/V ตามลำดับ SD เท่ากับ 0.21, 0.18 และ 0.11 ตามลำดับ %RSD เท่ากับ 0.56, 0.49 และ 0.31 ตามลำดับ ประเมินด้วย HorRat เท่ากับ 0.37, 0.32 และ 0.20 ตามลำดับ

ตรวจสอบ Precision สำหรับ Intermediate precision ของสาร Trinexapac-ethyl ที่ระดับความเข้มข้น 10, 30 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.26, 10.11 และ 10.13 %W/V ตามลำดับ SD เท่ากับ 0.08, 0.06 และ 0.09 ตามลำดับ %RSD เท่ากับ 0.81, 0.61 และ 0.87 ตามลำดับ ประเมินด้วย HorRat เท่ากับ 0.44, 0.33 และ 0.47 ตามลำดับ

6. ผลการตรวจสอบความแม่นยำ (Accuracy)

ตรวจสอบ Accuracy โดยการหา %Recovery พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงในสารละลายตัวอย่าง 3 ระดับความเข้มข้น ระดับละ 10 ขั้ว สำหรับสาร Butralin คือ 25, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า %Recovery ได้เท่ากับ 101.51, 99.71 และ 99.53 ตามลำดับ (Table 2) สำหรับสาร Trinexapac-ethyl คือ 10, 30 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า %Recovery ได้เท่ากับ 98.82, 99.50 และ 98.71 ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์ยอมรับที่ 98-102 เปอร์เซ็นต์ ตามเกณฑ์การพิจารณาสำหรับสารที่มีความเข้มข้นมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ของ AOAC ดังนั้นวิธีวิเคราะห์นี้สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ Butralin และ Trinexapac-ethyl ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชได้อย่างถูกต้อง

Table 2 %Recovery of butralin at the three level of concentrations

No.	Conc. Added (25mg/l)			Conc. Added (100mg/l)			Conc. Added (200mg/l)		
	Unfortified samples	Fortified samples	Recovery (%)	Unfortified samples	Fortified samples	Recovery (%)	Unfortified samples	Fortified samples	Recovery (%)
1	21.70	47.16	101.63	21.55	121.75	99.98	21.55	221.60	99.80
2	21.73	47.10	101.22	21.48	121.25	99.54	21.72	220.27	99.05
3	21.55	47.06	101.79	21.64	121.12	99.25	21.75	219.76	98.78
4	21.47	46.66	100.52	21.59	121.58	99.77	21.68	220.45	99.16
5	21.75	47.18	101.52	21.63	121.76	99.90	21.62	222.06	99.99
6	21.73	47.19	101.60	21.74	121.56	99.59	21.74	221.75	99.78
7	21.56	47.05	101.73	21.62	122.13	100.29	21.67	221.30	99.59
8	21.70	47.16	101.60	21.57	121.86	100.07	21.61	221.68	99.81
9	21.68	47.15	101.64	21.86	121.54	99.45	21.75	221.60	99.70
10	21.62	47.15	101.86	21.78	121.27	99.27	21.56	221.22	99.60
Mean		47.08	101.51		121.58	99.71		221.17	99.53
SD		0.16	0.39		0.31	0.35		0.75	0.39
%RSD		0.34	0.39		0.26	0.35		0.34	0.39

Table 3 %Recovery of trinexapac-ethyl at the three level of concentrations

No.	Conc. Added (10 mg/l)			Conc. Added (30 mg/l)			Conc. Added (50 mg/l)		
	Unfortified samples	Fortified samples	Recovery (%)	Unfortified samples	Fortified samples	Recovery (%)	Unfortified samples	Fortified samples	Recovery (%)
1	9.90	19.90	99.03	10.04	40.32	99.91	9.99	60.16	99.32
2	9.85	19.85	99.03	9.97	40.02	99.16	10.01	60.14	99.24
3	10.05	20.05	99.03	9.99	39.96	98.91	9.89	60.13	99.47
4	10.03	20.02	98.87	9.98	40.17	99.61	9.97	59.95	98.96
5	9.98	19.87	97.97	10.03	40.89	101.80	10.01	59.63	98.24
6	9.91	19.86	98.53	10.05	40.84	101.59	9.96	59.78	98.64
7	9.98	19.92	98.43	9.99	39.72	98.11	10.01	59.86	98.70
8	10.14	20.10	98.55	9.89	39.86	98.88	9.97	59.53	98.13
9	9.99	20.08	99.92	9.97	39.86	98.63	10.00	59.23	97.47
10	10.05	20.04	98.83	9.99	39.80	98.37	10.06	60.02	98.92
Mean		19.97	98.82		40.14	99.50		59.84	98.71
SD		0.10	0.51		0.42	1.28		0.30	0.62
%RSD		0.49	0.52		1.04	1.28		0.51	0.63

7. ผลการตรวจสอบ Robustness/Ruggedness

7.1 ผลการตรวจสอบ Robustness/Ruggedness ของวิธีการวิเคราะห์ Butralin โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ Mobile phase ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ และมีการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้ จำนวน 2 ชุดข้อมูล ข้อมูลละ 10 ซ้ำ พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติของทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $t_{exp} < t_{crit}$, ($t_{ex}=0.43$ $t_{crit}=2.10$)

7.2 ผลการตรวจสอบ Ruggedness ของวิธีการวิเคราะห์ Trinexapac-ethyl โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ Mobile phase ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ และมีการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้ จำนวน 2 ชุดข้อมูล ข้อมูลละ 10 ซ้ำ พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติของทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $t_{exp} < t_{crit}$, ($t_{ex}=0.75$ $t_{crit}=2.10$)

สรุปผลการทดลอง

ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ Butralin และ Trinexapac-ethyl ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยเทคนิคคลิวิตโครมาโทกราฟี ซึ่งวิธีนี้มีความจำเพาะเจาะจง (Selectivity/Specificity) เนื่องจากไม่มีการรบกวนของสารอื่น จากการทดสอบ พบว่าช่วงของการใช้งาน และค่าความเป็นเส้นตรง ของสาร Butralin และ Trinexapac-ethyl โดยพิจารณาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (r) ≥ 0.995 ค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์ยอมรับ ตรวจสอบ ความเที่ยง Repeatability มีค่า HorRat อยู่ในช่วง 0.19-0.29 และแบบ Intermediate precision มีค่า HorRat อยู่ในช่วง 0.20-0.47 ซึ่งไม่เกิน 2 ตามเกณฑ์การพิจารณา AOAC จากการตรวจสอบความแม่นยำของสาร Butralin โดยประเมินจาก %Recovery ที่ 3 ระดับความเข้มข้น มีค่าอยู่ในช่วง 99.53-101.51 ส่วนการตรวจสอบความแม่นยำของ Trinexapac-ethyl มีค่าอยู่ในช่วง 98.71-99.50 ซึ่งอยู่ในช่วง 98-102% ตามเกณฑ์พิจารณาสำหรับสารที่มีปริมาณมากกว่า 10% ตรวจสอบ Robustness/Ruggedness โดยประเมินค่าทางสถิติ t-test พบว่า $t_{exp} < t_{crit}$ นั่นคือ การวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษพบว่าคุณสมบัติเฉพาะของวิธีเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ ดังนั้นจึงสามารถนำวิธีวิเคราะห์นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง แม่นยำและเป็นที่น่าเชื่อถือได้

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

สามารถใช้เป็นวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ Butralin และ Trinexapac-ethyl ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เพื่อเป็นแนวทางในการขอรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 รวมทั้งเป็นวิธีที่สามารถเผยแพร่ให้กับห้องปฏิบัติการที่สนใจทั้งภาครัฐและภาคเอกชนในการนำวิธีการดังกล่าวไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. *แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว*.

เอกสารการฝึกอบรม. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

นันทนา กันยานุวัฒน์และนุชนาท นาคำ. 2555. *แนวทางการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี*. รายงานวิชาการ. สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน. กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.

American Public Health Association, the American Water Works Association and the Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF). 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd ed. Washington D.C. American Public Health Associate. 1360 p. Association of Official Analytical Chemises (AOAC). 2016. Guideline for Standard Method Performance Requirements Appendix F, p.9

Ehrenstorfer. 2014. Reference Materials for Residue Analysis of Butralin. Labor Dr. Ehrenstorfer-Schafers. Augsburg Germany.

Pual Humphrey. 2013. Trinexapac-ethyl. Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority, Canberra, Australia. *JMPR*. 1595-1716.

การพัฒนาต้นแบบโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์อย่างง่าย

Development of a Simple PGPR Biofertilizer Plant Prototype

อุษฎา สุขจันทร์¹ อรัญญ์ ชันติวิทย์¹ วารินทร์ กระจาย¹ สรรเสริญ เสี่ยงใส¹

กัลยกร โปร่งจันทิก² ภัสชญ์ภณ หมื่นแจ้ง³

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

² กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

³ สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร

บทคัดย่อ

กรมวิชาการเกษตรมีนโยบายผลักดันให้ขยายผลงานวิจัยปุ๋ยชีวภาพของกรมวิชาการเกษตร สู่หน่วยงานในภูมิภาค กอปรกับปัจจุบันความต้องการใช้ปุ๋ยชีวภาพมีเพิ่มมากขึ้น จึงได้ผลักดันให้มีการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนา ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น โดยในระยะแรกได้พัฒนาการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์-ทุ สำหรับข้าว โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ต้นแบบการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์อย่างง่าย ต้นทุนต่ำ และได้คุณภาพ โดยวิธีการดำเนินงานจะมุ่งเน้นใช้อุปกรณ์ พื้นฐานเท่าที่จำเป็นที่ผลิตภายในประเทศ มีขั้นตอน 1) การพัฒนาบุคลากร โดยการฝึกปฏิบัติจริงกับหน่วยงานวิจัยหลัก 2) การ พัฒนาวิธีการผลิตแบบง่าย ดำเนินการร่วมกับหน่วยงานวิจัยหลัก โดยเน้นเฉพาะการขยายหัวเชื้อ เพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อในอาหาร เหลวให้มีปริมาณเซลล์สูง ก่อนนำไปผสมคลุกเคล้ากับวัสดุพาแล้วบรรจุถุง บ่ม แล้วนำเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นก่อนที่จะจำหน่าย จ่ายแจกให้เกษตรกรเป้าหมาย

ผลการดำเนินงาน ได้เตรียมความพร้อมบุคลากรรวม 2 ราย โดยใช้เวลาในการฝึกในกระบวนการผลิต 30 วัน ส่วนการ พัฒนาต้นแบบโรงงานผลิต มีการแบ่งพื้นที่เป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ห้องเลี้ยงหัวเชื้อและห้องเตรียมสารเคมี 2) ห้องเพาะขยายเชื้อ เหลวในขวด 10 ลิตร และ 3) โรงเรือนคลุกปุ๋ยและทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์-ทุ ซึ่งพบว่ารูปแบบการผลิตที่เหมาะสม ต้องใช้ระยะเวลา 5 วันต่อรอบการผลิต โดยสามารถผลิตได้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์-ทุ ได้จำนวน 400 ถุง ซึ่งขั้นตอนการผลิตที่มี ประสิทธิภาพมี 6 ขั้นตอน คือ 1) การจัดการห้องปฏิบัติการก่อนการดำเนินงาน 2) การเลี้ยงขยายหัวเชื้อ 3) การขยายเชื้อเหลว 4) การคลุกเชื้อกับวัสดุพา 5) การเก็บรักษา และ 6) การควบคุมคุณภาพ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ผลผลิตของโครงการนี้ จึงได้ต้นแบบการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์-ทุ อย่างง่าย 1 ต้นแบบ ในครึ่งปีแรก สามารถผลิตปุ๋ยชีวภาพ ฟิสิกส์-ทุ ได้แล้ว 3,000 กิโลกรัม

คำหลัก : ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์, Plant Growth Promoting Rhizobacteria biofertilizer, PGPR biofertilizer.

คำนำ

การวิจัยและพัฒนาด้านปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ มีขั้นตอนตั้งแต่ในระดับห้องปฏิบัติการ จนถึงการพัฒนาการผลิต แบบง่ายเพื่อให้มีการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ได้จริงอย่างแพร่หลาย การพัฒนาการผลิตแบบง่าย ๆ จึงเป็นภารกิจอย่างหนึ่งใน การต่อยอดงานวิจัยที่เป็นภารกิจของศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการ ผลิตทางการเกษตร ซึ่งปัจจุบันได้ดำเนินการผลิตปุ๋ยชีวภาพทั้งหมด จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์-ทุ ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต โดยมีการผลิตมาอย่างต่อเนื่องเพื่อแจกจ่ายและจำหน่ายแก่ เกษตรกร และผู้สนใจ ตลอดจนสนับสนุนงานโครงการตามนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปีงบประมาณ 2558 ได้ผลิตและส่งมอบจำนวน 35,334 กิโลกรัม ส่วนปีงบประมาณ 2559 จำนวน 39,073 กิโลกรัม และในปีงบประมาณ 2560 ได้ดำเนินการผลิตและส่งมอบปุ๋ยชีวภาพทั้งสิ้นจำนวน 47,995 ส่วนในปีงบประมาณ 2561 นี้ มีเป้าหมายการผลิต ปุ๋ยชีวภาพทั้ง 4 ชนิด จำนวน 61,000 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่า มีปริมาณการผลิตและส่งมอบสูงขึ้นทุกปี อีกทั้งได้รับการ ประสานงานจากหน่วยงานภายในและภายนอกกรมวิชาการเกษตร ขอให้เพิ่มการผลิตเป็นจำนวนมาก และคาดว่าจะมี ความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งเกินกำลังผลิตของนักวิจัยที่รับผิดชอบ ทาง กปผ. ได้ตระหนัก

ถึงปัญหาดังกล่าว ในปีงบประมาณ 2560 ต่อเนื่อง 2561 จึงได้เริ่มดำเนินงานโครงการขยายโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพสู่ส่วนภูมิภาคขึ้น โดยเลือกชนิดปุ๋ยชีวภาพที่นักวิจัยมีความพร้อมก่อน คือ ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู สำหรับข้าว ทั้งนี้ ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น (ศปผ.ขอนแก่น) เป็นศูนย์ฯ ที่อยู่ภายใต้การดูแลของ กปผ. มีที่ตั้งอยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปลูกข้าวเป็นพืชหลัก นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับนโยบายของกรมฯ ที่ต้องการผลักดันให้มีการขยายผลงานวิจัยด้านการผลิตปุ๋ยชีวภาพสู่ภูมิภาคเพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกรในการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการลดต้นทุนการผลิตพืช ตลอดจนการเพิ่มคุณภาพและปริมาณของผลผลิตพืช และสนับสนุนงานโครงการตามนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยเฉพาะโครงการส่งเสริมระบบเกษตรอินทรีย์อย่างยั่งยืน โครงการนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อให้ได้ต้นแบบการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์แบบง่าย ต้นทุนต่ำ และได้คุณภาพ โดยวิธีการดำเนินงานจะมุ่งเน้นใช้อุปกรณ์พื้นฐานเท่าที่จำเป็นที่ผลิตภายในประเทศ

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) คือ แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณรอบรากพืช (rhizosphere) และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้ มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช สร้างสารซีเดอโรฟอร์ (siderophores) ซึ่งมีสมบัติเพิ่มการนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช นอกจากนี้ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytohormones) ซึ่งกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (Meunchang *et al.*, 2004) Bernard R. Glick. และคณะ (1999) ได้รายงานการศึกษาแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth promoting bacteria) ว่า กลุ่มแบคทีเรีย PGPR มีคุณสมบัติที่ดีต่อพืช ดังนี้

1. ความเป็นปุ๋ยชีวภาพ (Biofertilizer) ได้แก่ (1.1) กลุ่มของแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจน ในอากาศให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas* และ *Rhizobium* เป็นต้น (1.2) กลุ่มของแบคทีเรียที่ช่วยย่อยฟอสฟอรัสในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ เช่น *Pseudomonas putida*, *Klebsiella* spp., *Enterobacter asburiae*, *Acinetobacter* spp. และ *Stenotrophomonas maltophilia* เป็นต้น (Mehnaz *et al.*, 2010) (1.3) กลุ่มของแบคทีเรียที่ช่วยการสังเคราะห์แสงของพืช และกระบวนการส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ทั้งรากแก้ว รากฝอย และรากแขนง และ (1.4) กลุ่มของแบคทีเรียที่สร้างสารซีเดอโรฟอร์ (siderophores) สำหรับการผลิตธาตุเหล็กให้กับพืช ธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบของโปรตีน มีบทบาทในการสังเคราะห์อาหารพืช มักจะอยู่ในรูป Fe^{2+} หรือ Fe^{3+} ซึ่งเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก แบคทีเรียจึงต้องสร้างกลไกบางอย่างเพื่อมาจับธาตุเหล็กและขนส่งเข้าไปในเซลล์ที่เรียกว่า ซีเดอโรฟอร์ (siderophores) ขึ้นมา (Phi *et al.*, 2010)

2. ความสามารถในการผลิตฮอร์โมนให้พืช (Phytohormone) การผลิตฮอร์โมนโดย PGPR เป็นกลไกที่สำคัญในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของพืช ส่วนใหญ่จะพบการผลิตฮอร์โมนกลุ่มออกซิน ได้แก่ Indole-3-Acetic Acid (IAA) ซึ่งจะช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) การแบ่งเซลล์ (cell division) และการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ (cell differentiation) (Meunchang *et al.*, 2004)

3. ความสามารถในการควบคุมโรคพืช (Biological control) PGPR บางชนิดสามารถผลิตเอนไซม์ที่ช่วยป้องกันเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ โดยไปย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราได้ เช่น *Pseudomonas stutzeri* สามารถป้องกันเชื้อรา *Fusarium solani* ที่เป็นสาเหตุโรครากเน่าได้ (Lim *et al.*, 1991) และการเจริญเติบโตแข่งขันจัดเป็นกลไกอีกอย่างหนึ่งของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่สามารถยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคได้

ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู สำหรับข้าว ประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 ชนิด (Meunchang *et al.*, 2006) ได้แก่

1. *Azospirillum brasilense* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นท่อน (rod) ที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนในบริเวณรอบรากพืช (rhizosphere) ช่วยละลายฟอสเฟต ผลิตฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญของรากพืช และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารพืช

2. *Burkholderia vietnamiensis* เป็นแบคทีเรีย แกรมลบรูปร่างท่อน (rod) มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน

วิธีดำเนินการ

ดำเนินการพัฒนาด้านแบบโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อย่างง่าย โดยเลือกผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู เป็นอันดับแรก เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตทั้ง 2 ชนิดสามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเดียวกัน ใช้อุณหภูมิในการเลี้ยงเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกัน สามารถเห็นความแตกต่างของการเปลี่ยนสีอาหารเลี้ยงเชื้อแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อเชื้อเจริญเติบโตเต็มที่ จึงเหมาะสำหรับการฝึกการเลี้ยงเชื้อเบื้องต้น ซึ่งการพัฒนาด้านแบบโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อย่างง่าย มีขั้นตอน ดังนี้

- 1) การพัฒนาบุคลากร โดยการฝึกปฏิบัติจริงกับหน่วยงานวิจัยหลัก
- 2) การพัฒนาวิธีการผลิตแบบง่าย โดยดำเนินการร่วมกับหน่วยงานวิจัยหลัก โดยเน้นเฉพาะการขยายหัวเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อในอาหารเหลวให้มีปริมาณเซลล์สูง ก่อนนำไปผสมคลุกเคล้ากับวัสดุพาแล้วบรรจุลง บ่ม แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นก่อนที่จะจำหน่ายแจกให้เกษตรกรเป้าหมาย

ผลการดำเนินงาน

1) การพัฒนาบุคลากร

ได้มอบหมายให้นักวิชาการเกษตร และพนักงานประจำห้องทดลอง รวม 2 ราย เข้ารับฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยการฝึกปฏิบัติจริงกับหน่วยงานวิจัยหลัก ด้านการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ครอบคลุมเนื้อหาทั้งกระบวนการผลิตที่ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ตรังไนโตรเจนอิสระ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ระหว่างวันที่ 17 พฤษภาคม-2 มิถุนายน 2560 และวันที่ 11-30 มิถุนายน 2560 รวมระยะเวลา 27 วันทำการ และผู้ผ่านการฝึกอบรมสามารถผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ได้

2) การพัฒนาวิธีการผลิตแบบง่าย

1.1. โรงงานผลิต วัสดุและอุปกรณ์

1. โรงงานผลิต

ดำเนินการปรับเปลี่ยนพื้นที่อาคารให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเลือกใช้อาคารขนาด 5x8 เมตร จำนวน 1 หลัง และอาคารขนาด 8x20 เมตร จำนวน 1 หลัง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ห้องเลี้ยงหัวเชื้อ (Starter) และเตรียมสารเคมี ขนาด 3x5 เมตร ส่วนที่ 2 ห้องเลี้ยงขยายเชื้อเหลว ขนาด 5x5 เมตร และ ส่วนที่ 3 โรงเรือนคลุกปุ๋ยและทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพ ขนาด 8x20 เมตร ดังภาพที่ 1

2. วัสดุ และอุปกรณ์

ดำเนินการจัดหาวัสดุ และอุปกรณ์ ดังนี้

วัสดุ ได้แก่ (1) สารเคมีเกรดการค้า (Commercial or Technical grade) มีความบริสุทธิ์ประมาณ 90% นิยมใช้ในงานทางอุตสาหกรรม/เกษตร มีขนาดบรรจุขนาดใหญ่ เช่น ปิ๊ป 15 ลิตร ถึง 200 ลิตร ทดแทนการใช้สารเคมีเกรดงานวิเคราะห์ (Analytical reagent/AR grade/Reagent grade) ซึ่งมีความบริสุทธิ์สูงมาก (ประมาณ 99%) มีสิ่งเจือปน (impurities) ค่อนข้างน้อย จำนวน 14 รายการ (2) เครื่องแก้วเกรดต่ำ จำนวน 7 รายการ (3) วัสดุสิ้นเปลือง จำนวน 15 รายการ (4) น้ำดื่ม OR ลิตรละ 1.67 บาท ทดแทนการใช้น้ำกลั่นลิตรละ 3 บาท (5) ถุงบรรจุปุ๋ยชีวภาพ จัดซื้อครั้งละ 200 กิโลกรัม (6) วัสดุพา จัดซื้อครั้งละ 4,000 กิโลกรัม (7) ภาชนะพลาสติกต่าง ๆ จำนวน 7 รายการ

อุปกรณ์ ได้แก่ ตู้เขี่ยเชื้อ เครื่องเขย่า เครื่องชั่ง ปีมลัม หม้อนึ่งความดันขนาดเล็ก เครื่องซีลถุง เครื่องปรับอากาศสำหรับห้องเลี้ยงหัวเชื้อ (Starter) ตู้เย็นสำหรับเก็บหัวเชื้อ ชุดเตาและถังแก๊สชุดต้ม



ภาพที่ 1 แผนผังโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพ และการใช้ประโยชน์พื้นที่โรงงาน ของศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น ปีงบประมาณ 2561

1.2. การฝึกทักษะผลิตปุ๋ยชีวภาพ

หลังจากบุคลากร ผ่านฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟาร์-ทู มาแล้ว ได้ดำเนินการฝึกการผลิตที่ ศปผ.ขอนแก่น ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2560 ทุกสัปดาห์ ๆ ละ 1 รอบการผลิต โดยมีนักวิชาการเกษตรผู้มีความเชี่ยวชาญจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ตรวจสอบให้คำแนะนำ และตรวจสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตได้ จำนวน 3 ครั้ง จึงอนุญาตให้ ศปผ.ขอนแก่น ผลิตเพื่อแจกจ่ายได้

1.3. พัฒนารูปแบบการผลิตระดับโรงงานอย่างง่าย

ศปผ. ขอนแก่น ได้ดำเนินการผลิตและปรับระบบการผลิต จนได้รูปแบบการผลิตที่เหมาะสม คือ ใช้เวลาในการผลิต 5 วัน ต่อรอบการผลิต สามารถผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟาร์-ทูได้จำนวน 400 ถัง มีขั้นตอนในการผลิต 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การจัดการห้องปฏิบัติการก่อนการดำเนินงาน

การฆ่าเชื้อในห้องปฏิบัติการโดยใช้ด่างทับทิม (KMnO_4); Potassium Permanganate ปริมาณที่ใช้ 10-15 กรัม หรือประมาณ 1 ช้อนแกง และฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O); Formaldehyde 15 มิลลิลิตร ผสมในขวดแก้ว ตั้งทิ้งไว้ในบริเวณห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 2 วัน ก่อนการปฏิบัติงาน

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งสารเคมีตามสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ NFb-1 แบ่งสารเคมีใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ปริมาณ 250 มิลลิลิตร จำนวน 8 ขวด และเตรียมอาหารสำหรับใส่ขวดแก้วขนาด 10 ลิตร ปริมาณ 9 ลิตร จำนวน 8 ขวด ทำการนึ่งฆ่าเชื้ออาหารเลี้ยงเชื้อโดยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ นึ่งที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที

2. การเลี้ยงขยายหัวเชื้อ นำหัวเชื้อแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อ *Azospirillum brasilense* และ *Burkholderia vietnamiensis* ซึ่งรับจากห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ตรังโนโตรเจนอิสระ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัย ปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร มาขยายเชื้อต่อ โดยใช้หัวเชื้อ 2 มิลลิลิตรต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 250 มิลลิลิตร หลังจากถ่ายเชื้อนำเข้าเครื่องเขย่า ใช้เวลาในการเลี้ยงเชื้อ 48 ชั่วโมง

3. การเพิ่มขยายหัวเชื้อ นำหัวเชื้อจากขั้นตอนที่ 2 มาขยายเชื้อต่อ โดยใช้เชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด อย่างละ 100 มิลลิลิตร ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 9 ลิตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ และใช้เข็มฉีดยาขนาด 60 มิลลิลิตร บรรจุเชื้อ แบคทีเรียปริมาณ 50 มิลลิลิตร ฉีดเชื้อลงในขวดขนาด 9 ลิตร ผ่านสายยางด้านบนขวด ทำการเติมอากาศโดยใช้ปั๊มลม ใช้ เวลาในการเลี้ยงเชื้อ 72 ชั่วโมง

4. การคลุกเชื้อกับวัสดุพาคลุกเชื้อกับวัสดุพา ใช้อัตราส่วนวัสดุพา 72 กิโลกรัม ต่อเชื้อแบคทีเรีย เชื้อ *Azospirillum brasilense* และ *Burkholderia vietnamiensis* ที่ผสมกันดีแล้วปริมาณ 36 ลิตร คลุมด้วยผ้ายางเพื่อบ่ม เชื้อนาน 5 ชั่วโมง เมื่อบ่มเชื้อให้เข้ากันดีแล้วเปิดผ้ายางออก แล้วทำการบรรจุปุ๋ยชีวภาพพีจีฟาร์-ทู ลงในถุงผลิตภัณฑ์ ปริมาณ 500 กรัมต่อถุง ทำการซีลปากถุงพร้อมทั้งเจาะรูบนถุงผลิตภัณฑ์ 8-10 รู ด้วยเข็มฉีดยา

5. การเก็บรักษา ทำการเก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพพีจีฟาร์-ทู ในที่ร่มในอุณหภูมิห้องที่ไม่โดนความร้อน จากแสงแดด หรือเก็บไว้ในที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส เช่น ในช่องเก็บผักในตู้เย็น จะช่วยยืดอายุการรอดของ จุลินทรีย์ ได้นาน 1-3 เดือน

6. การควบคุมคุณภาพ ปุ๋ยชีวภาพพีจีฟาร์-ทู ที่ผลิตจากศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทาง การเกษตรขอนแก่น จะถูกสุ่มและส่งตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ชนิดจุลินทรีย์ และปริมาณจุลินทรีย์รับรอง ตาม มาตรฐาน พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ณ ห้องปฏิบัติการปุ๋ยชีวภาพ และห้องปฏิบัติการ จุลินทรีย์ตรังโนโตรเจนอิสระ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ต้อง ปุ๋ยชีวภาพพีจีฟาร์-ทู ที่ผลิตได้ต้องมีปริมาณจุลินทรีย์รับรอง 1.0×10^6 เซลล์ ต่อน้ำหนักปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม

โดยทั้ง 6 ขั้นตอนการผลิตนั้น ศปพ. ขอนแก่น ได้ดำเนินการปรับเปลี่ยนไปจากการผลิตปุ๋ยชีวภาพ พีจีฟาร์-ทู ของห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ตรังโนโตรเจนอิสระ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ มุ่งเน้นการลดต้นทุน และ ความยั่งยืนของขั้นตอนการผลิต ได้แก่

1. ลดคุณภาพสารเคมีจากเกรดห้องปฏิบัติการ เป็น เกรดการค้าทั่วไป
2. ใช้เครื่องแก้วเกรดต่ำหรือพลาสติก แทนเครื่องแก้วเกรดสูง
3. ใช้หม้อนึ่งความดันขนาดเล็กแทนหม้อนึ่งขนาดใหญ่ หรือหม้อนึ่งความดันระบบอัตโนมัติ
4. ลดคุณภาพน้ำ จากน้ำกลั่น เป็นน้ำดื่ม R.O. (Reverse Osmosis)
5. ใช้ขวดเลี้ยงเชื้อขนาด 10 ลิตร เพิ่มปริมาณเชื้อ แทน ถังเพาะขยายเชื้อจุลินทรีย์ (fermenter)
6. ใช้แรงงานคนแทนเครื่องผสมปุ๋ย
7. ใช้ถุงพลาสติกขนาดใหญ่บรรจุผลิตภัณฑ์ในการขนย้ายแจกจ่าย แทนกล่องกระดาษ

จากการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต มีผลให้ต้นทุนการผลิตโดยรวมลดลงถึงร้อยละ 35.10 เป็นเงิน จำนวน 35,150 บาท ส่วนใหญ่เป็นค่าสารเคมีซึ่งมีสัดส่วนถึงร้อยละ 69.50 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด โดยเมื่อปรับลด คุณภาพสารเคมีลงจากเกรดห้องปฏิบัติการเป็นเกรดการค้าทั่วไป ทำให้ค่าสารเคมีลดลงจากเดิมถึงร้อยละ 56.83 เป็นเงิน ถึง 39,500 บาท รองลงมาคือ ค่าน้ำสำหรับเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อลดลงจากเดิมถึงร้อยละ 60.00 เป็นเงิน 900 บาท ค่า บรรจุภัณฑ์สำหรับขนส่ง ลดลงจากเดิมถึงร้อยละ 58.33 เป็นเงิน 700 บาท และค่าก๊าซหุงต้ม ลดลงจากเดิมร้อยละ 16.67 เป็นเงิน 50 บาท ตามลำดับ แต่ต้นทุนการผลิตส่วนค่าเครื่องแก้วเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 66.67 เป็นเงิน 2,000 บาท (ตารางที่ 1) ดังนั้น ควรคงการใช้เครื่องแก้วคุณภาพสูง เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการซื้อทดแทนเมื่อเกิดการแตกหักเสียหาย นอกจากนั้นในกระบวนการผลิตต้องดำเนินการอย่างระมัดระวังเพื่อลดการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอน โดยเฉพาะ ขั้นตอนผลิตที่ใช้แรงงานคนทดแทนอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ

1.4 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ศปผ.ขอนแก่น ได้ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านปุ๋ยชีวภาพให้แก่หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร ส่วนราชการอื่น เอกชน เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป ในปีงบประมาณ 2561 ดังนี้ ดำเนินการจัดฝึกอบรม 2 ครั้ง จัดนิทรรศการ 5 ครั้ง เป็นวิทยากรบรรยาย 2 ครั้ง ให้คำแนะนำการใช้ 51 ครั้ง ให้คำแนะนำการผลิต 4 ครั้ง และสนับสนุนข้อมูลดิจิทัลเพื่อจัดนิทรรศการ จำนวน 1 ครั้ง รายละเอียดดังตารางที่ 2

1.5 การผลิตปุ๋ยชีวภาพแจกจ่ายใช้ประโยชน์ตามเป้าหมายการผลิต

ปีงบประมาณ 2561 ศปผ.ขอนแก่น ได้รับการจัดสรรให้ผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-พู ตามแผนผลิตพันธุ์พืช และปัจจัยการผลิต/การใช้ประโยชน์ (ผ.2) จำนวน 3,000 กิโลกรัม/6,000 ถุง และดำเนินการผลิตแทนห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ตรังไนโตรเจนอิสระ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จำนวน 1,085.5 กิโลกรัม/2,175 ถุง ณ วันที่ 30 พ.ค.2561 ได้ดำเนินการผลิตและแจกจ่ายได้รวมทั้งสิ้นจำนวน 3,474.5 กิโลกรัม/6,949 ถุง และต้องผลิต/แจกจ่ายเพื่อให้ครบตามเป้าหมายการผลิตอีกจำนวน 613 กิโลกรัม/1,226 ถุง (ตารางที่ 3)

Table 1 PGPR-II Biofertilizer Cost production in 2018

List	SMR ^{1/} (Baht/ton)	KK ^{2/} (Baht/ton)	Cost (%)	Attention
- Chemicals	69,500	30,000	-56.83	- low quality may contaminate other substances
- Glassware	3,000	5,000	+66.67	- low quality may easy to break and increase cost / high quality give high cost only in first time
- Materials for culture media				
cotton	200	200	0.00	
Aluminum foil	300	300	0.00	
LPG	300	250	-16.67	
DI/R.O. water	1,500	600	-60.00	
- labor	10,000	14,000	40.00	- be skilled and careful in their work to minimize contamination
- carrier	10,000	10,000		
- packaging bag	4,000	4,000		
- packaging box/bag	1,200	500	-58.33	- not durable / need to move carefully / no label on the packaging
Total	100,000	64,850	-35.15	

^{1/} Soil Microbiology Research Group, Bangkok

^{2/} Agricultural Production Sciences Research and Development Center, Khon Kaen

Table 2 PGPR-II biofertilizer technology transfer through Agricultural Production Sciences Research and Development Center in 2018

Technology transfer	Times	Date/Place/Agencies/Target
- Training	2	- 20 and 27 February/ Wiang Kao district office, Wiang Kao District, Khon Kaen /The Project of Propel Research to Take Advantage /200 farmers - 22-23 March/ Wiang Kao district office, Wiang Kao District, Khon Kaen / Conceptual Change Project on New theory Agricultural /158 farmers
- Exhibitions	5	- 26 January – 4 February/ Northeast Agricultural Fair 2018/ Agricultural Technology Park, Khon Kaen University - 9 March/ 6 th International Sugar Conference/ Research and Development Center Erawangroup, Na Klong District, Nong Bua Lam Phu - 30 March/ Use of DOA Biofertilizer Products in the Organic Farming System / Organic Crop Production and Technology of DOA to convey the knowledge of organic production on standards organic farming / Kalasin Agricultural Research and Development Center - 24 May/ Technology Transfer and Agricultural Service to Start New Production Season (Field Day)/ Nong Rea Agricultural Productivity Efficiency Increasing Learning Center, Khon Kaen/ 200 farmers - 25 May/ Si Chomphu Knowledge transfer service for agricultural knowledge in legumes production (Field Day) Agricultural Productivity Efficiency Increasing Learning Center, Khon Kaen/ 200 farmers

Table 2 Continued

Technology transfer	Times	Date/Place/Agencies/Target
- Give instructions for use	51	- Agricultural Production Sciences Research and Development Center/ Farmers get products for trial - Organic Agriculture Network, Kaeng Khoi, Saraburi
- Lecturer	2	- 30 March/ Use of DOA Biofertilizer Products in the Organic Farming System / Organic Crop Production and Technology of DOA to convey the knowledge of organic cropproduction on standards organic farming / Kalasin Agricultural Research and Development Center - 9 April/ Usage PGPR-III biofertilizer to increase cassava production/ Kalasin Agricultural Research and Development Center
- Production advices	4	- Office of Agricultural Research and Development Region 5, Nakhonsawan Agricultural Research and Development Center, Phusing Royal Agricultural Development Center and Kalasin Agricultural Research and Development Center/ Agricultural Research Officer
- Support digital information for exhibitions	1	- Sakon Nakhon Agricultural Research and Development Center

Table 3 Plan/Production of PGPR-II Biofertilizer of Agricultural Production Sciences Research and Development Center in 2018

List	Bags	Kilograms
Plant production and crop production inputs plan/ Utilization	6,000	3,000.0
Produce instead of SMR ^{1/}	2,175	1,085.5
Total production target	8,175	4,127.0
Total produce/ distribute/ utilization	6,949	3,474.5
Remaining production/ distribution/ utilization	1,226	613.0

Data at 30 May 2018

^{1/} Soil Microbiology Research Group, Bangkok

สรุปผลการดำเนินงาน

การพัฒนาต้นแบบโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อย่างง่าย เพื่อให้ได้ต้นแบบการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์แบบง่าย ต้นทุนต่ำ และได้คุณภาพ โดยวิธีการดำเนินงานจะมุ่งเน้นใช้อุปกรณ์พื้นฐานเท่าที่จำเป็นที่ผลิตภายในประเทศ สรุปผลการดำเนินการได้ดังนี้

การพัฒนาบุคลากร โดยการฝึกปฏิบัติจริงกับหน่วยงานวิจัยหลัก ได้เตรียมความพร้อมบุคลากร ที่รับผิดชอบประจำจำนวน 2 คน คือ นักวิชาการเกษตร 1 คน และพนักงานประจำห้องทดลอง 1 คน โดยเข้ารับฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ใช้ระยะเวลาประมาณ 1 เดือน

การพัฒนาวิธีการผลิตแบบง่าย ดำเนินการร่วมกับหน่วยงานวิจัยหลัก โดยเน้นเฉพาะการขยายหัวเชื้อ เพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อในอาหารเหลวให้มีปริมาณเซลล์สูง ก่อนนำไปผสมคลุกเคล้ากับวัสดุพาแล้วบรรจุถุง บ่ม แล้วนำเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นก่อนที่จะจำหน่ายแจกให้เกษตรกรเป้าหมาย พบว่า มีการแบ่งใช้พื้นที่โรงงานผลิตเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ห้องเลี้ยงหัวเชื้อ (Starter) และเตรียมสารเคมี ห้องเลี้ยงขยายเชื้อเหลว และโรงเรือนคลุกปุ๋ยและทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพ ส่วนรูปแบบการผลิตที่เหมาะสมต้องใช้ระยะเวลา 5 วันต่อรอบการผลิต โดยสามารถผลิตได้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ได้จำนวน 400 ถุง ขั้นตอนการผลิตที่มีประสิทธิภาพมี 6 ขั้นตอน คือ 1) การจัดการห้องปฏิบัติการก่อนการดำเนินงาน 2) การเลี้ยงขยายหัวเชื้อ 3) การขยายเชื้อ

เหลว 4) การคลุกเชื้อกับวัสดุพา 5) การเก็บรักษา และ 6) การควบคุมคุณภาพ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ผลผลิตของโครงการนี้ จึงได้ต้นแบบการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู อย่างง่าย 1 ต้นแบบ ในครั้งแรก สามารถผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ได้แล้ว 3,000 กิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้ประโยชน์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรดำเนินการควบคุมคุณภาพเบื้องต้นที่ ศปผ.ขอนแก่น โดยการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรีย ที่มีชีวิตทั้งหมดในปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ตาม พรบ.ปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โดยวิธีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน โดยการหาค่า MPN (Most Probable Number) ซึ่งเป็นการคาดคะเนปริมาณจำนวนของจุลินทรีย์ที่อาจจะมีได้ในตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ โดยใช้หลักการทางสถิติในการตรวจนับ
2. ควรดำเนินการพัฒนารูปแบบการผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในระดับศพก./ชุมชน/กลุ่มเกษตรกร ต่อไป เพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ง่าย และรวดเร็ว
3. ควรดำเนินการพัฒนารูปแบบการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อผลิตวัสดุพาต่อไป เพื่อลดต้นทุนวัสดุพาและเพิ่มทางเลือกที่มีขายเพียงแห่งเดียว

การนำไปใช้ประโยชน์

ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีต้นแบบโรงงานผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อย่างง่าย ไปสู่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร 1-8 ตามแผนที่กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และกรมวิชาการเกษตรกำหนด

เอกสารอ้างอิง

- สมปอง หมั่นแจ้ง ประไพ ทองระอา สรตนา เสนาะ ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต และ กฤษณพงศ์ ศรีพงษ์พันธุ์กุล. (2550). การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์สำหรับข้าว. กรุงเทพฯ: กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว.
- Glick, B.R., C.L. Patten., G. Holguin, and G.M. Penrose. 1999. Biochemical and Genetic Mechanisms Used by Plant Growth Promoting Bacteria. Imperial College Press, London.
- Mehnaz, S., D.N. Baig, and G. Lazarovits. 2010. Genetic and phenotypic diversity of plant growth promoting rhizobacteria isolated from sugarcane plants growing in Pakistan. *J. Microbiol. Bio.* 20: 1614-1623.
- Meunchang, S., Panichsakpatana, S., Ando, S., and T. Yokoyama. 2004. Phylogenetic and physiological characterization of indigenous *Azospirillum* isolates in Thailand. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50 (3): 413-421.
- Meunchang S, Thongra P, Sanoh S, Kaewsuralikhit S and Ando S. Development of rhizobacteria as a biofertilizer for rice production. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use 16 – 20 October 2006.
- Lim, H., Kim, Y., and Kim, S. (1991). *Pseudomonas stutzeri* YLP-1 genetic transformation and antifungal mechanism against *Fusarium solani*, an agent of plant root rot. *Appl. Environ. Microbiol.* 57:510-516.
- Phi, Quyet.-Tien., P. Yu-Mi., S. Keyung-Jo., R. Choong-Min., P. Seung-Hwan., K. Jong-Guk, and G. Sa-Youl. 2010. Assessment of root-associated *Paenibacillus polymyxa* groups on growth promotion and induced systemic resistance in pepper. *J. Microbiol. Biotechnol.* 20: 1605-1613.

**สรุปแผน - ผลการดำเนินงานตามภารกิจ กปผ.
และงานตามนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี 2560-2561**

ศิลดา ประนาโส
นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
กลุ่มบริหารโครงการวิจัย กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

สรุปผลการดำเนินงานตามภารกิจของ กปผ. ในปีงบประมาณ 2560

1. ภารกิจ กปผ.

ผลผลิตที่ 1

กิจกรรมที่ 1.1 วิจัยและพัฒนา

- 1) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 กปผ. รับผิดชอบงานวิจัย 42 โครงการ 176 การทดลอง
- 2) ความก้าวหน้าผลการดำเนินงาน ประมาณร้อยละ 100

กิจกรรมที่ 1.2 การบริหารความหลากหลายทางชีวภาพ มีการดำเนินงาน 7 ชนิด ได้แก่

กิจกรรม	เป้าหมาย (ไอโซเลข)	ผลการดำเนินงาน	
		จำนวน (ไอโซเลข)	ร้อยละ (%)
1. การอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ไรโซเปียม	3,000	3,000	100
2. การอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ไมคอร์ไรซา	600	600	100
3. การอนุรักษ์แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระ	250	250	100
4. การอนุรักษ์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	260	260	100
5. การอนุรักษ์จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต	100	100	100
6. การอนุรักษ์จุลินทรีย์ผลิตสารยับยั้งศัตรูอินทรีย์	260	260	100
7. การอนุรักษ์จุลินทรีย์ส่งเสริมและกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช	100	100	100
รวม	4,770	4,770	100

ผลผลิตที่ 2 แผนงานผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต กปผ. รับผิดชอบผลิตปัจจัยการผลิตจำนวน 6 ชนิด ได้แก่

ไมคอร์ไรซา แหนแดง PGPR-I หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต และไรโซเบียม

- 1) เป้าหมายการผลิต 51,500 กก. (รวมเป้าหมาย PGPR จำนวน 6,000 กก. แล้ว)
- 2) ยอดคงเหลือยกมาจากปี 2559 จำนวน 1,622.68 กก.
- 3) ความก้าวหน้าผลการดำเนินงาน ผลิตได้ 60,315.50 กก. คิดเป็นร้อยละ 117.12
- 4) มีการนำไปใช้ประโยชน์ 60,477.10 กก. คิดเป็นร้อยละ 97.64

กิจกรรม	เป้าหมาย (กก.)	ยกยอด (กก.)	ผลิตได้		นำไปใช้ประโยชน์	
			กก.	%	กก.	%
1. ไมคอร์ไรซา	3,000	575.5	3,725.0	124.2	4,134.0	86.1
2. แหนแดง	10,000	-	10,820.2	108.2	10,820.5	100.0
3. PGPR-I	11,000	-	15,670.5	142.5	15,670.5	100.0
4. หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์	1,500	807.2	1,500.0	100.0	1,153.6	50.0
5. ไรโซเบียม	25,000	-	27,000.0	108.0	27,000.0	100.0
6. จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต	1,000	240.0	1,600.0	160.0	1,699.0	92.3
รวม	51,500	1,622.7	60,315.0	117.1	60,477.1	97.6

ผลผลิตที่ 3 สินค้าเกษตรมีคุณภาพได้มาตรฐาน กปผ. มีเป้าหมายให้บริการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวน 15,290 ตัวอย่าง ดูแลสุขภาพดินน้ำเพื่อการเกษตร จำนวน 5 ครั้ง การตรวจร้านค้า/สินค้าเกษตร 279 ตัวอย่าง และการพัฒนาห้องปฏิบัติการ 15 ห้องปฏิบัติการ (ข้อมูลจากรายงาน สป.)

กิจกรรม 3.2.1 ตัวอย่างปัจจัยการผลิต/สินค้าพืช/ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ตรวจสอบ

กิจกรรม	เป้าหมาย (ตย.)	ผลการดำเนินงาน	
		จำนวน (ตย.)	ร้อยละ (%)
1. การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างพืชผักส่งออก (แปลงขึ้นทะเบียน)	30	0	0
2. สารพิษตกค้างในพืช ดินและน้ำ	30	52	173.3
3. ดิน	1,200	1,596	133.0
4. ปุ๋ยเคมี	9,000	10,778	119.8
5. ปุ๋ยอินทรีย์	500	614	122.8
6. ปุ๋ยชีวภาพ	500	544	108.8
7. พืช	400	677	167.3
8. น้ำ	400	442	110.5
9. วัตถุอันตราย	3,000	2,115	70.5
10. วัตถุเคมี	230	469	203.9
11. ดูแลสุขภาพดินน้ำเพื่อการเกษตร (ครั้ง)	5	6	120.0
รวม (การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง)	15,290 ตย.	17,287	113.0
รวม (การดูแลสุขภาพดินน้ำเพื่อการเกษตร)	5 ครั้ง	6	120.0

กิจกรรม 3.2.5 การตรวจร้านค้า/สินค้าเกษตร

กิจกรรม	เป้าหมาย (ตย.)	ผลการดำเนินงาน	
		จำนวน (ตย.)	ร้อยละ (%)
1. ตัวอย่างปุ๋ย (Q-shop, สารวัตร ปุ๋ยดำเนินคดีส่วน 2 และ 3)	439	181	41.23
2. ตัวอย่างวัตถุอันตราย (Q-shop และ สารวัตร)	290	202	69.66
รวม	729	383	52.54

โครงการพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรสู่มาตรฐานประจำปี 2560

กิจกรรม การพัฒนาห้องปฏิบัติการฯ 2560

กิจกรรม	เป้าหมาย	ผลการดำเนินงาน
1. การตรวจติดตามห้องปฏิบัติการที่กรมฯ ให้การยอมรับ (การถ่ายโอนภารกิจ)	3	ตรวจติดตาม และส่งตัวอย่างเปรียบเทียบ จำนวน 6 ครั้ง 5 ห้องปฏิบัติการ

กิจกรรม ISO 17025

2. รักษาสภาพ/ขยายขอบข่าย ISO/IEC 17025 (ห้องปฏิบัติการ)	5	1) ห้องปฏิบัติการ กวพ. 1.1) วันที่ 22-23 มิ.ย.60 ได้ดำเนินการทบทวนระบบคุณภาพ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1 ณ โรงแรมทวารวดี รีสอร์ท จ.ปราจีนบุรี ครั้งที่ 2 วันที่ 11 ก.ค. 60 สรุปได้ดังนี้ - ได้เพิ่มเติมถ้อยแถลงนโยบายให้มีวัตถุประสงค์โดยรวม - มีการปรับปรุงคู่มือระบบคุณภาพ - ตรวจเช็คการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และระบบการจัดการของเสียเรียบร้อยแล้ว 1.2) วันที่ 24-28 ก.ค.60 ได้รับการตรวจประเมินจากสำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ (สมป.) ได้รับข้อบกพร่อง 6 ข้อ และข้อสังเกต 7 ข้อ และได้ทำการแก้ไขแล้ว 12 ข้อ เนื่องจากเป็นส่วนของการต่ออายุใบรับรอง ต้องแล้วเสร็จภายใน 30 วัน ส่วนอีกข้อเป็นส่วนของการขยายขอบข่ายต้องแล้วเสร็จภายใน 90 วัน ขณะนี้อยู่ในช่วงระหว่างดำเนินการ 2) ห้องปฏิบัติการ กกค. ได้ขยายขอบข่ายการตรวจวิเคราะห์แคลเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์เรียบร้อยแล้ว 3) ห้องปฏิบัติการปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม กปว. ได้ดำเนินการดังนี้ 3.1) ส่งเจ้าหน้าที่ไปอบรมหลักสูตร ข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO 17025 และหลักสูตร การจัดการเอกสารตามระบบมาตรฐาน ISO และได้ใบ certificate มาแล้ว 3.2) เตรียมเอกสารตามระบบ ISO สำหรับ Internal Audition 3.3) การสอบเทียบเครื่องมือวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม เรียบร้อยแล้ว
---	---	---

กิจกรรม	เป้าหมาย	ผลการดำเนินงาน
2. รักษาสภาพ/ขยายขอบข่าย ISO/IEC 17025 (ห้องปฏิบัติการ) (ต่อ)		3.4) เจ้าหน้าที่เข้าอบรมการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ได้รับมาใหม่ 3.5) มีการจัดทำบันทึกการใช้งานเครื่องมือวิทยาศาสตร์และบันทึกสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ
3. การเตรียมความพร้อมเพื่อยื่นขอ ISO 17043 (ห้อง Lab ใหม่)	1	ได้ทดสอบใช้ระบบคุณภาพ ติดตาม ปรับปรุงระบบและทบทวนบริหารระบบคุณภาพ และตรวจติดตามคุณภาพภายใน
4. การตรวจติดตามให้คำแนะนำห้อง Lab สวพ. 1-8 (ห้อง)	8	ได้ตรวจติดตาม สวพ. ครบทั้ง 8 เขต เรียบร้อยแล้ว
5. การจัดทำตัวอย่างอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบความสามารถของห้องปฏิบัติการ (ตัวอย่าง)		
5.1 ตัวอย่างอ้างอิงปุ๋ย	200	ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน
5.2 ตัวอย่างอ้างอิงดิน	400	ประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน
6. การจัดกิจกรรมเปรียบเทียบความสามารถห้องปฏิบัติการ (ครั้ง)		
6.1 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย	1	ส่งสรุปผลการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรม 56 รายทราบ
6.2 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน	1	ส่งสรุปผลการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรม 43 รายทราบ

2. การกิจที่ได้รับมอบหมาย

2.1 โครงการขยายผลงานวิจัยปุ๋ยหมักเติมอากาศเพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอสรุปผลการดำเนินงานโครงการต้นแบบปุ๋ยอินทรีย์แบบเติมอากาศ (ศูนย์ขยายผล ปี 2558 - ปี 2560) จำนวน 75 ศูนย์ ข้อมูล ณ วันที่ 10 ตุลาคม 2560 มีดังนี้

2.1.1 โครงการต้นแบบปุ๋ยอินทรีย์แบบเติมอากาศของศูนย์ขยายผล ปี 2558 ได้ดำเนินการ ดังนี้

- 1) ศูนย์ได้ก่อสร้างโรงปุ๋ยหมักครบ 25 ศูนย์ ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2558
- 2) การผลิตปุ๋ยหมัก เป้าหมาย 750 ตัน ผลิตได้ 1,115 ตัน คิดเป็น 148.6% ต้นทุนเฉลี่ย 2,173.26 บาท/ตัน
- 3) การอบรมเกษตรกร เป้าหมาย 1,500 คน เข้าอบรม จำนวน 1,706 คน คิดเป็น 113.67% ได้คะแนนเพิ่มขึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จำนวน 1,300 คน คิดเป็น 81.69%
- 4) เกษตรกรสนใจนำเทคโนโลยีไปขยายผลโดยการนำปุ๋ยหมักไปทดสอบกับพืชไร่ พืชผัก และไม้ผล จำนวน 165 คน และ 21 กลุ่ม
- 5) เกษตรกรนำแบบแปลนโรงปุ๋ยไปก่อสร้างและปรับปรุงโรงเรือนหรือโรงปุ๋ยที่มีอยู่แล้ว จำนวน 9 คน และ 23 กลุ่ม งบประมาณ 5,000 - 550,000 บาท จากงบประมาณส่วนตัว โครงการพระราชรัฐ (กองทุนหมู่บ้าน) งบประมาณจังหวัด มูลนิธิชัยพัฒนา โครงการหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียงต้นแบบ (กรมการพัฒนาชุมชน) และโครงการส่งเสริมอาชีพฯ เป็นต้น

2.1.2 โครงการต้นแบบปุ๋ยอินทรีย์แบบเติมอากาศของศูนย์ขยายผล ปี 2559 ได้ดำเนินการ ดังนี้

- 1) ศูนย์ได้ก่อสร้างโรงปุ๋ยหมักครบ 25 ศูนย์ ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2559
- 2) การผลิตปุ๋ยหมัก เป้าหมาย 750 ตัน ผลิตได้ 901 ตัน คิดเป็น 120.1% ต้นทุนเฉลี่ย 2,090.5 บาท/ตัน
- 3) การอบรมเกษตรกร เป้าหมาย จำนวน 1,500 คน อบรม 1,642 คน คิดเป็น 109.5% ได้คะแนนเพิ่มขึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จำนวน 1,344 คน คิดเป็น 82.8%

- 4) เกษตรกรสนใจนำเทคโนโลยีไปขยายผลโดยการนำปุ๋ยหมักไปทดสอบกับพืชไร่ พืชผัก และไม้ผล จำนวน 112 คน และ 68 กลุ่ม
- 5) เกษตรกรสนใจนำแบบแปลนโรงปุ๋ยไปก่อสร้างและปรับปรุงโรงเรือนหรือโรงปุ๋ยที่มีอยู่แล้ว จำนวน 13 คน และ 3 กลุ่ม งบประมาณก่อสร้าง 5,000 - 73,550 บาท จากงบประมาณส่วนตัว และ อบต. เป็นต้น

2.1.3 โครงการต้นแบบปุ๋ยอินทรีย์แบบเดิมอากาศของศูนย์ขยายผล ปี 2560 ได้ดำเนินการ ดังนี้

- 1) ศูนย์ได้ก่อสร้างและตรวจรับครบทั้งหมด 25 ศูนย์ ในไตรมาสที่ 2
- 2) การผลิตปุ๋ยหมัก เป้าหมาย 750 ตัน ผลิตได้ 999.1 ตัน คิดเป็น 133.2% ต้นทุนเฉลี่ย 2,136.1 บาท/ตัน
- 3) การอบรมเกษตรกร เป้าหมาย 1,500 คน เข้าอบรม 1,631 คน คิดเป็น 108.7% ได้คะแนนเพิ่มขึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน จำนวน 1,293 คน คิดเป็น 79.9%
- 4) เกษตรกรสนใจนำเทคโนโลยีไปขยายผลโดยการนำปุ๋ยหมักไปทดสอบกับพืชไร่ พืชผัก และไม้ผล จำนวน 65 คน และ 19 กลุ่ม
- 5) เกษตรกรสนใจนำแบบแปลนโรงปุ๋ยไปก่อสร้างและปรับปรุงโรงเรือนหรือโรงปุ๋ยที่มีอยู่แล้ว จำนวน 2 คน และ 3 กลุ่ม อยู่ในระหว่างดำเนินการทางงบประมาณมาก่อสร้างโรงปุ๋ย

2.1.4 การดำเนินการด้านอื่นๆ ของโครงการฯ

- 1) กปผ. จัดประชุมชี้แจงหัวหน้าส่วนราชการและเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบโครงการฯ จำนวน 75 ศูนย์ เกี่ยวกับแผนการดำเนินงาน 1 ครั้ง
- 2) กปผ. จัดพิมพ์เอกสารประกอบการฝึกอบรมเกษตรกรและแจกจ่ายให้ 75 ศูนย์
- 3) กปผ. ดำเนินการขออนุมัติจัดฝึกอบรมเกษตรกรจากปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์แล้ว และได้ส่งเอกสารให้ 75 ศูนย์ เรียบร้อยแล้ว
- 4) กปผ. ได้จัดประชุมชี้แจงเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบจากศูนย์วิจัยฯ ขยายผลปี 2560 จำนวน 25 ศูนย์ เกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมโครงการฯ และการรายงานผล
- 5) กปผ. จัดประชุมสรุปผลการดำเนินโครงการฯ 3 ปีงบประมาณ
- 6) กปผ. จัดพิมพ์เอกสารสรุปผลการดำเนินงานโครงการฯ 2 เล่ม และแจกจ่ายให้ 75 ศูนย์
- 7) กปผ. ได้สรุปรายงานโครงการฯ เรียนอธิบดี และกองแผนงานและวิชาการเรียบร้อยแล้ว

2.2 การประเมินข้อมูลพืชวิทยา

ปีงบประมาณ 2560 สรุปผลการประชุม ดังนี้ จำนวนเรื่องที่พิจารณา 1,503 เรื่อง ผ่าน 1,203 เรื่อง ไม่ผ่าน 230 เรื่อง ยกเลิก 70 เรื่อง

2.3 การถ่ายโอนภารกิจการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ย

2.3.1 ในปี 2557 สปผ. ได้รับรองเป็นห้องปฏิบัติการในการรับขึ้นทะเบียนปุ๋ย จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ ดังนี้

- 1) บริษัท ไอ ซี พี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
- 2) ห้องปฏิบัติการไทยเซ็นทรัล เคมี จำกัด (มหาชน)

2.3.2 ในปี 2558 กปผ. ได้รับรองเป็นห้องปฏิบัติการในการรับขึ้นทะเบียนปุ๋ย จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ ดังนี้

- 1) ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
- 2) บริษัท SGS (ประเทศไทย)

2.3.3 ในปี 2559 กปผ. โดยคณะทำงานกำหนดห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยภาคเอกชนตามมาตรการถ่ายโอนภารกิจได้ตรวจประเมิน จำนวน 1 ห้องปฏิบัติการ แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามประกาศฯ

2.3.4 ในปี 2560 กปผ. ได้ดำเนินการ ดังนี้

- 1) ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองเป็นห้องปฏิบัติการรับขึ้นทะเบียนปุ๋ย จำนวน 2 ห้องปฏิบัติการ ได้แก่ บริษัทไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) สาขาที่ 1 (สมุทรปราการ) และบริษัทไทยเซ็นทรัล เคมี จำกัด (มหาชน) สาขาพระนครศรีอยุธยา
- 2) ห้องปฏิบัติการได้ผ่านการต่ออายุ ได้แก่ บริษัท ไอ ซี พี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

3) ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองในขอบข่ายที่ 2 ได้แก่ บริษัท ไอ ซี พี อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด

2.4 การถ่ายโอนภารกิจงานมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัตถุดิบพืชการเกษตร วัสดุการเกษตร วัตถุเคมีการเกษตร) (งานตาม พ.ร.บ.วัตถุอันตราย)

2.4.1 กวพ. ได้ส่งตัวอย่างเพื่อทดสอบเปรียบเทียบผลให้กับบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขา ฉะเชิงเทรา และ บริษัทเคมแพค จำกัด และได้ส่งกลับมาแล้ว กวพ. ได้แปลผลทดสอบทั้งด้านสารออกฤทธิ์และคุณสมบัติทางกายภาพแล้ว และมี สวพ. เขตที่ 4 อุบลราชธานี เข้าร่วมทดสอบด้วย ขณะนี้อยู่ในระหว่างดำเนินการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2.4.2 การแก้ไขประกาศกรมฯ เพื่อให้สอดคล้องกับประกาศกระทรวงเกษตรฯ ที่ดำเนินการโดยสำนักนิติกร กรมฯ มีความล่าช้า โดย กปผ. ได้ส่งหนังสือไปตั้งแต่วันที่ 25 ก.ย.58 และ กวพ. ได้ส่งหนังสือทวงถามไปยังสำนักนิติการกรมฯ แต่ทางสำนักนิติการกรมฯ ไม่ดำเนินการแก้ไขประกาศกรมฯ ทำให้ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้อย่างเต็มที่เพราะไม่มีกฎหมายในการยอมรับ

2.4.3 ได้กำหนดหลักเกณฑ์ตลอดจนคุณสมบัติของหน่วยงานผู้รับการถ่ายโอนภารกิจ ต้องเป็นห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 แล้ว พร้อมแจ้งหน่วยงานต่างๆ ที่สนใจเข้าร่วมกิจกรรม

แผนและผลการดำเนินงานตามนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ปีงบประมาณ 2561

ข้อมูล ณ วันที่ 25 พฤษภาคม 2561

1. การกิจ กปผ.

ผลผลิตที่ 1

กิจกรรมที่ 1.1 วิจัยและพัฒนา

1) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 กปผ. รับผิดชอบงานวิจัย 38 โครงการ 163 การทดลอง

2) ความก้าวหน้าผลการดำเนินงาน ประมาณร้อยละ 65

กิจกรรมที่ 1.2 การบริการความหลากหลายทางชีวภาพ มีการดำเนินงาน 7 ชนิด

กิจกรรม	เป้าหมาย (ไอโซเลท)	ผลการดำเนินงาน	
		จำนวน (ไอโซเลท)	ร้อยละ (%)
1. การอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ไรโซเบียม	2,500	1,550	62
2. การอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ไมคอร์ไรซา	300	120	40
3. การอนุรักษ์แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระ	250	125	50
4. การอนุรักษ์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	250	125	50
5. การอนุรักษ์จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต	300	150	50
6. การอนุรักษ์จุลินทรีย์ผลิตสารยับยั้งศัตรูอินทรีย์	250	100	40
7. การอนุรักษ์จุลินทรีย์ส่งเสริมและกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช	100	60	60
รวม	3,950	2,230	50

ผลผลิตที่ 2 แผนงานผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต กปผ. รับผิดชอบผลิตปัจจัยการผลิต จำนวน 6 ชนิด

1) ยอดคงเหลือยกมาจากรายงานปี 2560 จำนวน 1,461.08 กก.

2) เป้าหมายการผลิต จำนวน 82,000 กก. ผลิตได้ 42,716 กก. (คิดเป็น 49.65% ของเป้าหมายการผลิต)

(ข้อมูลจากรายงาน สกป.)

กิจกรรม	เป้าหมาย (ตย.)	ยกยอด (กก.)	ผลิตได้		นำไปใช้ประโยชน์	
			กก.	%	กก.	%
1. ไมคอร์ไรซา	9,500	166.5	1,226.0	12.9	1,068.0	76.7
2. แหนแดง	15,000	-	7,000.0	46.7	7,000.0	100.0
3. PGPR-I	19,000	-	13,300.0	70.0	13,300.0	100.0
3.1 PGPR-I (กปว.)	16,000	-	11,000.0	68.8	11,000.0	100.0
3.2 PGPR-I (ศปผ.ขก.)	3,000	-	2,300.0	76.7	2,300.0	100.0
4. หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์	3,000	1,153.6	-	-	925.4	80.2
5. จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต	5,500	141.0	1,900.0	34.6	1,768.0	86.6
6. ไรโซเบียม	30,000	-	17,290.40	57.6	17,290.4	100.0
รวม	82,000	1,461.1	42,716	49.7	41,551.4	98.5

ผลผลิตที่ 3 สินค้าเกษตรมีคุณภาพได้มาตรฐาน กปผ. มีเป้าหมายให้บริการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวน 15,460 ตัวอย่าง
 ดูแลสุขภาพดินน้ำเพื่อการเกษตร จำนวน 6 ครั้ง และการพัฒนาห้องปฏิบัติการ 19 ห้องปฏิบัติการ (ข้อมูลจากรายงาน สงป.)

กิจกรรม 3.2.1 ตัวอย่างปัจจัยการผลิต/สินค้าพืช/ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ตรวจสอบ

กิจกรรม	เป้าหมาย (ตย.)	ผลการดำเนินงาน	
		จำนวน (ตย.)	ร้อยละ (%)
1. การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างพืชผักส่งออก (แปลงขึ้นทะเบียน)	30	0	0
2. สารพิษตกค้างในพืช ดินและน้ำ	30	4	13.33
3. ดิน	1,300	861	66.23
4. ปุ๋ยเคมี	9,000	6,185	68.83
5. ปุ๋ยอินทรีย์	500	236	47.20
6. ปุ๋ยชีวภาพ	550	393	71.45
7. พืช	400	491	122.75
8. น้ำ	400	173	43.25
9. วัตถุอันตราย	3,000	1,832	61.07
10. วัตถุเคมี	250	111	44.40
11. ดูแลสุขภาพดินน้ำเพื่อการเกษตร (ครั้ง)	6	6	100
รวม (ตัวอย่าง)	15,460	10,286	66.53
รวม (ครั้ง)	6	6	100

กิจกรรม 3.2.5 การตรวจร้านค้า/สินค้าเกษตร

กิจกรรม	เป้าหมาย (ตย.)	ผลการดำเนินงาน	
		จำนวน (ตย.)	ร้อยละ (%)
1. ตัวอย่างปุ๋ย (Q-shop, สารวัตร ปุ๋ยดำเนินคดีส่วน 2 และ 3)	439	61	13.90
2. ตัวอย่างวัตถุอันตราย (Q-shop และ สารวัตร)	310	134	43.23
รวม	749	195	26.03

กิจกรรม 3.2.7 กิจกรรมอื่นๆ

กิจกรรม	เป้าหมาย (ตย.)	ผลการดำเนินงาน	
		จำนวน (ตย.)	ร้อยละ (%)
1. การตรวจติดตามวัตถุอันตรายที่ขึ้นทะเบียนแล้ว (กวพ.)	100	111	111.00
2. การตรวจติดตามวัตถุอันตรายที่ขึ้นทะเบียนแล้ว (กกค.)	65	33	50.77
รวม	165	144	87.27

โครงการพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรสู่มาตรฐานประจำปี 2561

กิจกรรมที่ 3 การพัฒนาห้องปฏิบัติการฯ 2561 (ข้อมูลเดิม)

กิจกรรม	เป้าหมาย	ผลการดำเนินงาน
1. การตรวจติดตามห้องปฏิบัติการที่กรมฯให้การยอมรับ (การถ่ายโอนภารกิจ)	4	ตรวจติดตามและส่งตัวอย่างเปรียบเทียบ จำนวน 3 ครั้ง - ขอบข่ายที่ 1 จำนวน 5 ห้องปฏิบัติการ - ขอบข่ายที่ 1 จำนวน 1 ห้องปฏิบัติการ
กิจกรรม ISO 17025		
2. รักษาสภาพ/ขยายขอบข่าย ISO/IEC 17025 (Lab) (ข้อมูลจาก กวพ. 3 Lab)	5	2.1 ห้องปฏิบัติการ กวพ. (3 ห้อง) ได้รับการต่ออายุใบรับรองและขยายจากการตรวจประเมินของสำนักงานมาตรฐานห้องปฏิบัติการ (สมป.) กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2560 และขณะนี้ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรอยู่ระหว่างเตรียมความพร้อมในการปรับเปลี่ยนเข้าสู่มาตรฐานฉบับใหม่ ISO/IEC 17025:2017 2.2 ห้องปฏิบัติการ กกค. (1 ห้อง) ได้รับการตรวจติดตามภายนอกจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ เมื่อวันที่ 24 เม.ย. 61 พบข้อบกพร่อง 6 ข้อ ได้แก้ไขแล้ว เมื่อวันที่ 15 พ.ค.61 2.3 ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ชีวภาพ (1 ห้อง) จัดทำเอกสารคู่มือการใช้เครื่องมือและสอบเทียบเครื่องมือวิทยาศาสตร์
3. การยื่นขอรับรอง ISO 17043 เป็นผู้จัดโปรแกรมทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ (ห้อง Lab ใหม่)	1	ได้รับการตรวจเบื้องต้นและแก้ไขตามที่กรมวิทยาศาสตร์บริการให้การแนะนำแล้ว รอการตรวจประเมินจากหน่วยรับรอง ในวันที่ 19-20 มิ.ย. 61
4. การตรวจติดตามให้คำแนะนำห้องปฏิบัติการ สวพ. 1-8 (8 Lab)	8	ได้ติดตามคุณภาพภายใน ที่ สวพ. 7 แล้วได้ไปสาธิตและถ่ายทอดการวิเคราะห์โบรอน โมลิบดีนัมและคลอไรด์ในปุ๋ย และรายการวิเคราะห์อื่นๆ ที่ สวพ.2 สวพ.6 สวพ.7 สวพ.8 และสวพ.3 แล้ว
5. การจัดทำตัวอย่างอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบความสามารถของห้องปฏิบัติการ (ตัวอย่าง)		
5.1 ตัวอย่างอ้างอิงปุ๋ย	200	อยู่ระหว่างสุ่มตัวอย่างส่งวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน
5.2 ตัวอย่างอ้างอิงปุ๋ยอินทรีย์	200	อยู่ระหว่างสุ่มตัวอย่างส่งวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน
5.3 ตัวอย่างอ้างอิงดิน	400	อยู่ระหว่างคลุกเคล้าตัวอย่างดิน จำนวน 2 ชุดดิน 100 กก.
6. การจัดกิจกรรมเปรียบเทียบความสามารถห้องปฏิบัติการ (ครั้ง)		
6.1 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย	2	ส่งตัวอย่างให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 57 หน่วยงาน เมื่อวันที่ 27 เม.ย.61
6.2 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์	1	ส่งรายงานผลการประเมินให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 46 หน่วยงาน เมื่อวันที่ 26 เม.ย.61
6.3 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน	1	อยู่ระหว่างจัดทำรายงานผลการประเมินของผู้เข้าร่วมกิจกรรม จำนวน 48 หน่วยงาน
7. การเตรียมความพร้อมเพื่อยื่นรับรอง ISO 17025 ของห้องปฏิบัติการวัตถุเคมี (ห้อง Lab ใหม่)	1	ได้แต่งตั้งคณะทำงาน สอบเทียบเครื่องมือ และจัดทำเอกสารระบบคุณภาพแล้ว

2. การกิจที่ได้รับมอบหมาย

2.1 การประเมินข้อมูลพิษวิทยา

ปีงบประมาณ 2560 สรุปผลการประชุม ดังนี้ จำนวนเรื่องที่พิจารณา 1,503 เรื่อง ผ่าน 1,203 เรื่อง ไม่ผ่าน 230 เรื่อง ยกเลิก 70 เรื่อง (ข้อมูลสรุปผลปีงบประมาณ 2560 ณ วันที่ 27 ก.ย.60) ปีงบประมาณ 2561 สรุปผลการประชุม ดังนี้

ครั้งที่	ว/ค/ป	จำนวนเรื่องที่พิจารณา	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ยกเลิก
1	20 ต.ค.60	122	113	9	0
2	6 พ.ย.60	73	57	16	0
3	17 พ.ย.60	83	81	2	0
4	27 พ.ย.60	45	42	0	3
5	8 ธ.ค.60	38	36	1	1
6	18 ธ.ค.60	26	21	4	1
7	9 ม.ค.61	122	101	21	0
8	15 ม.ค.61	39	32	2	5
9	22 ม.ค.61	35	18	1	0
10	1 ก.พ.61	40	37	3	0
11	21 ก.พ.61	86	78	8	0
12	7 มี.ค.61	119	105	13	1
13	4 เม.ย.61	138	116	22	0
14	27 เม.ย.61	35	33	2	0
รวมทั้งหมด		1,001	870	104	11

2.2 การถ่ายโอนภารกิจการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ย (ข้อมูล ณ วันที่ 23 เม.ย.61)

2.2.1 รายชื่อห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยที่ได้รับการกำหนดเป็นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี ตามประกาศฯ กรมวิชาการเกษตร (ขอขยายที่ 1 ได้แก่ pH ความชื้น ความถ่วงจำเพาะ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ ยูเรียไนโตรเจน และ ไบยูเรต) ดังนี้

- 1) บริษัท ไอ ซี พี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
- 2) บริษัท ไทยเซ็นทรัล เคมี จำกัด (มหาชน) สาขา พระนครศรีอยุธยา
- 3) บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด
- 4) บริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย)
- 5) บริษัท ไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) สาขา สมุทรปราการ
- 6) บริษัท เทอร่าโกร ฟอर्टิไลเซอร์ จำกัด

2.2.2 รายชื่อห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยที่ได้รับการกำหนดเป็นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี ตามประกาศฯ กรมวิชาการเกษตร (ขอขยายที่ 2 ได้แก่ แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด และ อินทรีย์วัตถุ) ดังนี้

- 1) บริษัท ไอ ซี พี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
- 2) บริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย)

2.3 การถ่ายโอนภารกิจงานมาตรฐานปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุที่มีพิษทางการเกษตร วัสดุการเกษตร วัตถุเคมีการเกษตร) (งานตาม พ.ร.บ.วัตถุอันตราย)

2.3.1 กวพ. ได้ติดตาม ประเมินผลการทดสอบโครงการกับ 3 หน่วยงาน ได้แก่ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขา ฉะเชิงเทรา บริษัทเคมแฟค จำกัด และ สวพ. เขตที่ 4 อุบลราชธานี มีเพียง สวพ. เขตที่ 4 อุบลราชธานี ที่ผ่านการประเมิน

2.3.2 การแก้ไขประกาศกรมฯ เพื่อให้สอดคล้องกับประกาศกระทรวงเกษตรฯ ที่ดำเนินการโดยสำนักนิติกร กรมฯ ตั้งแต่วันที่ 25 ก.ย.58 แต่ยังไม่ได้ดำเนินการแก้ไขประกาศกรมฯ ทำให้ไม่สามารถดำเนินต่อไปได้อย่างเต็มที่ เพราะไม่มีกฎเกณฑ์ในการยอมรับ

2.3.3 มีห้องปฏิบัติการเข้าร่วมโครงการจำนวนไม่มาก เนื่องจากห้องปฏิบัติการที่จะเข้าร่วมโครงการได้ ต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 แล้ว

2.4 โครงการตามนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2.4.1 การผลิตปุ๋ยชีวภาพตามโครงการศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) และการผลิตปุ๋ยชีวภาพตามที่กรมส่งเสริมการเกษตรสนับสนุนงบประมาณ

กิจกรรม	เป้าหมาย (กก.)	ผลการดำเนินงาน	
		จำนวน (กก.)	ร้อยละ (%)
1. PGPR	13,000	9,000.0	69.2
1.1 PGPR (ศพก.)	3,000	3,000.0	100.0
1.2 PGPR (กสก.)	10,000	6,000.0	60.0
2. ไมคอร์ไรซา	2,000	595.5	22.3
รวม	15,000	9,595.5	64.0

ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ฟิโนบูคาร์บ (fenobucarb),
คาร์โบซัลแฟน (carbosulfan), ไดยูรอน (diuron), โคลมาโซน (clomazone),
เพนดิเมทาลิน (pendimethalin), ควินคลอแรก (quinclorac) และ
บิสไพริแบค-โซเดียม (bispiribac-sodium)

Study on Quality of Pesticide Formulations : Fenobucarb, Carbosulfan,
Diuron , Clomazone, Pendimethalin, Quinclorac and Bispiribac-sodium

จิราพรรณ ทองหยอด พินิตนันต์ สรวัยเอี่ยม ภัทรฤทัย คมนันธุ์ ดวงรัตน์ วิลาสินี พนิดา มงคลภูมิกุล
พิเชษฐ์ ทองละเอียด ทศนี อัฐพรพงษ์ ฉลองรัตน์ หมั่นขวา อนุชา ผลไสว สุกัญญา คำคง อิสริยะ สืบพันธุ์ดี

กลุ่มวิจัยวัฏมีพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pendimethalin, quinclorac และ bispiribac-sodium จากแหล่งจำหน่ายภายในเขตพื้นที่จังหวัดสระบุรี อยู่ธยา ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ปทุมธานี นครนายก นครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ชัยนาท และราชบุรี ได้ดำเนินการระหว่าง ปี 2560 ถึง 2561 ได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งหมด จำนวน 211 ตัวอย่างแบ่ง เป็นชนิดต่างๆ ดังนี้ fenobucarb 50% W/V จำนวน 31 ตัวอย่าง carbosulfan 20% W/V EC, 20% W/V SC, 5% GR จำนวน 38 ตัวอย่าง diuron 80% WP, 80%WG, 80% W/V EC จำนวน 29 ตัวอย่าง clomazone 48% W/V EC, 12% W/V EC จำนวน 28 ตัวอย่าง pendimethalin 33% W/V EC จำนวน 24 ตัวอย่าง quinclorac 50% WP, 25% W/V SC จำนวน 28 ตัวอย่าง และ bispiribac-sodium 20% WP, 10% W/V EC จำนวน 33 ตัวอย่าง ตรวจสอบคุณภาพตามข้อกำหนดองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO/WHO) คุณสมบัติทางเคมีตรวจสอบปริมาณสารออกฤทธิ์วิเคราะห์โดยใช้ GLC และ HPLC และปริมาณน้ำเจือปน และคุณสมบัติทางกายภาพตรวจสอบปริมาณ กรด-ด่าง หรือ pH วิธีทดสอบอ้างอิงตาม CIPAC Method พบว่า ผลการทดลองปี 2560-2561 การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์โดยเฉลี่ย fenobucarb ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 87.0% carbosulfan ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 71.8% diuron ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 96.1% clomazone ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 91.5% pendimethalin ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 95.4% bispiribac-sodium ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 93.2% และ quinclorac ปี 2560 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 95% สำหรับปริมาณน้ำเจือปน โดยเฉลี่ยในผลิตภัณฑ์ fenobucarb ปี 2560 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 70.6% carbosulfan ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% diuron ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 90.6% clomazone ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 78.9% pendimethalin ปี 2560 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% และ bispiribac-sodium ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 91.9% และความเป็นกรด-ด่างหรือ pH โดยเฉลี่ยในผลิตภัณฑ์ fenobucarb ปี 2560 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 94.1% carbosulfan ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% diuron ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% clomazone ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 90.8% pendimethalin ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% Quinclorac ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 95% และ bispiribac-sodium ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 98.2%

คำสำคัญ : วัตถุอันตรายทางการเกษตร คุณภาพ สารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช

คำนำ

ในปัจจุบันประชากรโลกมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นและมีอายุยืนยาวขึ้น ความต้องการบริโภคอาหารของประชากรเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้อุปสงค์ในด้านความต้องการสินค้าอุปโภค บริโภค มีจำนวนมากขึ้น เช่นกัน จึงเป็นโอกาสที่เกษตรกรจะมีรายได้มากขึ้นและมีคุณภาพชีวิตที่ดี แต่ในความเป็นจริงไม่เป็นเช่นนั้น เกษตรกรประสบปัญหาอย่างมากในขั้นตอนการผลิต ผลผลิตทางการเกษตรอันเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจากผลกระทบด้านต่างๆ ทั้งทางด้านสภาพอากาศ ปัญหาการเสื่อมจากการใช้ทรัพยากรที่ดิน หรือแม้แต่แนวทรัพยากรที่มีไม่ใช้ผลิตประเภทอันส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการ

เกษตรกร ทำให้เกษตรกรต้องเผชิญกับโรคและแมลงมากขึ้นจึงยากที่เกษตรกรจะหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและรักษาคุณภาพของผลผลิต จึงมีการใช้ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และสถานการณ์การนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรในแต่ละปียังน่าเป็นห่วงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร เป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญของเกษตรกร ดังเช่น สถิติการนำเข้าผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรในปี 2560 เช่น สารกำจัดแมลง carbosulfan มีการนำเข้าถึงปริมาณ 2,684,370.23 กิโลกรัม มีมูลค่าการนำเข้ากว่า 257.7 ล้านบาทและเป็นปริมาณนำเข้าเป็นอันดับ 4 ของปริมาณนำเข้าสารกำจัดแมลงทั้งหมด fenobucarb มีการนำเข้าปริมาณ 419,570.00 กิโลกรัม มีมูลค่าการนำเข้า 56.2 ล้านบาทและปริมาณนำเข้าเป็นอันดับ 6 ของปริมาณนำเข้าสารกำจัดแมลงทั้งหมด ถ้าคิดเป็นกิโลกรัม carbosulfan เป็นอันดับ 2 สารกำจัดวัชพืช diuron มีการนำเข้าปริมาณ 3,922,033.80 กิโลกรัม มีมูลค่าการนำเข้ากว่า 656.0 ล้านบาทและเป็นปริมาณนำเข้าเป็นอันดับ 7 ของสารกำจัดวัชพืชทั้งหมด bispyribac-sodium มีการนำเข้าปริมาณ 355,607.20 กิโลกรัม มีมูลค่าการนำเข้า 265.5 ล้านบาท เป็นต้น (สำนักควบคุมวัชพืชและวัสดุทางการเกษตร, 2560) ตัวอย่างชนิด คุณสมบัติ และรูปแบบสูตรผสม ของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายที่วางจำหน่าย เช่น carbosulfan เป็นสารกำจัดแมลงคาร์บาเมทประเภทดูดซึมออกฤทธิ์เมื่อสัมผัสถูก และกินตาย สูตรผสมที่วางจำหน่าย คือ 20%EC W/V 20% W/V SC และ5% GR fenobucarb เป็นสารกำจัดแมลงคาร์บาเมทสูตรผสมวางจำหน่าย คือ 50%WP diuron เป็นสารกำจัดวัชพืชยูเรีย กำจัดวัชพืชได้ทั้งก่อนงอกและภายหลังงอก สูตรผสมที่วางจำหน่าย คือ 80%W/V SC 80%WP และ80%WG (ปรีชา, 2537) clomazone เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทใบแคบและใบกว้าง ประเภทก่อนงอก สูตรผสมที่วางจำหน่าย คือ 48%W/V EC 12.5 %W/V EC pendimethalin เป็นสารกำจัดวัชพืช ใช้สำหรับวัชพืชก่อนงอก สูตรผสมที่วางจำหน่าย คือ 33%W/V EC quinclorac เป็นสารกำจัดวัชพืช ใช้หลังวัชพืชงอก สูตรผสมที่วางจำหน่าย คือ 25%W/V SC และ 50% WP และ bispyribac-sodium เป็นสารกำจัดวัชพืชในนาข้าว ใช้พ่นหลังวัชพืชงอก สูตรผสมที่วางจำหน่าย คือ 20%W/V SC และ 20%WP จะเห็นว่าสารแต่ละชนิดก็มีสูตรที่หลากหลาย เกษตรกรสามารถเลือกใช้ได้ตามต้องการ แต่อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ในปริมาณมากและหลายชนิดจะนำไปสู่ปัญหาผลกระทบจากใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร เช่น เกิดโรคมะเร็งไข้เจ็บ เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นหลักประกันว่าทุกสูตรผสมมีคุณภาพ และในปัจจุบันผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีการขึ้นทะเบียนแล้วจำหน่ายทั่วไปในแต่ละพื้นที่ที่เป็นแหล่งผลิตพืชที่สำคัญในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยซึ่งจากรายงานวิจัยที่ผ่านมายังคงพบว่าปริมาณความเข้มข้นในสูตรต่างๆ ของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรมีผิดมาตรฐานมาอย่างต่อเนื่อง เช่น atrazine ผิดมาตรฐาน 1.50% alachlor ผิดมาตรฐาน 2.30% (จิราพรธม และคณะ, 2558) ดังนั้นเพื่อเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตรให้มีมาตรฐานตรงตามที่ขึ้นทะเบียนและมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงได้จัดทำงานวิจัยนี้ขึ้น เพื่อศึกษาคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตรหลังการขึ้นทะเบียน และสนับสนุนงานควบคุมกำกับดูแลตาม พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2544 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551 ในพื้นที่จังหวัดต่างๆ ใกล้กับกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นแหล่งผลิตอาหารที่จะส่งมายังเมืองหลวงโดยทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่เกษตรกรนิยมใช้ 7 ชนิด คือ fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pendimethalin, quinclorac และ bispyribac-sodium เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพของสารให้ได้มาตรฐานตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO and WHO specification for Pesticides) โดยทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารออกฤทธิ์ ปริมาณน้ำเจือปน และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณกรด-ด่าง หรือ pH เพื่อควบคุมคุณภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ให้ตรงกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลาก ซึ่งมีรายการทดสอบ และวิธีวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น สารออกฤทธิ์ (Active ingredient), ความเป็นกรด (Acidity as H_2SO_4), ความเป็นด่าง (Alkalinity as NaOH), ค่ากรด-ด่าง (pH range) เป็นต้น เพื่อเป็นหลักประกันให้เกษตรกรจะได้ใช้ปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน มีปริมาณสารออกฤทธิ์ตรงตามที่ระบุบนฉลาก ลดปัญหาวัตถุอันตรายปลอม คุณภาพต่ำ หรือผิดมาตรฐาน นอกจากนี้ยังเป็นการคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภค และผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งหน่วยงานต่างๆ ของกรมวิชาการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ในฐานะผู้กำกับดูแลมาตรฐานผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรจึงให้ความสำคัญในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่อง Gas liquid Chromatograph (GLC) มีตัวตรวจวัดชนิด Flame Ionization Detector (FID)
2. เครื่อง High Performance liquid Chromatograph (HPLC) มีตัวตรวจวัดชนิด Diode Array Detector (DAD)
3. เครื่องชั่ง ความละเอียด 4 ตำแหน่ง (ซึ่งได้ระดับ 0.1 มิลลิกรัม) ผ่านการสอบเทียบ
4. เครื่อง ultrasonic bath
5. ขวดปริมาตร ขนาด 10, 25 และ 100 มิลลิลิตร (class A) ผ่านการสอบเทียบ
6. ขวด Vial พร้อมฝาปิด ขนาด 2 มิลลิลิตร
7. เครื่องวัด pH เครื่องวิเคราะห์ปริมาณกรด-ด่าง เครื่องไทเทรตอัตโนมัติ
8. เครื่องวัดปริมาณน้ำ Infrared Moisture Balance (IR) และ Karl Fischer titrator

สารเคมี

1. สารมาตรฐาน fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pendimethalin, quinclorac และ bispyribac-sodium
2. acetone ชนิด AR grade
3. acetonitrile และ methanol ชนิด HPLC grade
4. น้ำปราศจากไอออน (deionization water, DI)
5. ชุดน้ำยา Karl Fischer titration และ pH
6. phosphoric acid (H_3PO_4) และ acetic acid

วิธีการ

1. เก็บตัวอย่างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งจำหน่ายไม่น้อยกว่า 100 ตัวอย่างต่อปี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เก็บจากแหล่งจำหน่ายในเขตพื้นที่จังหวัดสระบุรี อยุธยา ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ปทุมธานี นครนายก นครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ชัยนาท และราชบุรี

2. ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ clomazone และ pendimethalin ใช้ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GLC-FID โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานโดยชั่งสารมาตรฐาน clomazone และ pendimethalin ให้มีความเข้มข้นสารออกฤทธิ์ประมาณ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 2 ข้าง ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติม acetone ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง ultrasonic bath 5 นาที ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย acetone แบ่งใส่ขวด Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.1.2 เตรียมสารละลายตัวอย่างโดย ชั่งผลิตภัณฑ์ตัวอย่างแต่ละชนิด ให้มีความเข้มข้นสารออกฤทธิ์ประมาณ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 3 ข้าง ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นเติม acetone ปริมาตร 15 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง ultrasonic bath 5 นาที ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วย acetone แบ่งใส่ขวด Vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

- 2.1.3 เตรียมสภาวะเครื่อง GLC ปรับค่าอัตราการไหลของก๊าซในการวิเคราะห์ ดังนี้

H_2 อัตราการไหล 40.0 มิลลิลิตรต่อนาที

Air อัตราการไหล 450.0 มิลลิลิตรต่อนาที

N_2 อัตราการไหล 45.0 มิลลิลิตรต่อนาที

โดยดำเนินการปรับสภาวะเครื่องในการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์แต่ละชนิดแสดงดัง Table 1

Table 1 condition GLC for analytical active ingredient of clomazone and pendimethalin

Active ingredient	column	Oven (°C)	Injector (°C)	Detector (°C)	Split ratio	Flow rate (mL/min)	Run time (min)
clomazone	HP-5	150-210 (15°C/min)	250	250	50:1	2	6
pendimethalin	HP-5	230	270	270	50:1	2	6

2.1.4 นำขวด Vial จากข้อ 2.1.1 กับ 2.1.2 ไปทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GLC ตามสภาวะของแต่ละสาร ก่อนทำการวิเคราะห์ตามข้อ 2.1.3 หาค่า relative percent different (%RPD) ก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าได้สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ โดยที่ค่า %RPD ต้องไม่เกิน 3 จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ต่อไป โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเทียบกับกราฟมาตรฐาน (standard) ของสารแต่ละชนิด จะได้เปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารออกฤทธิ์ในแต่ละตัวอย่างผลิตภัณฑ์

2.2 วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ carbosulfan diuron fenobucarb bispyribac-sodium และ quinclorac ใช้ความเข้มข้น 0.10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC-DAD โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานโดยชั่งสารมาตรฐาน carbosulfan diuron fenobucarb bispyribac-sodium และ quinclorac ให้มีความเข้มข้นสารออกฤทธิ์ ประมาณ 0.10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 2 ขวด ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติม methanol (สำหรับ carbosulfan diuron fenobucarb bispyribac-sodium) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และ acetonitrile (สำหรับ quinclorac) จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง ultrasonic bath 5 นาที ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย methanol หรือ acetonitrile กรองด้วย filter ขนาด 0.22 µm ใส่ขวด vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.2.2 เตรียมสารละลายตัวอย่างโดย ชั่งผลิตภัณฑ์ตัวอย่างแต่ละชนิด ให้มีความเข้มข้นสารออกฤทธิ์ประมาณ 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จำนวน 3 ขวด ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติม methanol (สำหรับ carbosulfan diuron fenobucarb bispyribac-sodium) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และ acetonitrile (สำหรับ quinclorac) จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง ultrasonic bath 5 นาที ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วปรับปริมาตรด้วย methanol กรองด้วย filter ขนาด 0.22 µm ใส่ขวด vial ขนาด 2 มิลลิลิตร

2.2.3 เตรียมสภาวะเครื่อง HPLC โดยปรับสภาวะเครื่องในการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์แต่ละชนิดแสดงดัง Table 2

Table 2 condition HPLC for analytical active ingredient of carbosulfan diuron fenobucarb bispyribac-sodium and quinclorac

Active ingredient	Mobile phase	column	Mobile phase (ratio)	Temperature (°C)	Wavelength	Flow rate (mL/min)	Stop time (Min)
carbosulfan	H ₂ O:MeOH	C-18	12:88	45	280	1	5
fenobucarb	H ₂ O:ACN	C-18	25:75	35	260	1	12
diuron	H ₂ O:MeOH	C-18	35:65	35	254	1	4
bispyribac-sodium	0.1% H ₃ PO ₄ :ACN	C-18	50:50	35	246	1	6
quinclorac	0.4 acetic acid:ACN	C-18	30:70	ambient	292	1	5

remark *MeOH = methanol, ACN = acetonitrile

2.2.4 นำขวด Vial จากข้อ 2.2.1 กับ 2.2.2 ไปทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ตามสภาวะของแต่ละสาร ก่อนทำการวิเคราะห์ตามข้อ 2.2.3 หาค่า Relative percent different (%RPD) ก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าได้สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ โดยที่ค่า %RPD ต้องไม่เกิน 3 จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ต่อไป โดยวิเคราะห์ข้อมูลเทียบกับสารมาตรฐาน (standard) ของสารแต่ละชนิด จะได้เปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารออกฤทธิ์ในแต่ละตัวอย่างผลิตภัณฑ์

2.3 การตรวจสอบปริมาณน้ำเจือปน

2.3.1 กรณีตัวอย่างเป็นของแข็ง ตรวจสอบปริมาณน้ำด้วยค่าการสูญเสียน้ำหนัก (Loss on weight) ตาม MT 17.0 CIPAC F โดยตัวอย่างที่บดละเอียด 5 กรัม ใส่ลงในกระตาดยชั่งสาร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Infrared Moisture Balance (IR) คำนวณหาปริมาณการสูญเสียน้ำหนักในตัวอย่าง ดังนี้

$$\% \text{การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

หมายเหตุ การวิเคราะห์ผล Infrared Moisture Balance (IR) จะประมวลผลอัตโนมัติ

2.3.2 กรณีตัวอย่างเป็นของเหลว ตรวจสอบปริมาณน้ำด้วย Karl Fischer Method ตาม MT 30.5 CIPAC J ใช้สาร imidazole และไทเทรตหาปริมาณน้ำโดยใช้เครื่อง auto-titrator มีขั้นตอนดังนี้

1) ทำ pre-titration ใส่สาร solvent หรือ dried methanol จนท่วมปลาย Pt-electrode แล้วไทเทรตเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่มีก่อนการวิเคราะห์

2) ทำ Standardization โดยเติมสาร di-sodium tetratate dehydrate ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนที่ระดับ 0.1 มิลลิกรัมประมาณ 0.2-0.25 มิลลิกรัม (W1) ทำการไทเทรตจนได้ปริมาตรสารที่จุดยุติ (V1) แล้วถ่ายสารละลายทิ้ง

3) วิเคราะห์หาปริมาณน้ำในตัวอย่างด้วยการทำ Pre-titration ก่อนแล้วเติมตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (W2) ลงไปแล้วทำการไทเทรตจนได้ปริมาตรสารที่จุดยุติ (V2)

คำนวณหาปริมาณน้ำในตัวอย่างดังนี้

$$\% \text{ water} = \frac{(15.66 \times W1 \times 1000 \times V2)}{(100 \times V1 \times W2)}$$

หมายเหตุ การวิเคราะห์ผล Karl Fischer จะประมวลผลอัตโนมัติ

3. ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ clomazone pendimethalin bispyribac-sodium carbosulfan diuron fenobucarb และ quinclorac ทำการตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นกรด-ด่างหรือ pH

3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นกรด-ด่าง และ pH

3.1.1 การตรวจสอบค่า pH ตาม MT 75.3 CIPAC J โดยการชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ลงในน้ำ DI แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที แล้ววัดค่า pH ของสารละลาย

3.1.2 การตรวจสอบค่าความเป็น กรด/ด่าง ตาม MT 191 CIPAC L โดยการชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ลงในน้ำ DI แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตกับ NaOH/HCl (ใช้เครื่องไทเทรตอัตโนมัติ) ปริมาณกรดได้ออกมาในรูป %Acidity, H₂SO₄ และต่างออกมาในรูป %Alkalinity, NaOH

4. การคำนวณพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลอง

4.1 การหา Relative percent different (%RPD)

$$\% \text{RPD} = \frac{(\text{Max} - \text{Min}) \times 100}{\text{Mean}}$$

สารละลายมาตรฐานทั้ง 2 ซ้ำ ต้องมีค่า%RPD ไม่เกิน 3% โดยใช้ค่า response factor ในการคำนวณ

$$\text{การหาค่า response factor} = \frac{\text{น้ำหนัก} \times \text{Purity}}{\text{Peak area}} \text{ หรือ } f = \frac{S \times P}{H_s}$$

S = น้ำหนักของสารมาตรฐาน (mg)

P = เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารมาตรฐาน

H_s = พื้นที่ใต้พีคของในสารละลายมาตรฐาน

4.2 การคำนวณหาปริมาณสารออกฤทธิ์ (a.i.) ดังสมการต่อไปนี้

ตัวอย่าง เช่น

$$a.i. = \frac{Hw \times f}{W}$$

Hw = พื้นที่ใต้พีค หรือ ความสูงของพีคของสารละลายตัวอย่าง

F = ค่าเฉลี่ย response factor

W = น้ำหนักของสารตัวอย่าง หน่วยเป็น (mg)

ระยะเวลา ตุลาคม 2559 และสิ้นสุด กันยายน 2561

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรทั้ง 7 ชนิด ในเขตพื้นที่ตอนกลางของประเทศ โดยสุ่มเก็บในพื้นที่ จังหวัดสระบุรี อุทัยธานี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ปทุมธานี นครนายก นครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ชัยนาท และราชบุรี ได้ตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 211 ตัวอย่าง โดยปี 2560 ได้ 105 ตัวอย่าง และปี 2561 ได้ 106 ตัวอย่าง แต่ละชนิดผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร สุ่มสำรวจได้ดังนี้ในปี 2560 fenobucarb ได้ 17 ตัวอย่าง carbosulfan 19 ตัวอย่าง diuron 13 ตัวอย่าง clomazone 15 ตัวอย่าง pendimethalin 11 ตัวอย่าง quinclorac 14 ตัวอย่าง และ bispyribac-sodium 16 ตัวอย่าง และปี พ.ศ. 2561 fenobucarb 14 ตัวอย่าง carbosulfan 19 ตัวอย่าง diuron 16 ตัวอย่าง clomazone 13 ตัวอย่าง pendimethalin 13 ตัวอย่าง quinclorac 14 ตัวอย่าง bispyribac-sodium 17 ตัวอย่าง จากการสำรวจวัตถุอันตรายทางการเกษตรแต่ละชนิด มีลักษณะสูตรผสมที่พบหลายรูปแบบ เช่น carbosulfan มีทั้งรูปแบบน้ำมันเข้มข้น (20% W/V EC) แบบแขวนลอยเข้มข้น (20% W/V SC) และแบบเม็ดพร้อมใช้ (5% GR) Diuron แบบผงละลายน้ำ (80% WP) แบบเม็ดละลายน้ำ (80% WG) หรือแบบแขวนลอยเข้มข้น (80% W/V SC) และ fenobucarb แบบน้ำมันเข้มข้น (50% W/V EC) (กลุ่มกัญและสัตว์วิทยา, 2551, กระดาษกรมวิชาการเกษตร, 2560) เป็นต้น ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการโดยพิจารณาตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO and WHO specification for Pesticide) ทำการตรวจวิเคราะห์ทั้งปริมาณสารออกฤทธิ์ และคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1. ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทั้ง 7 ชนิด ปี 2560 ให้ผลการทดลองดัง Table 3

Table 3 results (2560) of active ingredient fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pendimethalin, quinclorac and bispyribac-sodium

No.	common name	%a.i. and formulated	number of sample	criteria	passed of criteria	failed of criteria	% of criteria
1	fenobucarb	50% W/V EC	17	47.5 - 52.5	15	2	88.2
2	carbosulfan	20% W/V EC	16	19.0 - 21.0	15	1	93.8
		5% GR	3	4.50 - 5.50	1	2	33.3
3	diuron	80% WP	9	77.0 - 83.0	9	-	100.0
		80% WG	1	77.5 - 82.5	1	-	100.0
		80% W/V SC	3	77.5 - 82.5	3	-	100.0
4	clomazone	48% W/V EC	5	45.6 - 50.4	5	-	100.0
		12% W/V EC	10	11.3 - 12.7	9	1	90.0
5	pendimethalin	33% W/V EC	11	31.4 - 34.6	10	1	90.9
6	quinclorac	50% WP	4	47.5 - 52.5	4	-	100.0
		25% W/V SC	10	23.5 - 26.5	9	1	90.0
7	bispyribac-sodium	20% WP	14	18.8 - 21.2	13	1	92.9
		10% W/V SC	2	9.0 - 10.0	2	-	100.0

Table 4 results (2561) of active ingredient fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pedimethalin, quinclorac and bispyribac-sodium

No.	common name	%a.i. and formulated	number of sample	criteria	passed of criteria	failed of criteria	% of criteria
1	fenobucarb	50% W/V EC	14	47.5 - 52.5	12	2	85.7
2	carbosulfan	20% W/V EC	14	19.0 - 21.0	14	-	100.0
		5% GR	5	4.50 - 5.50	3	2	60.0
3	diuron	80% WP	13	77.0 - 83.0	10	3	76.9
		80% WG	1	77.5 - 82.5	1	-	100
		80% W/V SC	2	77.5 - 82.5	2	-	100
4	clomazone	12% W/V EC	13	11.3 - 12.7	11	2	84.6
5	pendimethalin	33% W/V EC	13	31.4 - 34.6	13	-	100.0
6	quinclorac	50% WP	5	47.5 - 52.5			-
		25%W/V SC	9	23.5 - 26.5			
7	bispyribac-sodium	20% WP	11	18.8 - 21.2	11	-	100.0
		10% W/V SC	6	9.00 - 11.0	5	1	80.0

จากการศึกษาสารออกฤทธิ์ (a.i.) ของผลิตภัณฑ์และรูปแบบของสูตรผสมแบบต่างๆ ใน Table 3 และ Table 4 พบว่าผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 76.9 - 100% แสดงว่าวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมีคุณภาพ สอดคล้องกันทั้งปี 2560 และ ปี 2561 แต่อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์คาร์โบซัลแฟน (carbosulfan 5%GR) ชนิดเม็ด ผิดมาตรฐานมากถึง 77.7% ได้มาตรฐานเพียง 33.3% ในปี 2560 และสอดคล้องกับปี 2561 ที่ผิดมาตรฐาน 60% ได้มาตรฐาน 40% ฉะนั้น คาร์โบซัลแฟนชนิดเม็ดเป็นสูตรที่ต้องเฝ้าระวังเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์สารที่ผิดมาตรฐานมาก แต่อย่างไรก็ตามจำนวนของคาร์โบซัลแฟนชนิดเม็ดที่สามารถสุ่มเก็บได้มีปริมาณน้อย มีแค่ 3 ตัวอย่าง และการวางจำหน่ายร้านค้าก็มีไม่มาก ไม่ก็ซื้อการค้าเมื่อเทียบกับคาร์โบซัลแฟนสูตรแบบน้ำมันเข้มข้น (20% W/V EC) อย่างไรก็ตามจากการตรวจดูจากแหล่งผลิตและระยะเวลาในการผลิต พบว่า คาร์โบซัลแฟนเม็ดจากแหล่งผลิตที่มีมาตรฐานและระยะเวลาจำหน่ายหลังการผลิตไม่เกิน 2 ปี ผลิตภัณฑ์จะไม่ผิดมาตรฐานมาก และจากการสุ่มสำรวจหลายชื่อการค้า พบว่าชื่อการค้าที่มีมาตรฐานจะมีวางจำหน่ายมาก และอีกสาเหตุที่พบผิดมาตรฐานภาชนะบรรจุชำรุด ทำให้ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรไม่ได้มาตรฐาน ส่วนผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น diuron จะพบว่าสูตรผสมเป็นที่นิยมและมีวางจำหน่ายในร้านค้ามาก คือสูตรแบบผงละลายน้ำ (diuron 80% W/V) ในปี 2560 ไม่พบผิดมาตรฐาน แต่ในปี 2561 พบว่าผิดมาตรฐาน 23.1% ผลิตภัณฑ์ที่ตรวจผิดมาตรฐาน พบว่ามีสารมากกว่าที่เกณฑ์กำหนด การผิดมาตรฐานของไดยูรอนผงจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานแต่จะตกค้างในพืชปลูกและสิ่งแวดล้อมไม่เป็นไปตามค่า PHI สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์โดยเฉลี่ยทั้งปี 2560 และ ปี 2561 พบว่า จะมีค่าได้มาตรฐานเป็นส่วนมาก

2. การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ดำเนินการตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร โดยการตรวจสอบ ค่าความเป็นกรด - ด่าง หรือ pH และปริมาณน้ำเจือปน ผลการทดลองแสดงผลดัง Table 5

Table 5 results (2560) of physical properties and impurity fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pendimethalin, quinclorac and bispyribac-sodium

No.	common name	%a.i. and formulated	number of sample	water content (%)				pH or acid- base (%)				remark
				criteria	passed of criteria	failed of criteria	% of criteria	criteria	Passed of criteria	failed of criteria	% of criteria	
1	fenobucarb	50% W/V EC	17	0.2*	12	5	70.6	4.0 -9.0*	16	1	94.1	base acid
2	carbosulfan	20% W/V EC	16	0.2	16	-	100.0	0.1	16	-	100.0	
		5% GR	3	-	-	-	-	0.05	3	-	100.0	
3	diuron	80% WP	9	2.5	7	2	77.8	-	-	-	-	
		80% WG	1	1.5	1	-	100.0	6.0-10.0	1	-	100.0	
		80% W/V SC	3	-	-	-	-	6.0-10.0*	3	-	100.0	
4	clomazone	48% W/V EC	5	1.0*	5	-	100.0	4.5-6.5*	4	1	80.0	
		12.5% W/VEC	10	1.0*	6	4	60.0	4.5-6.5*	10	-	100.0	
5	pendimetalin	33% W/V EC	11	1.0*	11	-	100.0	6.0-8.0*	7	4	63.6	
6	quinclorac	50% WP	4	-	-	-	-	3.0 -6.0	4	-	100.0	
		25% W/V SC	10	-	-	-	-	2.5 -5.5	10	-	100.0	
7	Bispyribac-sodium	20% WP	14	2.0*	13	1	92.9	8.0-11.0*	13	1	92.9	
		10% W/V SC	2	-	-	-		7.0-10.0*	2	-	100.0	

Remark : - mean nil or not detect from FAO specification, * criteria of Department of Agriculture

Table 6 results (2561) of physical properties and impurity fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pendimethalin, quinclorac and bispyribac-sodium

No.	common name	%a.i. and formulated	number of sample	water content (%)				pH or acid- base (%)				remark
				criteria	passed of criteria	failed of criteria	% of criteria	criteria	passed of criteria	failed of criteria	% of criteria	
1	fenobucarb	50% W/V EC	14	0.2*				4.0 -9.0*			-	
2	carbosulfan	20% W/V EC	14	-	14	-	100.0	0.1	14	-	100.0	base
		5% GR	5	-	-	-	-	0.05	5	-	100.0	acid
3	diuron	80% WP	13	2.5	11	2	84.6	-	-	-	-	
		80% WG	1	1.5	1	-	100.0	6.0-10.0	1	-	100.0	
		80% W/V SC	2	-	-	-	100.0	6.0-10.0*	2	-	100.0	
4	clomazone	12.5% W/VEC	13	1.0*	10	3	76.9	4.5-6.5*	12	1	92.3	
5	pendimetalin	33% W/V EC	13	1.0*				6.0-8.0*			-	-
6	quinclorac	50% WP	5	-	-	-	-	3.0 -6.0	4	1	80.0	
		25% W/V SC	9	-	-	-	-	2.5 -5.5	9	-	100.0	
7	Bispyribac-sodium	20% WP	11	2.0*	10	1	90.9	8.0-11.0*	11	-	100.0	
		10% W/V SC	6	-	-	-	-	7.0-10.0*	6	-	100.0	

Remark : - mean nil or not detect from FAO specification, * criteria of Department of Agriculture

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์และรูปแบบของสูตรผสมแบบต่างๆ ใน Table 5 และ Table 6 คุณสมบัติทางกายภาพทั้งปริมาณน้ำเจือปน ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH พบว่า มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 70.6-100% แสดงว่าผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายจะมีคุณภาพและประสิทธิภาพตามไปด้วย เนื่องจากสมบัติเหล่านี้จะไปสนับสนุนประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพตัวแรกที่ศึกษาคือปริมาณน้ำเจือปน ในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายมีหลายสูตรผสมที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO&WHO) กำหนดให้ตรวจ เช่น ในสูตรน้ำมัน (EC) ผงละลายน้ำ (WP) และเม็ดละลายน้ำ (WG) เป็นต้น (กลุ่มกัญและสัตว์วิทยา, 2551) เนื่องจากในสูตรเหล่านี้ไม่ต้องการให้น้ำเป็นส่วนประกอบหรือมีได้แต่ไม่เกินเปอร์เซ็นต์ที่กำหนด เพราะน้ำสามารถทำปฏิกิริยา Hydrolysis กับสารออกฤทธิ์ จากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณน้ำผลที่ได้ทั้งปี 2560 และ 2561 ส่วนมากจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 90-100% และสำหรับความเป็นกรด-ด่างหรือ pH จะมีผลต่อเสถียรภาพของสารออกฤทธิ์ เช่น Quinclorac FAO/WHO จะกำหนดค่า pH ไว้ที่ 3.0-6.0 ซึ่งจะ

เป็นค่า pH ที่ Quinclorac มีเสถียรภาพสูงสุด (Agrochemical,1993) และจากการตรวจวิเคราะห์ ค่ากรด-ด่าง หรือ pH ผลที่ได้ทั้งปี 2560 และ 2561 ผลิตรถยนต์วัตุอันตรายทางการเกษตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 80-90% ตามข้อกำหนดของ FAO/WHO ผลิตรถยนต์ส่วนใหญ่จะถูกกำหนดให้ตรวจความเป็นกรด-ด่างหรือ pH โดยเฉพาะสูตรที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน เช่นสูตรแบบสารเข้มข้น (SC) จะมีผลอย่างมากต่อสารออกฤทธิ์เนื่องจากถ้ามีค่า pH ความเป็นกรดหรือด่างในปริมาณมากเกินไปจะทำให้โปรตอน (H^+) ทำปฏิกิริยากับน้ำและมีผลทำให้สารออกฤทธิ์เปลี่ยนโครงสร้างและเสื่อมสภาพได้ (agrochemical, 1993) จากผลการทดสอบค่า pH ในสูตรแบบสารเข้มข้น (SC) ค่าที่ได้จะผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% ทุกสูตรผสม ผลการศึกษาปริมาณน้ำเจือปนโดยเฉลี่ยในปี 2560 และ 2561 ในผลิตรถยนต์ fenobucarb ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 70.6% (เฉพาะปี 2560) carbosulfan ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% diuron ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 90.6% clomazone ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 78.9% pendimethalin ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% bispyribac-sodium ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 91.9% ส่วนปริมาณกรด-ด่าง หรือ pH โดยเฉลี่ยในปี 2560 และ 2561 carbosulfan ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% diuron ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% clomazone ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 90.8% pendimethalin ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 100% quinclorac ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 95% และ bispyribac-sodium ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 98.2% ผลิตรถยนต์ fenobucarb ปี 2560 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 94.1% จึงกล่าวได้ว่าคุณภาพของผลิตรถยนต์วัตุอันตรายทางการเกษตรโดยแท้จริงแล้วนอกจากการพิจารณาสารออกฤทธิ์แล้วคุณสมบัติทางกายภาพของสารผลิตรถยนต์ก็เป็นปัจจัยบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของผลิตรถยนต์วัตุอันตรายได้ดีอีกด้วย รวมทั้งแหล่งผลิตและกระบวนการผลิตก็อาจทำให้มีผลต่อสารออกฤทธิ์ได้เช่นกัน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณภาพผลิตรถยนต์วัตุอันตรายทางการเกษตรทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pedimethalin, quinclorac และ bispyribac-sodium ในเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยสุ่มเก็บในพื้นที่จังหวัดสระบุรี อยุธยา ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ปทุมธานี นครนายก นครปฐม สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ชัยนาท และราชบุรี ในปี 2560 ได้ตัวอย่าง 105 ตัวอย่าง และปี 2561 ได้ 106 ตัวอย่าง รวมทั้งหมดจำนวน 211 ตัวอย่าง โดยภาพรวมของปริมาณสารออกฤทธิ์ ตัวอย่างทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คิดเป็น 76.9-100% ผิดมาตรฐาน 0-23.1 % แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามีค่าผิดมาตรฐานมากกว่า 1 สูตรผสม คิดเป็น 33.3% ผลิตรถยนต์คาร์โบซัลเฟนชนิดเม็ด และผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ พบว่าผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานเป็นส่วนมาก คิดเป็น 70.6-100% คุณสมบัติทางกายภาพไม่ได้มาตรฐานมากที่สุด คือ ปริมาณน้ำของ fenobucarb 50% W/V EC ไม่ได้มาตรฐานคิดเป็น 29.4%

จากผลการทดสอบตัวอย่างทั้งหมด ตัวอย่างที่พบว่าผิดมาตรฐานมากที่สุด คือ คาร์โบซัลเฟนชนิดเม็ด อย่างไรก็ตามเนื่องจากในงานวิจัยนี้มีการสุ่มตัวอย่างผลิตรถยนต์วัตุอันตรายทางการเกษตรมากชนิดและมีเวลาในการศึกษาจำกัด ทำให้ผู้ทำการวิจัยไม่สามารถกลั่นในแต่ละผลิตรถยนต์และแต่ละสูตรผสมให้ครบถ้วนได้ นอกจากนี้จำนวนตัวอย่างสูตรผสมในแต่ละผลิตรถยนต์มีการกระจายไม่เท่ากัน เนื่องจากแต่ละร้านค้าจะนำผลิตรถยนต์ที่เกษตรกรต้องการและราคาเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรส่วนใหญ่มาวางจำหน่าย ในการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งไปที่สูตรผสมที่วางจำหน่ายมากเป็นหลักแต่ก็ไม่ได้ละเลยสูตรที่มีน้อยแต่อย่างไร ผลการศึกษาที่ได้จึงจะสามารถใช้เป็นหลักประกันได้ว่าเกษตรกรจะได้ใช้ผลิตรถยนต์วัตุอันตรายทางการเกษตรที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน

สำหรับข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไปนั้นควรกำหนดให้มีตัวอย่างประมาณ 1-2 ชื่อสามัญ และศึกษาแต่ละสูตรอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ และครอบคลุมทุกสูตรสูตรผสมในแต่ละผลิตรถยนต์ เพื่อยืนยันได้ว่าเกษตรกรจะได้ใช้ผลิตรถยนต์วัตุอันตรายที่มีคุณภาพ ไม่ว่าจะเป็นสูตรผสมรูปแบบใดก็ตาม และในงานวิจัยนี้ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ข้อมูลบางข้อมูลยังไม่ครบเนื่องจากอยู่ระหว่างการวิเคราะห์และประเมินผลคาดว่าจะแล้วเสร็จสมบูรณ์ตามกำหนดในปี 2561

1. สามารถเผยแพร่ไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งเกษตรกรผู้ใช้และร้านจำหน่ายวัตุอันตรายทางการเกษตรให้ทราบถึงคุณภาพของผลิตรถยนต์รวมทั้งสูตรผสมแต่ละสูตรของของผลิตรถยนต์วัตุอันตรายทางการเกษตร fenobucarb, carbosulfan, diuron, clomazone, pedimethalin, quinclorac และ bispyribac-sodium
2. เป็นข้อมูลสนับสนุนในการเฝ้าระวังและควบคุมคุณภาพของผลิตรถยนต์วัตุอันตรายทางการเกษตรที่ผ่านการขึ้นทะเบียนแล้วของผลิตรถยนต์วัตุอันตรายทางการเกษตรข้างต้น

3. นำไปใช้เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพสำหรับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ.2535 และเพิ่มเติม พ.ศ.2551 เพื่อการกำกับดูแลคุณภาพผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรข้างต้น

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 2551. คำแนะนำ การป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2551. 294น.

จิราพรรณ ทองหยอด จิตตานันท์ สรวายเอี่ยม มนัสนันท์ อรชุน พิเชษฐ์ ทองละเอียด ทศนี จงกลาง
ฉลองรัตน์ หมื่นขวา อนุชา ผลไสว และสุกัญญา คำคง. 2558. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อะมีทริน (Ametryn) อะทราซีน (Atrazine) และ อะลาคลอร์ (Alachlor). ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2558 กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. เล่ม 2. 222น.

ปรีชา พุทธิปริชาพงศ์. 2537. สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย. ฝ่ายสารสารวัตรเกษตร. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 371น.

ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง การกำหนดอัตราความเข้มข้นในแต่ละสูตรของวัตถุอันตรายที่รับขึ้นทะเบียน (ฉบับที่ ๖). 2560. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 134 ตอนพิเศษ 74 ง. 12น.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปีพ.ศ. 2560 (ออนไลน์, สืบค้นเมื่อ 22 พ.ค 2561)

Anonymous. 1993. The Agrochemicals Handbook 3rd ed. The Royal Society of Chemistry Cambridge, England.

Dobrat W. and Martijn A. 1995. CIPAC Handbook Vol. F : Analysis of Technical and Formulated Pesticides. Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, The Black Bear Press, England.

Dobrat W. and Martijn A. 2000. CIPAC Handbook Vol. J : Analysis of Technical and Formulated Pesticides. Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, The Black Bear Press, England.

Dobrat W. and Martijn A. 2006. CIPAC Handbook Vol. L : Analysis of Technical and Formulated Pesticides. Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, The Black Bear Press, England.

ทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดพืชสะเดา ว่านน้ำ และหางไหลที่มีต่อแมลงศัตรูพืช
และแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในแปลงพริก
Efficacy of Crude Extract from Neem, Sweet flag and *Derris elliptica*
Against Insect Pests and Natural Enemies of Insect in Organic Chilli.

ธนิดา คำอำนวย^{1/} ศิริพร สอนท่าโก^{1/} พรรณิกา อัดตนน^{1/}
สุขลวจันน์ ว่องไวลิขิต^{2/} อติติยา แก้วประดิษฐ์^{2/}

กลุ่มวิจัยศัตรูพืชการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดพืชสะเดา ว่านน้ำและหางไหลที่มีต่อแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในแปลงพริก โดยการศึกษาในเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ ไรตัวห้ำและแมลงช้างปีกใส สารวจและเก็บแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติจากแปลงพริกอินทรีย์ของเกษตรกร จังหวัดนครปฐม ทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดพืชสะเดา หางไหลและว่านน้ำในแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในห้องปฏิบัติการ ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในสารสกัดพืช และทดสอบหาค่าระยะเวลาที่สามารถทำให้แมลงตายได้ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (Median Lethal Time : LT₅₀) ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนกันยายน 2560 พบว่า ผลประสิทธิภาพสารสกัดหางไหล 1 เปอร์เซ็นต์ มีสารสำคัญโรติโนน 0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เพลี้ยอ่อนตายได้สูง 97.13 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า LT₅₀ เท่ากับ 35.5 ชั่วโมง สารสกัดสะเดา 6 เปอร์เซ็นต์ มีสารสำคัญอะเซติลโคลีน 18.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เพลี้ยอ่อนตาย 62 เปอร์เซ็นต์และมีค่า LT₅₀ เท่ากับ 66.9 ชั่วโมง สารสกัดว่านน้ำ 4 เปอร์เซ็นต์ มีสารเบต้า-อะซาโรน 28.49 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เพลี้ยอ่อนตาย 61 เปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกับสารสกัดสะเดาแต่มีค่า LT₅₀ เท่ากับ 78.3 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าสารสกัดสะเดา สำหรับการทดสอบสารสกัดพืชในเพลี้ยไฟพริก พบว่า สารสกัดสะเดา 1 เปอร์เซ็นต์ มีสารสำคัญอะเซติลโคลีน 4.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เพลี้ยไฟตาย 87.67 เปอร์เซ็นต์ มีค่า LT₅₀ เท่ากับ 4.35 ชั่วโมง สารสกัดหางไหล 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีสารสำคัญโรติโนน 0.42 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า LT₅₀ เท่ากับ 22 ชั่วโมง ในการทดสอบสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิดกับแมลงศัตรูธรรมชาติ คือ ไรตัวห้ำ *Amblyseius longispinosus* และตัวอ่อนของแมลงช้างปีกใส *Mallada basalis* วัยที่ 2 พบว่าสารสกัดทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลต่อแมลงศัตรูธรรมชาติดังกล่าว จากผลประสิทธิภาพของสารสกัดพืชสะเดา หางไหลและว่านน้ำต่อเพลี้ยอ่อนและเพลี้ยไฟ รวมทั้งผลกระทบต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ จึงควรสนับสนุนและส่งเสริมการนำสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิดมาใช้ในการผลิตพืชแบบอินทรีย์และนำไปทดสอบในพื้นที่ หรือวิจัยพืชชนิดอื่นๆ ต่อไป

คำหลัก : สารสกัดพืช สะเดา หางไหล ว่านน้ำ แมลงศัตรูพืช แมลงศัตรูธรรมชาติ พริก

คำนำ

พริก (*Chilli, Capsicum spp.*) เป็นพืชผักในวงศ์ Solanaceae เป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่ใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศกว่า 5 แสนไร่ได้ผลผลิตกว่า 6 แสนตันการปลูกซ้ำที่เดิมและขยายพื้นที่การปลูกเป็นบริเวณกว้างติดต่อกันปัญหาต่างๆก็จะสะสมมากขึ้นโดยเฉพาะปัญหาแมลงศัตรูพริกที่สำคัญ ได้แก่ เพลี้ยไฟ (thrips) หนอนเจาะสมอฝ้าย (cotton bollworm) ไรขาวพริก (broad mite) เพลี้ยอ่อน (aphids) และหนอนแมลงวันมะเขือ เป็นต้น เพลี้ยไฟพริก (*Scirtothrips dorsalis* Hood) ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากยอด ใบอ่อน ตาดอกและดอก ส่วนใหญ่เข้าทำลายบริเวณยอดอ่อนและใบอ่อน

^{1/} กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

^{2/} สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ทำให้ยอดอ่อนหรือใบอ่อนนั้นหงิก เมื่อใบพริกแก่ จะเห็นเป็นรอยกร้านสีน้ำตาล พริกจะชะงักการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตน้อย และมีอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตสั้น หากเพลี้ยไฟพริกระบาดในระยะพริกออกดอก ก็จะทำให้ดอกพริกร่วงได้ง่าย หากระบาดในระยะที่พริกติดผล พริกก็จะมีลักษณะบิดงอ แคระแกร็นและมีคุณภาพต่ำไม่เป็นที่ต้องการของตลาด หากเกิดเพลี้ยไฟพริกระบาดในช่วงอากาศแห้งแล้ง ฝนไม่ตก ต้นพริกขาดน้ำ จะทำความเสียหายได้มากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (ธารรงค์, 2551) เพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii* Glover) เป็นแมลงศัตรูของพืชผัก พืชไร่ และไม้ผลหลายชนิด ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบและยอด การทำลายของเพลี้ยอ่อนในพริกจะทำให้เกิดใบบิดเป็นคลื่น ทำให้ต้นพืชชะงักการเจริญเติบโต และยังเป็นพาหะนำเชื้อไวรัสทำให้เกิดโรคใบด่างในพริก มักระบาดในช่วงอากาศแห้งแล้ง และแมลงศัตรูพริกชนิดอื่นๆ เช่น ไรขาวพริก หนอนกระทุ้งผัก แมลงวันผลไม้ เป็นต้น ซึ่งเมื่อมีการระบาดของแมลงศัตรูพืชเกิดขึ้น ทำให้เกษตรกรมีการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อแก้ไขปัญหา ควบคุมการระบาดหรือการเข้าทำลายของศัตรูแมลงพริกดังกล่าว ซึ่งการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้องอาจส่งผลให้เกิดปัญหาสารตกค้างในผลผลิต สิ่งแวดล้อม และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค รวมถึงมีผลกระทบต่อแมลงศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพริก ส่งผลต่อระบบนิเวศน์ ซึ่งแมลงศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพริก เช่น แมลงช้างปีกใส โดยตัวอ่อนแมลงช้างปีกใสเป็นแมลงศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง ประภัสสร (2553) พบว่า แมลงช้างปีกใส *Mallada basalis* มีความสามารถในการกินศัตรูพืช เรียงตามลำดับ ไข่ม้วนข้าวสาร เพลี้ยอ่อน เพลี้ยแป้ง และไรแดงอหิวกัน ไรตัวห้ำเป็นแมลงศัตรูธรรมชาติของไรขาวพริก เป็นต้น

ในการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ มีมาตรฐานและข้อกำหนดไม่ให้ใช้สารเคมีเกษตรใดๆ ในการผลิต มีมาตรฐานที่เข้มงวดปฏิเสธการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การปลูกพริกแบบอินทรีย์เมื่อเกิดปัญหาการระบาดหรือเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช จึงไม่สามารถใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ ทำให้ทางเลือกในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีไม่มาก การใช้สารสกัดจากพืชจึงเป็นทางเลือกสำหรับนำมาใช้เพื่อทดแทนสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และใช้ในการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ได้ ซึ่งประเทศไทยมีพืชสมุนไพรหลายชนิด เช่น สะเดา หางไหล (โล่ตีน) ว่านน้ำ หนอนตายหยาก ตะไคร้หอม สدابเสือ เป็นต้น มีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ควบคุมศัตรูพืชแทนสารเคมีได้ ไม่มีพิษตกค้าง เนื่องจากสารธรรมชาติส่วนใหญ่จะสลายตัวได้เร็ว พรหมณี (2555) ได้ทำการศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์สารธรรมชาติลดการใช้คลอไพริฟอสในพริก พบว่า เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันเพลี้ยไฟแล้วสารธรรมชาติสามารถทดแทนสารเคมีคลอไพริฟอสได้และไม่มีพิษตกค้าง ทำให้เป็นโอกาสที่ดีในการนำพืชต่างๆ มาทำการวิจัยเพื่อพัฒนาการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตระบบเกษตรอินทรีย์ และเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศให้เกิดประโยชน์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดา หางไหลและว่านน้ำต่อแมลงศัตรูพืชและผลกระทบต่อศัตรูธรรมชาติที่พบในแปลงพริกที่ผลิตแบบระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อนำสารสกัดพืชดังกล่าวมาใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตพริกอินทรีย์

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว ได้แก่ Volumetric flask, Pipette, separation funnel , cylinder เป็นต้น
2. สารเคมี ได้แก่ เมทานอล (Methanol) เอทานอล (Ethanol), เฮกเซน (Hexane), อะซิโตนไนไตรล์ (Acetonitrile) เป็นต้น
3. สารมาตรฐาน ได้แก่ สาร azadirachtin, β -asarone, rotenone
4. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 และ 2 ตำแหน่ง, กล้องจุลทรรศน์, เครื่อง High Performance Liquid Chromatograph และเครื่อง Gas chromatograph/mass spectrometer (GC/MS)
5. วัสดุการเกษตร เช่น กล่องพลาสติกสำหรับเก็บแมลง กล่องพลาสติกสำหรับใช้ทดสอบ กระปุกพลาสติก พู่กัน แวนชยาย เป็นต้น

สิ่งทดลอง

1. สารสกัดพืช (สะเดา วานน้ำและหางไหล)
2. แมลงศัตรูพืช 2 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยไฟพริก เพลี้ยอ่อน
3. แมลงศัตรูธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ ไรตัวห้ำ แมลงช้างปีกใส

วิธีการ

1. สํารวจและเก็บตัวอย่างชนิดแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในแปลงปลูกพริกของเกษตรกร โดยนำมาตรวจจำแนกชนิด และเก็บตัวอย่างแมลงแต่ละชนิดที่พบในแปลงปลูกพริกให้ได้ตามจำนวนที่เพียงพอสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพกับสารสกัดพืชแต่ละชนิดในห้องปฏิบัติการ

2. เตรียมสารสกัดพืชและวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ

2.1 สะเดา นำเนื้อในเมล็ดสะเดาสด (ตัวอย่างจากจังหวัดสุพรรณบุรี) มาเตรียมเป็นสารสกัดสะเดาอัตราความเข้มข้นต่างๆ ตามกรรมวิธีในแต่ละชนิดของแมลงศัตรูพืชหรือแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยนำตัวอย่างพืชมาแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ทำการคนเป็นระยะ กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพต่อแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในห้องปฏิบัติการและวิเคราะห์หาปริมาณสารอะซาดิแรคติน ด้วยวิธี HPLC

2.2 หางไหล นำรากหางไหล (ตัวอย่างจากอำเภอนนทบุรี จังหวัดชลบุรี) มาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำมาเตรียมสารสกัดหางไหลอัตราความเข้มข้นต่างๆ ตามกรรมวิธีในแต่ละชนิดของแมลงศัตรูพืชหรือแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง โดยทำการคนเป็นระยะ กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพต่อแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในห้องปฏิบัติการและวิเคราะห์ปริมาณสารโรติโนน ด้วยวิธี HPLC

2.3 วานน้ำ นำเหง้าวานน้ำสด (ตัวอย่างจากอำเภอนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี) มาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำมาเตรียมเป็นสารสกัดวานน้ำอัตราความเข้มข้นต่างๆ ตามกรรมวิธีในแต่ละชนิดของแมลงศัตรูพืชหรือแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ทำการคนเป็นระยะ กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพต่อแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในห้องปฏิบัติการและวิเคราะห์หาปริมาณสาร เบต้า-อะซาโรน ด้วยวิธี GC/MS

3. ทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะเดา หางไหลและวานน้ำในการควบคุมแมลงศัตรูพืช 2 ชนิด คือ

3.1 เพลี้ยอ่อน

โดยการทดสอบสารสกัดสะเดา หางไหล และวานน้ำในการควบคุมเพลี้ยอ่อน ด้วยวิธีการจุ่มใบพืช (leaf dipping method) สารสกัดสะเดา วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ขั้ว (10 ตัว/ขั้ว) 7 กรรมวิธี โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดสะเดาเป็นกรรมวิธี คือ สารสกัดสะเดาอัตราความเข้มข้น 2, 4, 5, 6, 8, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักโดยปริมาตร) และมีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม สารสกัดหางไหล วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ขั้ว (10 ตัว/ขั้ว) 7 กรรมวิธี โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดหางไหลเป็นกรรมวิธี คือ สารสกัดหางไหลอัตราความเข้มข้น 1, 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักโดยปริมาตร) มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม สารสกัดวานน้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ขั้ว (10 ตัว/ขั้ว) 6 กรรมวิธี โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดวานน้ำเป็นกรรมวิธี คือ สารสกัดวานน้ำอัตราความเข้มข้น 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักโดยปริมาตร) มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม และในการทดสอบทุกกรรมวิธีเติมสารจับใบ การทดสอบดำเนินการโดยเตรียมสารสกัดตามกรรมวิธี แล้วทำการตัดใบคะน้าเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.7 เซนติเมตร จุ่มในสารสกัดพืชแต่ละกรรมวิธี นาน 10 วินาที แล้วนำมาผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำใบคะน้าดังกล่าวมาใส่กล่องพลาสติกสำหรับทดสอบขนาด 2X3 นิ้ว ที่รองก้นกล่องด้วยกระดาษกรองขึ้น แล้วปล่อยเพลี้ยอ่อน กล่องละ 10 ตัว ตรวจนับจำนวนการตายของเพลี้ยอ่อนที่ทุก 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 96 ชั่วโมง

3.2 เพลี้ยไฟ

ทำการทดสอบสารสกัดสะเดา หางไหล และวานน้ำในการควบคุมเพลี้ยไฟ ด้วยวิธีการจุ่มใบพืช (leaf dipping method) สารสกัดสะเดา วางแผนการทดลองแบบ CRD 3 ขั้ว (10 ตัว/ขั้ว) 7 กรรมวิธี โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดสะเดาเป็นกรรมวิธี คือ สารสกัดสะเดาอัตราความเข้มข้น 1, 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักโดยปริมาตร) มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม สารสกัดหางไหล วางแผนการทดลองแบบ CRD 3 ขั้ว (10 ตัว/ขั้ว) 8 กรรมวิธี มีความเข้มข้นของสารสกัดหางไหลเป็นกรรมวิธี คือ สารสกัดหางไหลอัตราความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 5, 6, 8 และ 10

เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักโดยปริมาตร) มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม สารสกัดว่านน้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ (10 ตัว/ซ้ำ) 6 กรรมวิธี โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดว่านน้ำเป็นกรรมวิธี คือ สารสกัดว่านน้ำอัตราความเข้มข้น 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักโดยปริมาตร) มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม และในการทดสอบเติมสารจับใบทุกกรรมวิธี การทดสอบดำเนินการโดยเตรียมสารสกัดตามกรรมวิธี แล้วนำกลีบดอกกล้วยไม้มาจุ่มในสารสกัดแต่ละกรรมวิธีเป็นเวลานาน 10 วินาที แล้วนำมาผึ่งให้แห้ง นำกลีบกล้วยไม้ดังกล่าวมาใส่กระปุกพลาสติกสำหรับทดสอบ แล้วปล่อยเพลี้ยไฟลงในกระปุกๆ ละ 10 ตัว ในแต่ละอัตราความเข้มข้นตามกรรมวิธี ตรวจสอบจำนวนการตายของเพลี้ยไฟทุก 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง

4. การทดสอบผลของสารสกัดสะเดา หางไหลและว่านน้ำต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ 2 ชนิด คือ

4.1 ไรตัวห้ำ

ทดสอบผลของสารสกัดสะเดา หางไหลและว่านน้ำต่อไรตัวห้ำโดยวิธี spraying method โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ (10 ตัว/ซ้ำ) 6 กรรมวิธี โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิดเป็นกรรมวิธี ดังนี้ สารสกัดพืช อัตราความเข้มข้น 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักโดยปริมาตร) มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม และในการทดสอบทุกกรรมวิธีเติมสารจับใบ ดำเนินการโดยตัดใบหม่อนขนาด 3X3 เซนติเมตร วางใบหม่อนบนสาลี่ชุ่มน้ำในเพลตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร สูง 15 มิลลิเมตร ใส่ น้ำให้เปียกสาลี่อยู่เสมอเพื่อป้องกันโรหนือออกจากใบ ใช้พู่กันเขี่ยไรตัวห้ำ 10 ตัว/ซ้ำ ลงบนใบหม่อน ให้ได้รับสารสกัดพืชที่ความเข้มข้นตามกรรมวิธี โดยพ่นด้วยเครื่อง TLC sprayer (Silva, et al.,2008) และเขี่ยโรแดงใส่เป็นอาหาร ตรวจสอบการตายของไรตัวห้ำได้กล้องจุลทรรศน์ ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

4.2 แมลงช้างปีกใส

ทดสอบผลของสารสกัดสะเดา หางไหลและว่านน้ำต่อตัวอ่อนแมลงช้างปีกใสวัยที่ 2 โดยวิธี spraying method วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ (10 ตัว/ซ้ำ) 6 กรรมวิธี โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิดเป็นกรรมวิธี ดังนี้ สารสกัดพืชอัตราความเข้มข้น 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักโดยปริมาตร) มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม ในการทดสอบทุกกรรมวิธีเติมสารจับใบ ดำเนินการโดยนำกระดาษกรองขึ้นใส่ในเพลตที่มีฝาปิดสนิท ใส่ตัวอ่อนแมลงช้างปีกใสวัยที่ 2 ลงในเพลต 10 ตัว/ซ้ำ ให้ได้รับสารสกัดพืชแต่ละชนิดตามกรรมวิธี โดยพ่นด้วยเครื่อง TLC sprayer (Silva, et al.,2008) และให้ไข่ฝั่เชื้อข้าวสารเป็นอาหาร ตรวจสอบการตายของไรตัวห้ำที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

5. รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลประสิทธิภาพของสารสกัดพืชสะเดา หางไหลและว่านน้ำกับแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติทางสถิติ ด้วยวิธีการ ANOVA โปรแกรม IRRISTAT และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาระยะเวลาที่สามารถทำให้แมลงแต่ละชนิดตายได้ที่ 50% (median lethal time; LT₅₀) ด้วยวิธี Probit analysis (Finney, 1971)

เวลา

ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2560

สถานที่ดำเนินการ

1. ห้องปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยวัดภูมิพิชการเกษตรจากสารธรรมชาติ
กลุ่มวิจัยวัดภูมิพิชการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
3. แปลงปลูกพริกของเกษตรกรพื้นที่ อ.เมือง จ.นครปฐม และ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการสำรวจแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในแปลงพริกของเกษตรกร พบว่า แปลงที่ 1 เป็นแปลงปลูกพริกที่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช แปลงของเกษตรกร ตำบลพระแท่น อำเภوتاมะกา จังหวัดกาญจนบุรี (Figure 1) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม 2559 ได้สำรวจพบแมลงศัตรูพืช 4 ชนิดได้แก่ เพลี้ยไฟพริก (*Scirtothrips dorsalis* Hoods) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa Armigera* Hubner) แมลงหวี่ขาว เพลี้ยอ่อนและไรขาวพริก (Figure 2) โดยพบการระบาดของเพลี้ยไฟมากที่สุด แต่สำรวจไม่พบแมลงศัตรูธรรมชาติ และพบว่าพริกมีอาการใบและยอดหงิก (Figure 1b)

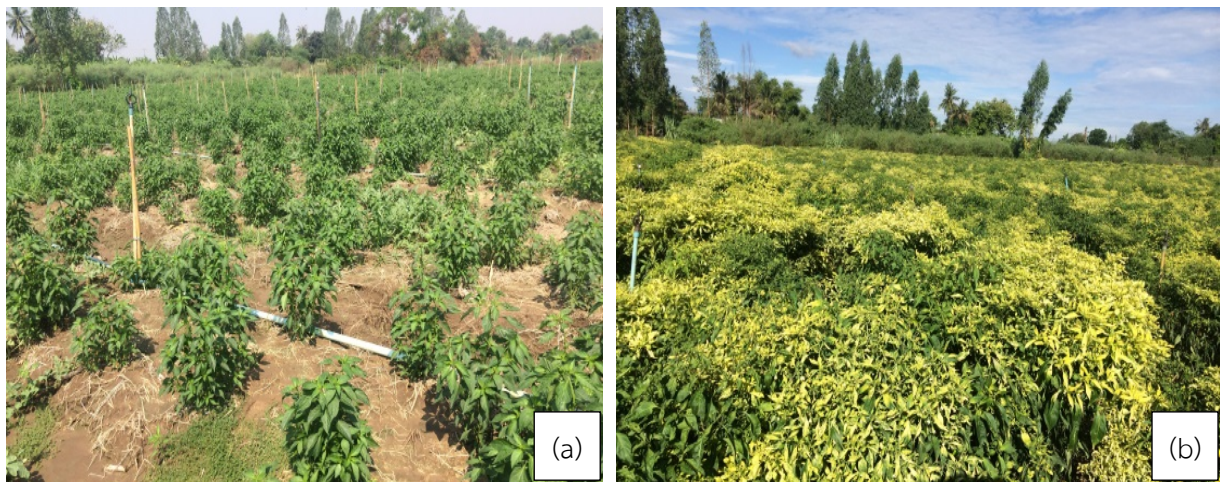


Figure 1 chilli plantation, Kanchanaburi province.

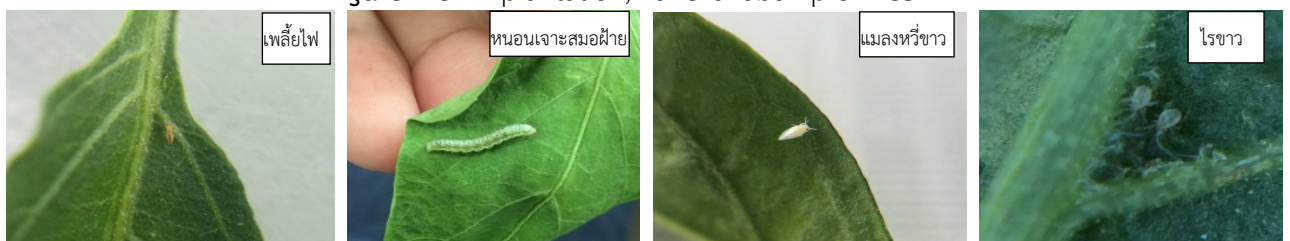


Figure 2 Insect pest in farmer field at Kanchanaburi.

แปลงที่ 2 เป็นแปลงปลูกพริกพันธุ์ซูเปอร์ฮอต ของเกษตรกร ต.สามควายเผือก อ.เมือง จ.นครปฐมซึ่งเป็นแปลงปลูกพริกแบบอินทรีย์ (Figure 3) ในช่วงกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม 2559 ได้สำรวจพบแมลงศัตรูพืช 3 ชนิด ได้แก่ เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน และเพลี้ยแป้ง พบแมลงศัตรูธรรมชาติและแมลงอื่นๆ ได้แก่ ตัวงเต่าลายหยัก ตัวงเต่าสีส้ม ตัวงหนวดยาว แมงมุม ผีเสื้อ (Figure 4) และสำรวจในช่วงเดือนมกราคม-เมษายน 2560 พบการระบาดของเพลี้ยอ่อน และแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบ คือ ตัวงเต่าลายหยัก ตัวงเต่าสีส้ม



Figure 3 Organic chilli plantation, Nakhon pathom province.



Figure 4 Insect pests and natural enemies of insect in organic chilli planting area.

ผลการทดสอบประสิทธิภาพและปริมาณสารสำคัญของสารสกัดสะเดา ทางไหลและว่านน้ำในการควบคุมแมลงศัตรูพืช 2 ชนิด มีดังนี้

1. เพลี้ยอ่อน

ผลทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะเดาอัตราความเข้มข้น 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในการควบคุมเพลี้ยอ่อน โดยมีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม มีปริมาณสารอะซาดิแรคติน 7.40, 13.04, 14.84, 18.01, 22.43 และ 27.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า เพลี้ยอ่อนตาย 39.18, 37.08, 33.54, 62.50, 55.08 และ 63.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง โดยทุกกรรมวิธีให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (Table 1) เมื่อทดสอบหาค่า LT_{50} ของสารสกัดสะเดาอัตราความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ (สารอะซาดิแรคติน 18.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่ามี LT_{50} เท่ากับ 66.9 ชั่วโมง แสดงว่า สารสกัดสะเดาอัตราความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เพลี้ยอ่อนตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 66.9 ชั่วโมง

Table 1 Azadirachtin contents and efficacy of neem extract on aphids at 96 hrs.

neem extract	concentration (ppm)	% mortality ¹
neem extract 2%	7.40	39.18 a
neem extract 4%	13.04	37.08 a
neem extract 5%	14.84	33.54 a
neem extract 6%	18.01	62.50 a
neem extract 8%	22.43	55.08 a
neem extract 10%	27.97	63.63 a
water (control)	-	0 b
CV (%)		44.5

¹/1 Mean followed by the same letters indicate no differences at $P < 0.05$ by DMRT.

ผลทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดทางไหลอัตราความเข้มข้น 1, 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในการควบคุมเพลี้ยอ่อน โดยมีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม มีปริมาณสารโรติโนน 0.57, 0.71, 0.64, 0.74, 0.68, 0.90 และ 0.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า เพลี้ยอ่อนตาย 97.13, 100, 100, 100, 100, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายใน

ระยะเวลา 96 ชั่วโมง (Table 2) เมื่อทดสอบหาค่า LT_{50} ของสารสกัดทางไหลที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (โรติโนน 0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่า LT_{50} เท่ากับ 35.5 ชั่วโมง แสดงว่า สารสกัดทางไหลอัตราความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เพลี้ยอ่อนตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 35.5 ชั่วโมง

Table 2 Rotenone contents and efficacy of *derris elliptica* extract on aphids at 96 hrs.

<i>derris elliptica</i> extract	concentration (ppm)	% mortality ^{/1}
<i>derris elliptica</i> extract 1%	0.57	97.13 a
<i>derris elliptica</i> extract 2%	0.71	100 a
<i>derris elliptica</i> extract 4%	0.64	100 a
<i>derris elliptica</i> extract 5%	0.74	100 a
<i>derris elliptica</i> extract 6%	0.68	100 a
<i>derris elliptica</i> extract 8%	0.90	100 a
<i>derris elliptica</i> extract 10%	0.82	100 a
water (control)	-	0 b
CV (%)		2.2

/1 Mean followed by the same letters indicate no differences at $P < 0.05$ by DMRT.

ผลทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดว่านน้ำอัตราความเข้มข้น 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในเพลี้ยอ่อน มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม มีปริมาณสารเบต้า-อะซาโรน ดังนี้ ND, 28.49, 27.39, 32.40, 35.42 และ 38.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า เพลี้ยอ่อนตาย 33.33, 61.12, 44.40, 50.00, 61.13 และ 49.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายในระยะเวลา 96 ชั่วโมง (Table 3) ทดสอบหาระยะเวลาที่สามารถทำให้เพลี้ยอ่อนตายได้ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดว่านน้ำ 4 เปอร์เซ็นต์ (เบต้า-อะซาโรน 28.49 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่ามีค่า LT_{50} เท่ากับ 78.3 ชั่วโมง แสดงว่า สารสกัดว่านน้ำอัตราความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เพลี้ยอ่อนตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 78.3 ชั่วโมง

Table 3 asarone contents and efficacy of sweet flag extract on aphids at 96 hrs.

sweet flag extract	concentration (ppm)	% mortality ^{/1}
sweet flag extract 2%	ND	33.33 b
sweet flag extract 4%	28.49	61.12 a
sweet flag extract 5%	27.39	44.40 ab
sweet flag extract 6%	32.40	50.00 ab
sweet flag extract 8%	35.42	61.13 a
sweet flag extract 10%	38.84	49.98 ab
water (control)	-	0 c
CV (%)		36.3

/1 Mean followed by the same letters indicate no differences at $P < 0.05$ by DMRT.

2. เพลี้ยไฟพริก

ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกที่อัตราความเข้มข้น 1, 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณสารอะซาดิแรคติน 4.45, 7.91, 17.98, 26.89, 36.91, 31.32 และ 40.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า สารสกัดสะเดาทุกอัตราความเข้มข้นมีทำผลให้เพลี้ยไฟพริกตายสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกกรรมวิธีให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (Table 4) เมื่อทดสอบระยะเวลาที่ทำให้เพลี้ยไฟตายได้ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของสารสกัดสะเดาที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (อะซาดิแรคติน 4.45 มิลลิกรัมต่อลิตร)

พบว่ามียาค่า LT_{50} เท่ากับ 4.35 ชั่วโมง แสดงว่า สารสกัดสะเดาอัตราความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เพลี้ยไฟตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 4.35 ชั่วโมง

Table 4 azadirachtin contents and efficacy of neem extract on thrips at 72 hrs.

neem extract	concentration (ppm)	% mortality ^{/1}
neem extract 1%	4.45	87.67 a
neem extract 2%	7.91	100 a
neem extract 4%	17.98	100 a
neem extract 5%	26.89	100 a
neem extract 6%	36.91	93.33 a
neem extract 8%	31.32	79.63 a
neem extract 10%	40.96	100 a
water (control)	-	0 b
CV (%)		17.1

/1 Mean followed by the same letters indicate no differences at $P < 0.05$ by DMRT.

ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหางไหลในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกที่อัตราความเข้มข้น 0.5, 1, 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณสารโรติโนน 0.42, 0.71, 0.60, 0.64, 0.70, 0.60, 0.90 และ 0.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า สารสกัดหางไหลทุกระดับความเข้มข้นมีทำผลให้เพลี้ยไฟพริกตายมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (Table 5) โดยทุกกรรมวิธีให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมเมื่อทดสอบระยะเวลาที่สามารถทำให้แมลงตายได้ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดหางไหล 0.5 % พบว่ามียาค่า LT_{50} เท่ากับ 22 ชั่วโมง

Table 5 rotenone contents and efficacy of *derris elliptica* extract on thrips at 72 hrs.

sweet flag extract	concentration (ppm)	% mortality ^{/1}
<i>derris elliptica</i> extract 0.5%	0.42	72.60 a
<i>derris elliptica</i> extract 1%	0.71	82.60 a
<i>derris elliptica</i> extract 2%	0.60	79.27 a
<i>derris elliptica</i> extract 4%	0.64	77.77 a
<i>derris elliptica</i> extract 5%	0.70	77.77 a
<i>derris elliptica</i> extract 6%	0.60	77.60 a
<i>derris elliptica</i> extract 8%	0.90	77.60 a
<i>derris elliptica</i> extract 10%	0.82	77.23 a
water (control)	-	0 b
CV (%)		9.6

/1 Mean followed by the same letters indicate no differences at $P < 0.05$ by DMRT.

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดว่านน้ำในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกเบื้องต้น พบว่ามีทำให้เพลี้ยไฟตาย

ผลของสารสกัดสะเดา ทางไหลและว่านน้ำต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ 2 ชนิด คือ

1. ไรตัวห้ำ

ผลของสารสกัดสะเดา ทางไหลและว่านน้ำต่อไรตัวห้ำ โดยวิธี spraying method ที่อัตราความเข้มข้นของสารสกัดพืช 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่าสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลกระทบต่อไรตัวห้ำ *Amblyseius longispinosus* หลังสัมผัสสารสกัดพืชนาน 72 ชั่วโมง (Table 6)

Table 6 Percent mortality of *Amblyseius longispinosus* by spray method, after 3 day exposure to of each of 3 plant extract.

plant extract	Rate (%)	% mortality	Toxicity ¹
neem	2%	0	1
	4%	0	1
	5%	0	1
	6%	0	1
	8%	0	1
	10%	0	1
	water	0	1
sweet flag	2%	0	1
	4%	0	1
	5%	0	1
	6%	0	1
	8%	0	1
	10%	0	1
	water	0	1
derris elliptica	2%	0	1
	4%	0	1
	5%	0	1
	6%	0	1
	8%	0	1
	10%	0	1
	water	0	1

1/ 1 = harmless (<30%)

2 = slightly harmful (30-79%)

3 = moderately harmful (80-99%)

4 = harmful (>99%) (Hassan, 1994)

2. แมลงข้างปิกไส

ผลของสารสกัดสะเดา หางไหลและว่านน้ำต่อตัวอ่อนแมลงข้างปิกไส *Mallada basalis* วัยที่ 2 ที่อัตราความเข้มข้น 2, 4, 5, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี โดยวิธี spraying method พบว่า ไม่มีผลต่อตัวอ่อนแมลงข้างปิกไส หลังสัมผัสสารสกัดพืชนาน 72 ชั่วโมง (Table 7)

Table 7. Percent mortality of *Mallada basalis* by spray method, after 3 day exposure to fresh residual of each of 3 plant extract .

plant extract	Rate (%)	% mortality	Toxicity ^{1/}
neem	2%	0	1
	4%	0	1
	5%	0	1
	6%	0	1
	8%	0	1
	10%	0	1
	water	0	1
sweet flag	2%	0	1
	4%	0	1
	5%	0	1
	6%	0	1
	8%	0	1
	10%	0	1
	water	0	1
derris elliptica	2%	0	1
	4%	0	1
	5%	0	1
	6%	0	1
	8%	0	1
	10%	0	1
	water	0	1

1/ 1 = harmless (<30%)

2 = slightly harmful (30-79%)

3 = moderately harmful (80-99%)

4 = harmful (>99%) (Hassan, 1994)

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

จากผลการทดสอบการใช้สารสกัดพืชสะเดา หางไหลและว่านน้ำในการควบคุมเพลี้ยอ่อน เมื่อพิจารณาจากผลประสิทธิภาพและระยะเวลาที่สามารถทำให้แมลงตายได้ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (LT₅₀) พบว่า สารสกัดหางไหลมีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยอ่อนได้ดีที่สุด โดยสารสกัดหางไหลอัตราความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เพลี้ยอ่อนตายได้สูง 97.13 เปอร์เซ็นต์ มีค่า LT₅₀ เท่ากับ 35.5 ชั่วโมง รองลงมาคือสารสกัดสะเดา โดยสารสกัดสะเดาที่อัตราความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เพลี้ยอ่อนตายได้ 62 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า LT₅₀ เท่ากับ 66.9 ชั่วโมง ส่วนสารสกัดว่านน้ำที่อัตราความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เพลี้ยอ่อนตายได้ 61 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับสารสกัดสะเดา แต่มีค่า LT₅₀ เท่ากับ 78.3 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าสารสกัดสะเดา ในการทดสอบสารสกัดพืชในเพลี้ยไฟพริก พบว่า สารสกัดสะเดามีผลประสิทธิภาพดีกว่าสารสกัดหางไหล และค่าระยะเวลาที่สามารถทำให้แมลงตายได้ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (LT₅₀) น้อยกว่าหางไหล ในส่วนของการทดสอบผลของสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิดกับแมลงศัตรูธรรมชาติ 2 ชนิด คือไรตัวห้ำ *Amblyseius longispinosus* และตัวอ่อนของแมลงข้างปิกไส *Mallada basalis* วัยที่ 2 พบว่าสารสกัดทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลต่อแมลงศัตรูธรรมชาติดังกล่าว จากผลประสิทธิภาพของสารสกัดพืชสะเดา หางไหลและว่านน้ำต่อเพลี้ยอ่อนและเพลี้ยไฟ รวมทั้งผลกระทบต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ จึงควรสนับสนุนและส่งเสริมการนำสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิดมาใช้ในการผลิตพืชแบบอินทรีย์และนำไปทดสอบในพื้นที่ หรือวิจัยพืชชนิดอื่นๆ ต่อไป

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำข้อมูลประสิทธิภาพของสารสกัดพืชทั้ง 3 ชนิด ไปใช้ในการทำการทดสอบประสิทธิภาพในโรงเรือนหรือพื้นที่แปลงพริกอินทรีย์ของเกษตรกรต่อไป และเป็นข้อมูลสำหรับการทำคำแนะนำในการใช้สารสกัดพืชในการปลูกพริกระบบอินทรีย์ และเพื่อส่งเสริมการใช้สารสกัดพืชป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้งในการลดหรือทดแทนการใช้สารเคมีและการปลูกพืชระบบเกษตรอินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

- ธำรงค์ เครือชุมพล (2551). พริก. ทับทิมทองการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 120 หน้า.
- ประภัสสร เขยคำแหง รจนา ไวยเจริญ และอัมพร วิโนทัย 2553. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการควบคุมแมลงศัตรูพืชของแมลงช้างปีกใสสกุล *Mallada basalis* และ *Plesiochrysa ramburi* ในห้องปฏิบัติการรายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.
- พรณิกา อุตตนนท์ ธนิตา คำอำนวย และธิตยาภรณ์ ประยูรมหิธร. 2555. การใช้ผลิตภัณฑ์สารธรรมชาติลดการใช้ chlorpyrifos ในพริก. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2555 เล่ม 2. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. 251-260.
- Silva de W.A.P.P., G.K. Manuweera and S.H.P.P. Karunaratne. 2008. Insecticidal activity of *Euphorbia antiquorum* L. latex and its preliminary chemical analysis. 2008. J. Natn.Sci.Foundation Sri Lanka 36 (1): 15-23 p.

ภาคผนวก

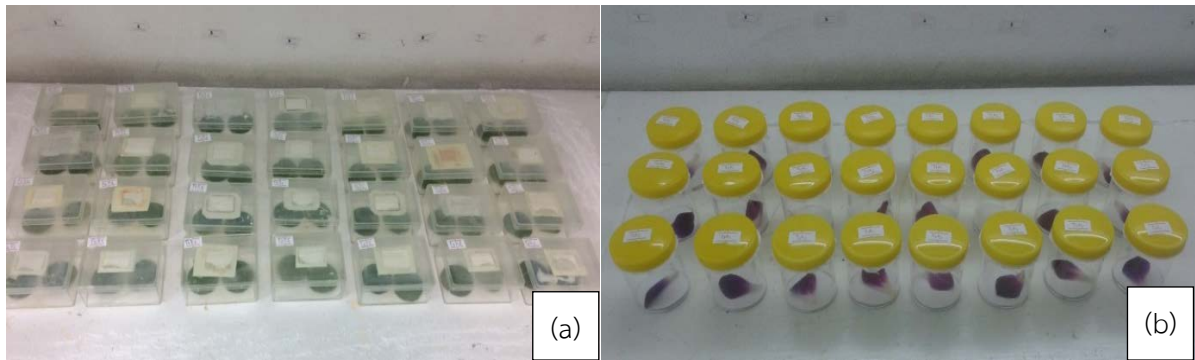


Figure 5 Testing of plant extracts in insect pests (a) Aphids (b) trips



Figure 6 Testing of plant extracts in insect pests. (*Amblyseius* sp.)

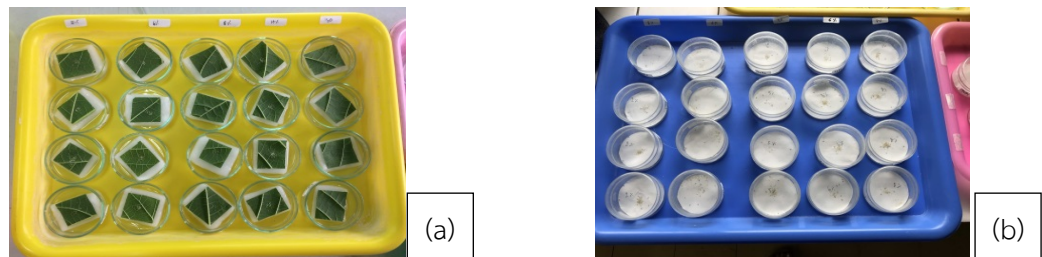


Figure 7 Testing of plant extracts in insect pests. (a) *Amblyseius* sp. (b) *Mallada basalis*

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างพาราควอตในดิน

Development of method for residue analysis of paraquat in soil

จันทิมา ผลทอง

นพดล มะโนเย็น

อำนาจ กะจันทะ

กลุ่มวิจัยวัฏภูมิพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชแบบสัมผัสตายและไม่เลือกทำลาย มีการใช้อย่างกว้างขวางทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร จึงทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะในดินและน้ำ ด้วยคุณสมบัติการยึดจับกับอนุภาคของดินที่มีประจุลบอย่างแข็งแรงทำให้การตรวจวิเคราะห์พาราควอตที่ตกค้างในดินนั้นทำได้ค่อนข้างยาก การศึกษานี้เป็นการพัฒนาวิธีวิเคราะห์เพื่อให้ได้วิธีที่สามารถทำได้รวดเร็ว และมีความถูกต้อง โดยใช้เทคนิค high performance liquid chromatography (HPLC) สกัดตัวอย่างดินโดยใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นและน้ำกลั่นปริมาตร 25 และ 75 มิลลิลิตร ตามลำดับ ต้มระเหยควบแน่นเพื่อสกัดตัวอย่างนาน 2 ชั่วโมง ดูดจับอนุภาคด้วย cation exchange resin และกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วย SPE cartridge และกรองผ่าน syringe filter ชนิด PTFE ตรวจวิเคราะห์ด้วย HPLC ชนิด Diode Array Detector (DAD) ที่ความยาวคลื่น 258 นาโนเมตร แยกสารด้วยคอลัมน์ชนิด reverse phase ใช้ 250 มิลลิลิตราร์ ammonium formate (pH 3.7) และ acetonitrile อัตราส่วน 80:20 เป็นเฟสเคลื่อนที่ ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรงที่ระดับความเข้มข้น 0.02-2.70 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ได้ค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.9999 เมื่อนำไปทดสอบกับตัวอย่างดินต่างชนิดกัน (ดินทราย ร่วนปนทราย และร่วนเหนียวปนทราย) ค่าร้อยละการได้คืนกลับ ระหว่าง 70-105% อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ 70-120% และมีค่า Relative standard deviation (%RSD) น้อยกว่า 20%

คำนำ

พาราควอตโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของเกลือไดคลอไรด์ (dichloride salt) คือพาราควอตไดคลอไรด์ (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride) สูตรโมเลกุล $C_{12}H_{14}Cl_2N_2$ มวลโมเลกุล 257.2 กรัมต่อโมล จัดอยู่ในกลุ่มไบไพริดีเนียม เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดสัมผัสทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ถูกดูดซึมทางใบ กำจัดวัชพืชแบบสัมผัสตายและไม่เลือกทำลาย (non-selective contact herbicide) ใช้กำจัดวัชพืชพวงหรีดในพื้นที่ปลูกกล้วย มะพร้าว ปาล์ม ยางพารา สับปะรด และอ้อย (Mac Bean, 2012) จากสถิติการนำเข้าวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตรของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2556-2557 พบว่ามีปริมาณการนำเข้าเป็นอันดับสองของวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตรและสารกำจัดวัชพืช ปริมาณสารสำคัญ (active ingredient; a.i.) ประมาณ 10 ล้านกิโลกรัม มูลค่ามากกว่า 2,500 ล้านบาท (สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2557) ด้วยคุณสมบัติของพาราควอตที่สามารถกำจัดวัชพืชได้กว้างและไม่เลือกทำลาย ทำให้มีการใช้อย่างกว้างขวางทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเกษตร เป็นผลทำให้เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะดินและแหล่งน้ำที่ใช้อุปโภคบริโภครวมทั้งแหล่งน้ำที่ใช้ในการเกษตร (ภิญญา และคณะ, 2554) พฤติกรรมของพาราควอตเมื่ออยู่ในดินจะถูกจับยึดกับอนุภาคของดินที่มีประจุลบอย่างแข็งแรง ซึ่งการถูกดูดซับในดินจะขึ้นอยู่กับสารอินทรีย์และองค์ประกอบของดิน พบว่ามีค่าครึ่งชีวิต (half-life) อยู่ในช่วง 1.4 ถึง 7.2 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน (Roede and Miller, 2014) ค่า pH และความแรงของไอออน (ionic strength) ของอนุภาคในดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับพาราควอต พบว่าการดูดซับพาราควอตลดลงเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น ทำให้การเคลื่อนย้ายของพาราควอตมีโอกาสเพิ่มสูงขึ้นและถูกสะสมไว้ในสารละลายดิน (soil solution) (Gondar *et al.*, 2012)

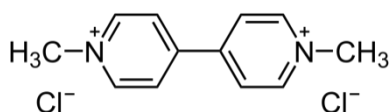


Figure 1 The chemical structure of paraquat dichloride (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride)
(source : <https://th.wikipedia.org>)

เนื่องจากโครงสร้างของพาราควอตมีประจุบวกทำให้ยึดเกาะติดแน่นกับอนุภาคของดินที่มีประจุลบได้ดี จึงทำให้การตรวจวิเคราะห์ต้องใช้สารสกัดที่มีคุณสมบัติในการทำละลายโครงสร้างที่ยึดแน่นนี้ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ที่ถูกอ้างถึงส่วนใหญ่คือวิธีของ ICI Plant Protection Division Method ทำการสกัดตัวอย่างดินโดยใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ต้มระเหยควบแน่น (boil under reflux) นาน 5 ชั่วโมง จากนั้นกรองและนำสารละลายที่ได้ผ่านคอลัมน์ cation exchange resin ล้างด้วยสารละลายกรด hydrochloric เจือจาง สารละลาย ammonium chloride ร้อยละ 2.5 น้ำหนักต่อปริมาตร และน้ำ ชะล้างด้วยสารละลาย ammonium chloride อิ่มตัว เติมสารละลาย sodium dithionite เกิดปฏิกิริยารีดักชันเปลี่ยนจาก cation เป็น ion radical ทำการตรวจวัดด้วย spectrophotometer ค่าวิเคราะห์ที่วัดได้ต่ำสุด (Limit of Detection; LOD) เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Kennedy, 1986) มีการพัฒนาวิธีต่อจากวิธีของ ICI Plant Protection Division Method โดยใช้ solid phase extraction และทำการตรวจวัดด้วยเทคนิค high performance liquid chromatography (Anderson and Boseley, 1997) ซึ่งสอดคล้องกับวิธีของ N J Robinson สกัดด้วย conc. sulfuric acid ต้มระเหยควบแน่น นาน 5 ชั่วโมง จากนั้นกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วย ENVI-Carb solid phase extraction (ENVI-Carb SPE) และทำการตรวจวัดด้วยเทคนิค Liquid chromatography triple quadrupole tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) ค่าวิเคราะห์ที่วัดได้ต่ำสุดเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง (Limit of Quantitation : LOQ) เท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าร้อยละการได้คืนกลับ (%recovery) อยู่ระหว่าง 75-116% (Robinson, 2006) นอกจากนี้มีการพัฒนาวิธีสกัดโดยใช้เทคนิค microwave-assisted extraction (MAE) ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค liquid chromatography และ mass spectrometry (Pateiro-Moure *et al.*, 2008) ต่อมา มีการพัฒนาวิธีสกัดโดยใช้ methanol เป็นสารสกัด นำไปเขย่าด้วย shaker นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นปั่นเหวี่ยง ตกตะกอน กรองและนำไปลดปริมาตร ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค liquid chromatography ตรวจวัดด้วย photodiode array (Wong *et al.*, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับวิธีของ Wahyu Wibawa ที่ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค liquid chromatography ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 257 นาโนเมตร แยกสารด้วยคอลัมน์ชนิด C₁₈ reverse phase ซึ่งได้ %recovery ระหว่าง 78-92% (Wibawa, 2013) จากงานวิจัยข้างต้นพบว่าวิธีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์พาราควอตในดินบางวิธีมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการสกัดนาน รวมทั้งมีการใช้เครื่องมือและสารเคมีบางชนิดที่ไม่สามารถจัดหาได้ทำให้ไม่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างพาราควอตในดินเพื่อให้ได้วิธีที่สามารถทำได้ง่าย ลดเวลาในการวิเคราะห์ เหมาะสมกับเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ และมีความถูกต้องแม่นยำ

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- วัสดุและอุปกรณ์ ได้แก่ beaker, cylinder, round bottom flask, filter paper No.42, graduated plastic tube, polytetrafluoroethylene (PTFE filter membrane) ขนาด 0.45 ไมโครเมตร, plastic vial สำหรับ auto sampler, auto micro-pipette, Buchner funnel, plastic volumetric flask, dissicator, เม็ดแก้ว และคอลัมน์ Primesep AB ชนิด zwitterionic reversed-phase ความยาว 150 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.6 มิลลิเมตร สารเคลือบหนา 5 ไมโครเมตร รูพรุนของอนุภาคขนาด 100 อังสตรอม
- เคมีภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ
 - สารเคมีชนิด analytical grade ได้แก่ แอมโมเนียม คลอไรด์ (ammonium chloride; NH₄Cl), แอมโมเนียม ฟอร์เมท (ammonium formate; NH₄HCO₂), เรซิน ประจุบวก ขนาด 50-100 mesh (cation exchange resin), สารช่วยกรองชนิดซีไลท์ ขนาด 0.02-1 มิลลิเมตร (celite), กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (concentrated sulfuric acid; conc. H₂SO₄), น้ำกลั่น (distilled water; distilled H₂O), กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid; HCl), ออกทานอล (octan-2-ol; C₈H₁₈O), กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid; H₃PO₄), โซเดียม คลอไรด์ (sodium chloride; NaCl), กรดไตรฟลูออโรอะซิติก (trifluoroacetic acid (TFA); CF₃CO₂H), กรดฟอร์มิก (formic acid; CH₂O₂), วัสดุสำหรับสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งประกอบด้วย คาร์บอน 18 อะตอม (C₁₈ SPE cartridge), ซิลิกา (Si-OH SPE cartridge) และ เอนไวคาร์บ (ENVI-CarbTM SPE cartridge) ขนาด 250 มิลลิกรัม 3 มิลลิลิตร
 - สารเคมีชนิด HPLC grade ได้แก่ อะซิโตนไนไตรล์ (acetonitrile; CH₃CN), เมทานอล (methanol; CH₃OH) และน้ำ (water; H₂O)

- 2.3 สารมาตรฐาน pesticide grade ชนิด พาราควอต ไดคลอไรด์ (paraquat dichloride; $C_{12}H_{14}Cl_2N_2$)
3. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องชั่งละเอียด เครื่องให้ความร้อนแบบเตาหลุมพร้อมชุด condenser เครื่องกรองแบบสุญญากาศและเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) รุ่น 1290

วิธีการ

1. เตรียมสารละลาย ดังนี้

1.1 สารมาตรฐาน paraquat dichloride อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator ที่อุณหภูมิห้อง เตรียม stock standard solution ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำในขวดวัดปริมาตรที่ทำด้วยพลาสติก ให้ได้ความเข้มข้นประมาณ 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียม working standard solution ที่ความเข้มข้นประมาณ 0.02-2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

1.2 สารละลาย ammonium formate 200, 250 และ 300 มิลลิโมลาร์

1.3 สารละลาย ammonium formate 100, 200, 250 และ 300 มิลลิโมลาร์ pH 3.7 (ปรับ pH ด้วย formic acid)

1.4 สารละลาย trifluoroacetic acid เข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.3 และ 0.4 โดยปริมาตร

1.5 สารละลายผสม sodium chloride, pH 3.0: acetonitrile ในอัตราส่วน 6:4 (ปรับ pH ด้วย hydrochloric acid)

1.6 สารละลาย hydrochloric acid เข้มข้น 2 นอร์มอล

1.7 สารละลาย ammonium chloride เข้มข้นร้อยละ 2.5 น้ำหนักต่อปริมาตร

1.8 สารละลายอิ่มตัว ammonium chloride

1.9 สารละลายอิ่มตัว sodium chloride

1.10 elution solution (acetonitrile: 250 มิลลิโมลาร์ ammonium formate: phosphoric acid อัตราส่วน 30:70:1.25)

2. การตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ใช้สภาวะการทดสอบแบบสัดส่วนของเฟสเคลื่อนที่คงที่ (isocratic elution) ปริมาตรในการฉีด 20 ไมโครลิตร อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดด้วย Diode Array Detector (DAD) ที่ความยาวคลื่น 258 นาโนเมตร โดยทดสอบปรับสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวิเคราะห์ 3 สภาวะ

สภาวะที่ 1 ใช้ mobile phase 2 ชนิด คือสารละลาย 250 มิลลิโมลาร์ ammonium formate (pH 3.7) และ acetonitrile ในอัตราส่วน 30:70, 50:50, 70:30, 80:20, 90:10 และ 95:5 ทดสอบปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลาย ammonium formate เป็น 100, 200, 250 และ 300 มิลลิโมลาร์ ทุกๆ ความเข้มข้น pH 3.7 อุณหภูมิคอลัมน์ที่ 40 องศาเซลเซียส

สภาวะที่ 2 ใช้ mobile phase 2 ชนิด คือสารละลาย TFA ร้อยละ 0.3 โดยปริมาตรและ acetonitrile ในอัตราส่วน 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ทดสอบปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลาย TFA เป็นร้อยละ 0.2, 0.3 และ 0.4 โดยปริมาตร อุณหภูมิคอลัมน์ที่อุณหภูมิห้อง

สภาวะที่ 3 ใช้ mobile phase 2 ชนิด คือสารละลาย sodium chloride (pH 3.0): acetonitrile ในอัตราส่วน 60:40 ทดสอบอุณหภูมิคอลัมน์ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

3. ทดสอบความเป็นเส้นตรง (linearity) ของสารละลายมาตรฐานพาราควอต

เลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากข้อ 2 ใช้ในการทดสอบความเป็นเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานพาราควอต โดยการสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ด้วยสารละลาย working standard solution ที่ 6 ระดับความเข้มข้น กำหนดเกณฑ์การยอมรับค่า correlation coefficient; $r \geq 0.995$

4. ทดสอบตัวอย่าง

การสกัดตัวอย่าง ดัดแปลงมาจากวิธี ICI Plant Protection Division Method (Kennedy, 1986) และวิธี Syngenta Method (Robinson, 2006) โดยชั่งตัวอย่างดิน 25 กรัม ใส่ round bottom flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐานในตัวอย่าง (fortified sample) เติมน้ำกลั่น 65 มิลลิลิตร conc. sulfuric acid 35 มิลลิลิตร ใส่เม็ดแก้ว (anti-bumping granules) และ octan-2-ol 1 มิลลิลิตร สกัดโดยการต้มระเหยควบแน่น (boil under reflux) นาน 5 ชั่วโมง ปลอຍให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองผ่านกระดาษกรอง No.42 จำนวน 2 แผ่น ที่บรรจุ celite 10 กรัม ปรับปริมาตรสารสกัดตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร นำสารสกัดที่กรองได้ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุ cation exchange resin 5 กรัม เตรียมคอลัมน์ให้

พร้อมสำหรับการดูดซับอนุภาคของสารพาราควอตในสารสกัดตัวอย่าง โดยล้างด้วยน้ำกลั่นและสารละลายอัมมั่ว sodium chloride ปริมาตรอย่างละ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมสารสกัดตัวอย่าง ปรับอัตราการไหลประมาณ 5-10 มิลลิลิตรต่อนาที จากนั้นล้างคอลัมน์ด้วยน้ำกลั่น สารละลาย 2 นอร์มอล hydrochloric acid น้ำกลั่น สารละลาย ammonium chloride เข้มข้นร้อยละ 2.5 น้ำหนักต่อปริมาตร และน้ำกลั่น ปริมาตร 25, 100, 25, 50 และ 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับอัตราการไหลของสารละลายที่ใช้ล้าง 3-4 มิลลิลิตรต่อนาที สะสมสารสกัดตัวอย่างด้วยสารละลายอัมมั่ว ammonium chloride 50 มิลลิลิตร ปรับอัตราการไหลให้ได้ประมาณ 1 มิลลิลิตรต่อนาที เก็บสารละลายที่ชะได้ในขวดพลาสติกทึบแสง 50 มิลลิลิตร นำไปกำจัดสิ่งปนเปื้อน (clean up) ด้วย SPE cartridge และกรองผ่าน syringe filter membrane ชนิด PTFE ใส่ขวดพลาสติก 2 มิลลิลิตร และตรวจวัดด้วยเครื่อง HPLC-DAD

ปรับเปลี่ยนวิธีการทดสอบ เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยมี %recovery อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ 70-120% (SANTA/11813, 2017) ดังนี้

4.1 เปรียบเทียบอัตราส่วนของปริมาตร conc. sulfuric acid และน้ำกลั่น ที่เหมาะสมต่อสกัดที่ 10:90, 15:85, 25:75, 35:65 และ 45:55 มิลลิลิตร

4.2 ทดสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มระเหยควบแน่น (boil under reflux) ที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง

4.3 ทดสอบประสิทธิภาพของ SPE cartridge 3 ชนิด ได้แก่ C₁₈, Si-OH และ ENVI-Carb (เตรียม SPE cartridge ก่อนใช้โดยผ่าน methanol และน้ำ เกรด HPLC 5 มิลลิลิตร จากนั้นเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้จากการชะสารพิษ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ชะด้วย elution solution (acetonitrile:250 มิลลิโมลาร์ ammonium formate:phosphoric acid (30:70:1.25))

วิธีที่ 2 ชะด้วยสารละลายตัวอย่าง

4.4 เปรียบเทียบปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ผ่าน SPE cartridge ที่ 2, 5 และ 10 มิลลิลิตร

4.5 เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลาย ammonium formate ใน elution solution ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 200, 250 และ 300 มิลลิโมลาร์

5. เลือกวิธีการทดสอบที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 4 ทดสอบกับดินชนิดต่างๆ ได้แก่ ดินทราย (sand) ดินร่วนปนทราย (sandy loam) และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2558 สิ้นสุด กันยายน 2560

สถานที่ทำการทดลอง กลุ่มวิจัยวัตถุที่มีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

การพัฒนาวิธีตรวจวิเคราะห์เพื่อให้ได้วิธีที่เหมาะสมในการสกัดและวิเคราะห์สารพิษตกค้างพาราควอตในดิน โดยใช้เทคนิค HPLC ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

1. ผลการปรับสภาวะเพื่อทดสอบเครื่อง HPLC

สภาวะที่ 1 ผลการทดสอบ retention time, area และ sensitivity พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของ mobile phase สารละลาย 250 มิลลิโมลาร์ ammonium formate (pH 3.7):acetonitrile คือ 80:20 ให้ค่า sensitivity สูง และมี retention time น้อยที่สุด 1.757 นาที

สภาวะที่ 2 ผลการทดสอบ retention time, area และ sensitivity พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของเฟสเคลื่อนที่ สารละลาย TFA ร้อยละ 0.3 โดยปริมาตร:acetonitrile คือ 70:30

สภาวะที่ 3 ผลการทดสอบ retention time, area และ sensitivity พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของคอลัมน์ที่ใช้ในการตรวจวัดคือ 40 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมของทั้ง 3 สภาวะ พบว่าสภาวะที่ 1 และ 2 ให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน และมีลักษณะ peak ที่สมมาตร แต่เนื่องจาก TFA มีความเป็นอันตรายมากกว่า ammonium formate (Merck, 2018) จึงเลือกใช้วิธีที่ 1 ในการตรวจวิเคราะห์สารพิษพาราควอต โดยใช้สารละลาย ammonium formate 250 มิลลิโมลาร์

(pH 3.7) และ acetonitrile ในอัตราส่วน 80:20 เป็น mobile phase อุณหภูมิคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส รวมเวลาที่ใช้ตรวจวัด 5 นาที

2. ผลการทดสอบความเป็นเส้นตรง (linearity) ของสารละลายมาตรฐานพาราควอต

จากการสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ของสารละลายพาราควอต working standard solution ที่ 6 ระดับความเข้มข้นคือ 0.0266, 0.1328, 0.2656, 0.5311, 1.3278 และ 2.6556 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าได้ค่า correlation coefficient; r เท่ากับ 0.99998 (Figure 2) จากนั้นทดสอบคุณลักษณะของการวิเคราะห์ (Analytical Performance) โดยใช้ความเข้มข้นระดับกลาง คือ 0.2656 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ได้ค่า S/N (Signal to Noise) และ resolution เท่ากับ 104.2 และ 3.42 ตามลำดับ ค่า%RSD ของการทดสอบ area และ retention time วิเคราะห์ 3 ซ้ำ เท่ากับ 1.68 และ 0.12% ตามลำดับ ลักษณะโครมาโทแกรมใน Figure 3



Figure 2 Calibration curve of paraquat standard solution 6 levels



Figure 3 Chromatogram of paraquat standard solution ade by HPLC-DAD, concentration is 0.2656 µg/ml

3. ผลการทดสอบตัวอย่างและปรับเปลี่ยนวิธีการทดสอบ

ผลการทดสอบเปรียบเทียบอัตราส่วนปริมาตรของ conc. sulfuric acid และน้ำกลั่นที่เหมาะสมต่อการสกัดตัวอย่าง พบว่าปริมาตรที่เหมาะสมคือ 25:75 มิลลิลิตร โดยให้ผลการทดสอบ %recovery อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Average recovery of paraquat from fortified sand soil in difference volume ratio of conc. sulfuric acid and distilled water

%Recovery	Volume of conc. sulfuric acid : distilled water (ml)				
	10:90	15:85	25:75	35:65	45:55
	ND	26.4±2.33	76.6±4.74	59.6±0.00	27.4±0.42

± : standard of deviation of three replicates

ND: Not detected

ผลการทดสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มระเหยควบแน่น (boil under reflux) พบว่าระยะเวลาที่ 2 ชั่วโมง ให้ผลการทดสอบ %recovery อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Average recovery of paraquat from fortified sand soil in difference period of time to boil under reflux

%Recovery	Period of time to boil under reflux (hour)					
	1	2	3	4	5	6
	67.1±0	80.8±0.71	81.4±0.14	90.6±4.95	94.1±5.23	95.9±4.74

± : standard of deviation of three replicates

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของ SPE cartridge 3 ชนิด โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้จากการชะสารพิษ 2 วิธี พบว่าวิธีการชะสารสกัดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับ SPE cartridge ชนิด C₁₈ คือการชะด้วยสารละลายตัวอย่าง (sample solution) ในขณะที่ Si-OH และ ENVI-CarbTM ชะด้วย elution solution และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบค่า %recovery พบว่าการ clean-up ด้วย ENVI-CarbTM SPE cartridge ซึ่งทำการชะด้วย elution solution ให้ค่า %recovery สูงสุด ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Average recovery of paraquat from fortified sand soil in compare between eluent and solid phase extraction (SPE) cartridge

Method	Kind of SPE cartridge		
	C ₁₈	Si-OH	ENVI-Carb TM
Method 1 eluted with elution solution	42.3±4.31	85.8±17.61	99.35±3.18
Method 2 eluted with sample solution	84.4±2.12	34.9±1.06	ND

± : standard of deviation of three replicates

ND: Not detected

elution solution : acetonitrile : 250 mM ammonium formate : phosphoric acid rate 30:70:1.25

ผลการทดสอบปริมาตรของสารสกัดตัวอย่างที่เหมาะสมในการนำไป clean up ผ่าน SPE cartridge พบว่าปริมาตรที่ 5 มิลลิลิตร ให้ค่า %recovery อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Average recovery of paraquat from fortified sand soil in difference volume of eluent

%Recovery	Volume of eluent (ml)		
	2	5	10
	53.8±1.63	83.5±5.44	128.7±13.93

± : standard of deviation of three replicates

ผลการทดสอบความเข้มข้นของสารละลาย ammonium formate ใน elution พบว่าที่ความเข้มข้น 250 และ 300 มิลลิโมลาร์ ให้ %recovery อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงใน Table 5 อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการลดความเข้มข้นสารเคมี ซึ่งจะเป็นการประหยัดสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบจึงเลือกใช้ที่ความเข้มข้น 250 มิลลิโมลาร์ สำหรับเป็นสารทดสอบต่อไป

Table 5 Average recovery of paraquat from fortified sand soil in difference concentration of ammonium formate

%Recovery	Concentration of ammonium formate (mM)		
	200	250	300
	72.5±3.82	76.3±5.44	77.1±7.35

± : standard of deviation of three replicates

จากผลการทดสอบได้วิธีการสกัดตัวอย่างดินที่มีความเหมาะสมคือ ตัวอย่างดิน 25 กรัม เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร และ conc. sulfuric acid 25 มิลลิลิตร นำไปต้มระเหยควบแน่น (boil under reflux) นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ล้าง condenser ด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปกรองด้วยระบบสุญญากาศ (vacuum pump) ผ่านกระดาษกรอง No.42 จำนวน 2 แผ่น ที่บรรจุ celite 10 กรัม ปรับปริมาตรสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร นำสารละลายที่กรองได้ผ่านคอลัมน์ ที่บรรจุ cation exchange resin เพื่อจับอนุภาคของพาราควอต เตรียมคอลัมน์ด้วยน้ำกลั่นและสารละลายอิ่มตัว sodium chloride ปริมาตรอย่างละ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมสารสกัดตัวอย่าง (อัตราการใช้ 5-10 มิลลิลิตรต่อนาฬิกา) จากนั้นล้างคอลัมน์ด้วยน้ำกลั่น สารละลาย 2 นอร์มอล hydrochloric acid น้ำกลั่น สารละลาย ammonium chloride เข้มข้นร้อยละ 2.5

น้ำหนักต่อปริมาตร และน้ำกลั่นปริมาตร 25, 100, 25, 50 และ 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ (อัตราการใช้ 3-4 มิลลิลิตรต่อนาฬิกา) จะสารสกัดด้วยสารละลายอิมิตัว ammonium chloride 50 มิลลิลิตร อัตราการใช้ 1 มิลลิลิตรต่อนาฬิกา เก็บสารละลายที่ชะได้ในขวดพลาสติกทึบแสง ปิดสารสกัด 5 มิลลิลิตร กรองผ่าน ENVI-Carb SPE cartridge เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน ล้างด้วยน้ำและชะด้วย elution solution ปริมาตร 2 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ อัตราการใช้ 1 มิลลิลิตรต่อนาฬิกา ดูดสารสกัด 1 มิลลิลิตร กรองผ่าน syringe filter membrane ชนิด PTFE ใส่ขวดพลาสติก ตรวจสอบด้วยเครื่อง HPLC-DAD (Figure 4)

4. ผลการทดสอบในตัวอย่างดินชนิดต่าง ๆ จากผลการทดสอบ % recovery ใน Table 6 พบว่าวิธีการตรวจวิเคราะห์นี้สามารถนำไปตรวจวิเคราะห์พาราควอตในตัวอย่างดินทราย ดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทรายได้

Table 6 Average recovery of paraquat in difference fortified soil

Types of soil									
Sand			Sandy loam			Sandy clay loam			
Sample blank (mg/kg)	Analyte (mg/kg)	Recovery (%)	Sample blank (mg/kg)	Analyte (mg/kg)	Recovery (%)	Sample blank (mg/kg)	Analyte (mg/kg)	Recovery (%)	
Average	ND	0.49±0.04	92.9±8.05	ND	2.17±0.04	71.1±1.33	0.1329	3.05±0.19	95.9±6.45
%RSD		8.64	8.67		1.86	1.87		6.38	6.72
Fortified sample (mg/kg)		0.5311			3.0349			3.0349	

ND ; Not detected

± : standard of deviation of seven replicates

Sandy loam : sand 74.40%, silt 7.90% and clay 17.70%

Sandy clay loam : sand 69.03%, silt 9.47% and clay 21.49%

สรุปผลการทดลอง

การพัฒนานิ่ววิเคราะห์สารพิษตกค้างพาราควอตในดิน โดยใช้เทคนิค high performance liquid chromatography พบว่าสารสกัดตัวอย่างดินด้วยการต้มระเหยควบแน่น นาน 2 ชั่วโมง โดยใช้สารสกัดเป็น conc. sulfuric acid และน้ำกลั่นปริมาตร 25 และ 75 มิลลิลิตร ตามลำดับ ดูดซับอนุภาคสารพาราควอตในสารสกัดตัวอย่างด้วย cation exchange resin และกำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วย ENVI-Carb SPE cartridge ทำการตรวจวัดด้วยเครื่อง HPLC-DAD ให้ผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์กำหนดและยอมรับได้

ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นวิธีตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างพาราควอตในดินและตะกอน ในห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุที่มีพิษการเกษตร และเผยแพร่ให้กับนักศึกษาและภาคเอกชนที่สนใจ

เอกสารอ้างอิง

- ภิญญา จุลินทร วิชา ตั้งนิพนธ์ ประกิจ จันทร์ต๊ะ และเอกราช สิทธิมงคล. 2554. การสะสมและแพร่กระจายของสารพิษในสิ่งแวดล้อมแหล่งปลูกส้มพื้นที่สูงภาคเหนือ *ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2554 เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร : สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. น. 137-153.
- สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2557. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายปี 2556-2557 (10 อันดับ). แหล่งข้อมูล: <http://www.doa.go.th/ard>, 4 เมษายน 2559.
- Anderson, L. and A.D. Boseley. 1997. The determination of residues of paraquat and diquat in crops and soil a high performance liquid chromatographic method. ZENEGA Agrochemical, Jealott's Hill Research Station. UK. 41p.
- Gondar, D., R. López, J. Antelo, S. Fiol and F. Arce. 2012. Adsorption of paraquat on soil organic matter: Effect of exchangeable cations and dissolved organic carbon. *Journal of Hazardous Materials*: 218-223.
- Kennedy, S.H. 1986. The determination of residues of paraquat in soil a spectrophotometric method. ICI Plant Protection Division, Jealott's Hill Research Station. UK. 10p.

- Mac Bean, C. 2012. *A World Compendium. The Pesticide Manual*. 16th edition. BCPC. UK. Pp.853-854.
- Merck, 2018. Trifluoroacetic acid MSDS. Available: http://www.merckmillipore.com/TH/en/product/Trifluoroacetic-acid,MDA_CHEM-108178?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.co.th%2F, Nov 2, 2017.
- Pateiro-Moure, M., E. Martínez-Carballo, M. Arias-Estévez and J. Simal-Gándara. 2008. Determination of quaternary ammonium herbicide in soils Comparison of digestion, shaking and microwave-assisted extractions. *Journal of Chromatography A*: 110-116.
- Robinson, N.J. 2006. Paraquat: Residue Method for the Determination of Paraquat Dichloride as Paraquat Cation in Soil (GRM012.04A). Syngenta, Jealott's Hill International Research Centre. UK. 49p.
- Roede, J.R. and G.W. Miller. 2014. Paraquat. *Encyclopedia of Toxicology* 3: 756-758.
- SANTE/11813. 2017. Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed. 21-22 November 2017 rev. 0. Available: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_2017-11813.pdf, Accessed Jan 20, 2017.
- Wibawa, W. 2013. Development of method for residue analysis of three herbicides in the soil by high performance liquid chromatography (HPLC). *Journal of Environmental chemistry and Ecotoxicology* 5 (8): 220-226.
- Wong, Y.C., N. Norsyamimi and W.A. Wan-Nurdiyana. 2013. Determination of Paraquat (herbicide) Residue Level in Sandy Clay Loam Soil Using High Performance Liquid Chromatography. *Journal of Basic & Applied Sciences* 9: 566-577.

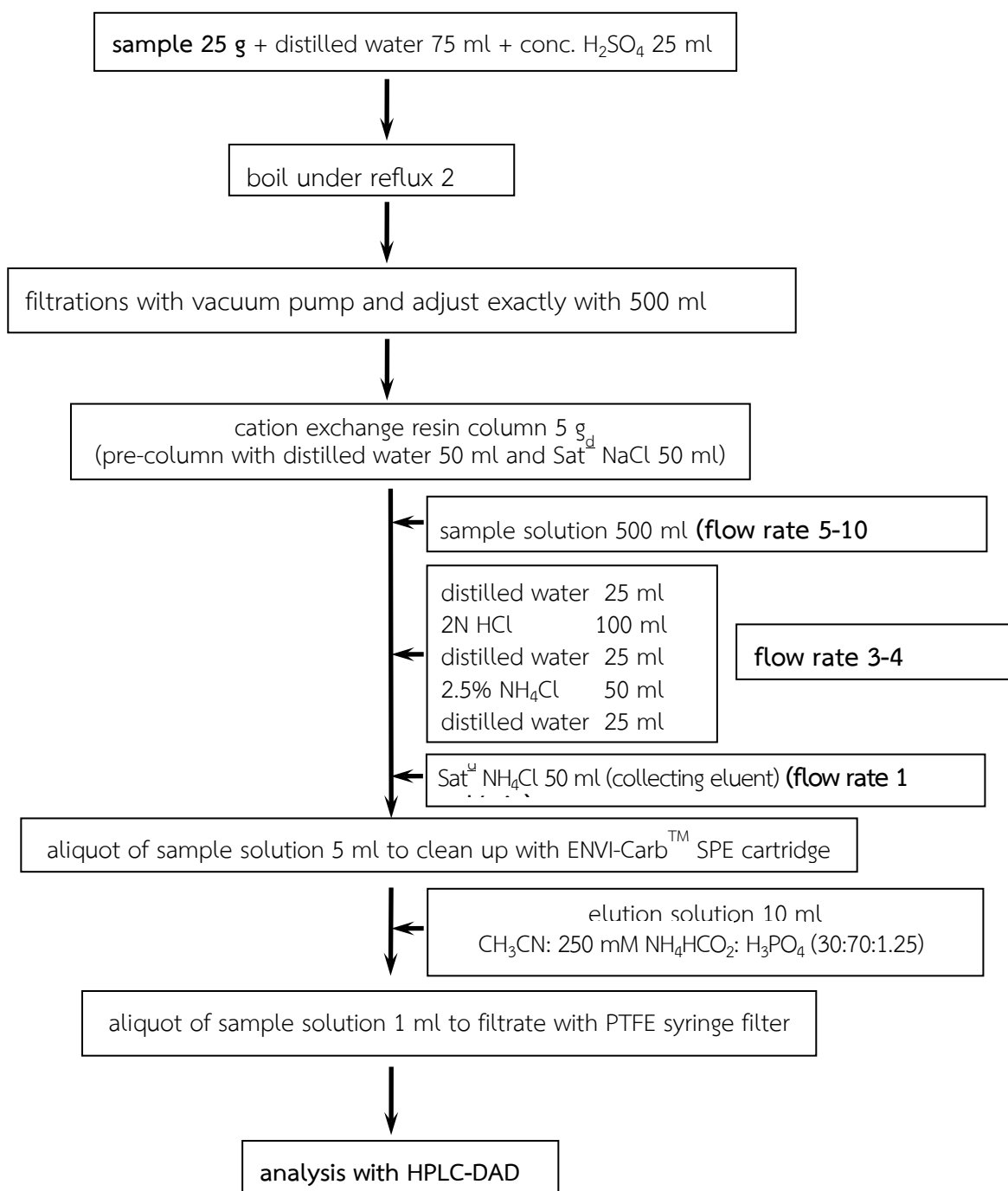


Figure 4 Analytical procedures for determining paraquat residue in soil

การศึกษาสารพิษตกค้าง Dinotefuran Imidacloprid และ Thiamethoxam ในสับปะรด เพื่อกำหนดค่า Import Tolerance Residue Trials Study of Dinotefuran Imidacloprid and Thiamethoxam in Pineapple to Set the Import Tolerance

ลมัย ชูเกียรติวัฒนา จินตนา ภู่มงกุฏชัย พนิดา ไชยยันต์บุรณ์ ศศิมา มั่งนิมิตร
ประชาติปัทมย์ พงษ์ภิญโญ ลักษมี เดชานุรักษ์กุล

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างในสับปะรดประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่ ไดโนทีฟูแรน (dinotefuran) อิมิดาโคลพรีด (imidacloprid) และไทอะมีโทแแซม (thiamethoxam) เพื่อนำไปใช้กำหนดค่า Import Tolerance สำหรับผลิตผลทางการเกษตรส่งออก เพื่อเสนอต่อหน่วยงาน Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) ของสาธารณรัฐเกาหลี ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการส่งออกสับปะรดของประเทศไทยไปสู่สาธารณรัฐเกาหลี โดยได้ทำการทดลองในแปลงสับปะรดทั้งหมด 3 สถานที่ต่อการทดลองในภาคตะวันออกของประเทศไทย ระยะเวลาทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2560 แต่ละการทดลองแบ่งเป็น 2 แปลงทดลองย่อย คือแปลงที่ไม่พ่นสารใช้เป็นแปลงควบคุม (control) และแปลงที่พ่นสาร (treated) ทำการพ่น dinotefuran (10% WP) อัตรา 20 g/20 L, imidacloprid (10% SL) อัตรา 20 mL/20 L และ thiamethoxam (25% WG) อัตรา 4 g/20 L โดยอัตราการใช้น้ำ 100 L/ไร่ พ่นจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน ภายหลังจากพ่นครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างสับปะรดตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างที่ระยะเวลา 0, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน โดยวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง LC-MS/MS จากการศึกษาที่ 0 วัน ในตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก (flesh with peel) มีปริมาณสารพิษตกค้างของ dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam พบสารพิษตกค้างที่ 0.06, 0.15 และ 0.03 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ตรวจพบได้จากทุกการทดลอง เช่นเดียวกับในตัวอย่างเปลือก (peel) พบสารพิษตกค้างสูงสุดที่ 0.06, 0.13 และ 0.05 mg/kg ตามลำดับ และปริมาณสารพิษตกค้างจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่เก็บ ส่วนในตัวอย่างเนื้อ (flesh) และในแปลงควบคุมไม่พบสารพิษตกค้างทั้ง 3 ชนิด

คำสำคัญ : สับปะรด dinotefuran imidacloprid thiamethoxam Import Tolerance

คำนำ

สับปะรด (มีชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Ananas comosus*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ระยอง ลำปาง ราชบุรี และกาญจนบุรี เป็นต้น พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ พันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสำคัญ และยังมีพันธุ์อื่นๆ ที่ปลูกเพื่อบริโภคผลสด เช่น พันธุ์ภูเก็ต ทรายทอง เพชรบุรี 1 MD2 ศรีราชา พิจิตร และนางแล เป็นต้น ประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดได้ในระดับต้นๆ ของโลก มีมูลค่าการส่งออกและสร้างรายได้ให้ประเทศประมาณปีละ 23,000-25,000 ล้านบาท โดยมีผลิตภัณฑ์ส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ สับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรด คิดเป็นร้อยละ 45 ของมูลค่าการส่งออก ผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูป โดยไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกสับปะรดกระป๋องเป็นอันดับ 1 ของโลก มีส่วนแบ่งการตลาด ประมาณร้อยละ 50 ซึ่งตลาดส่งออกสำคัญ ได้แก่ สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และตะวันออกกลาง (นโยบายและพัฒนาสับปะรดแห่งชาติ, 2560)

โรคที่พบบ่อยในสับปะรด ได้แก่ โรคเหี่ยว ซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัส Pineapple mealybug wilt-associated virus เชื้อกระจายอยู่หนาแน่นเฉพาะภายในเซลล์ท่ออาหารของสับปะรด มีเพลี้ยแป้งสีชมพู (*Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)) และเพลี้ยแป้งสีเทา (*D. neobrevipes* Beardsley) เป็นพาหะของโรค โดยมีมดคันไฟ (*Solenopsis* sp.) และมดหัวโต (*Pheidole* sp.)

เป็นตัวพาเพลี้ยแบ่งให้กระจายจากต้นหนึ่งไปยังต้นอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งเพลี้ยจะดูดกินน้ำเลี้ยงไม่ได้สร้างความเสียหายโดยตรง แต่มูลที่ถ่ายออกมาเหนียวๆ สร้างความสกปรกและเป็นแหล่งเพาะราดำ (ทวีศักดิ์, 2558)

การใช้สารเคมีทางการเกษตร เป็นวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก เห็นผลเร็ว สามารถทำได้ในพื้นที่กว้างขวางได้อย่างรวดเร็ว โดยวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่เกษตรกรส่วนใหญ่นำมาใช้ในสับประรด ได้แก่ ไดโนทีฟูแรน (dinotefuran) อิมิดาโคลพริด (imidacloprid) ไทอะมีโทแซม (thiamethoxam) ซึ่งสารเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (neonicotinoid) เป็นสารชนิดดูดซึม ออกฤทธิ์กำจัดแมลงได้ทั้งแบบถูกตัวตายและกินตาย โดยจะเข้าทำลายระบบประสาทส่วนกลางของแมลง ทำให้แมลงเป็นอัมพาต หยุดกินอาหารทันทีและตายในที่สุด และยังสามารถดูดซึมเข้าทางระบบรากสามารถป้องกันกำจัดแมลงที่หลบซ่อนอยู่บนต้นพืชและใต้ดินได้ดี มีประสิทธิภาพออกฤทธิ์ควบคุมและกำจัดแมลงได้ยาวนาน 30-45 วัน ป้องกันกำจัดแมลงบนดิน เช่น เพลี้ยจักจั่นฝ้าย เพลี้ยอ่อน เพลี้ยแบ่ง แมลงหวี่ขาว เพลี้ยไฟ เป็นต้น (อังคณา, 2556)

dinotefuran มีชื่อทางเคมี คือ 1-methyl-2-nitro-3-(tetrahydro-3-furylmethyl) guanidine สูตรโมเลกุล $C_7H_{14}N_4O_3$ มวลโมเลกุล 202.21 g/mol มีจุดหลอมเหลวที่ 107.5 °C ความสามารถในการละลายในน้ำที่ 39.8 g/L ที่ 20 °C pH 6.98 ลักษณะโครงสร้างของ dinotefuran แสดงใน **Figure 1 (a)** โดยสามารถสลายตัวเป็นสารอนุพันธ์ (metabolite) ที่สำคัญ ได้แก่ 1-methyl-3-(tetrahydro-3-furylmethyl) urea (UF), 1-methyl-3-(tetrahydro-3-furylmethyl) guanidium dihydrogen (DN) เป็นต้น (FAO, 2013)

imidacloprid มีชื่อทางเคมี คือ 1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine สูตรโมเลกุล $C_9H_{10}ClN_5O_2$ มวลโมเลกุล 255.7 g/mol มีจุดหลอมเหลวที่ 144 °C ความสามารถในการละลายในน้ำที่ 0.61 g/L ที่ 20 °C ที่ช่วง pH 4-9 ลักษณะโครงสร้างของ imidacloprid แสดงใน **Figure 1 (b)** โดยสามารถสลายตัวเป็นอนุพันธ์ที่สำคัญ ได้แก่ imidacloprid olefin, 5-hydroxy-imidacloprid, 6-chloronicotinic acid, และ imidacloprid urea เป็นต้น (FAO, 2013)

thiamethoxam มีชื่อทางเคมี คือ 3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene (nitro) amine สูตรโมเลกุล $C_8H_{10}ClN_5O_3S$ มวลโมเลกุล 291.71 g/mol มีจุดหลอมเหลวที่ 139.1 °C ความสามารถในการละลายในน้ำ 4.1 g/L ที่ 25 °C pH 7.3 ลักษณะโครงสร้างของ thiamethoxam แสดงใน **Figure 1 (c)** โดยสามารถสลายตัวเป็นอนุพันธ์ คือ clothianidin (FAO, 2014)

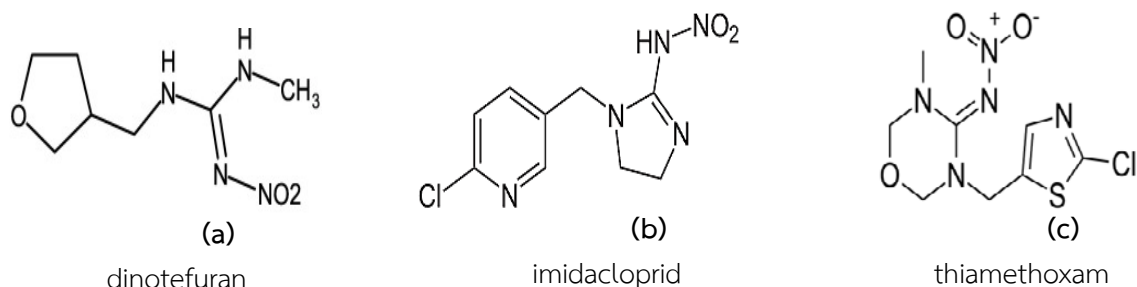


Figure 1 (a-c) Chemical structure of dinotefuran, imidacloprid and thiamethoxam

ในการพิจารณาสารพิษตกค้างเพื่อกำหนดค่า Import Tolerance, Maximum Residue Limit (MRL) และ Pre Harvest Interval (PHI) ของสารที่ใช้ในพืช จะพิจารณาตามค่าจำกัดความของแต่ละสารดังแสดงใน **Table 1**

Table 1 Residue definition of dinotefuran, imidacloprid and thiamethoxam for plant commodities

Compound	For compliance MRL	For estimation of dietary intake
dinotefuran	dinotefuran	sum of dinotefuran, UF and DN expressed as dinotefuran
imidacloprid	sum of imidacloprid and its metabolites containing the 6-chloropyridinyl moiety, expressed as imidacloprid.	sum of imidacloprid and its metabolites containing the 6-chloropyridinyl moiety, expressed as imidacloprid.
thiamethoxam	thiamethoxam	thiamethoxam and clothianidin (considered separately)

การศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้าง dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam ในสับปะรด เพื่อกำหนดค่า Import Tolerance โดยนำข้อมูลการสลายตัวเสนอต่อ Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) ของสาธารณรัฐเกาหลี และเพื่อป้องกันผลกระทบต่อการส่งออกสับปะรดจากประเทศไทยไปสาธารณรัฐเกาหลี นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการกำหนดค่า MRL และ PHI ของประเทศไทยของสาร dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam ในสับปะรด เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และใช้เป็นคำแนะนำการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ถูกต้องและปลอดภัย

วิธีดำเนินการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในแปลงทดลอง ได้แก่ นาฬิกาจับเวลา เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เครื่องวัดความเร็วลม ชุดป้องกันสารพิษ ถังน้ำขนาด 100-200 ลิตร ป้ายปักแปลง และหมุดหัวน็อต
2. เครื่องพ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตรด้วยมอเตอร์แบบเครื่องยนต์สะพายหลัง (motorized knapsack sprayer)
3. อุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ centrifuge tube, vial, cylinder, beaker, volumetric flask, PTFE syring filter, separatory funnel, condenser
4. เครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องชั่งตวงวัด 2 และ 5 ตำแหน่ง ที่ผ่านการสอบเทียบ, micro pipette ที่ผ่านการสอบเทียบ, food processor, vortex mixer, homogenizer, vacuum rotary evaporator, magnetic bar, centrifuge, water bath, heating mantle, nitrogen evaporator
5. เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างชนิด Liquid Chromatograph Tandem Mass Spectrometer (LC-MS/MS)

สารเคมี

1. วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ใช้ในแปลงทดลอง ได้แก่ dinotefuran (10% WP), imidacloprid (10% SL) และ thiamethoxam (25% WG)
2. สารมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 95% ได้แก่ dinotefuran, UF, DN, imidacloprid, 6-chloronicotinic acid, thiamethoxam และ clothianidin
3. สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ acetonitrile (HPLC grade), methanol (HPLC grade), sodium hydroxide (NaOH), potassium permanganate (KMnO₄), sulfuric acid (H₂SO₄), sodium bisulfite (NaHSO₃), trisodium citrate dihydrate (Na₃Cit·2H₂O), disodium hydrogencitrate sesquihydrate (Na₂HCit·1.5H₂O), tert-butyl methyl ether (MTBE), sodium sulfate (Na₂SO₄), sodium acetate (NaOAc), octadecyl (C₁₈), acetic acid, formic acid, ammonium formate, water (HPLC grade), sodium chloride (NaCl), magnesium sulphate (MgSO₄), primary secondary amine (PSA)

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. การทำแปลงทดลอง

1.1 เลือกพื้นที่ทำแปลงทดลองสับปะรด ประกอบด้วย 3 แปลงทดลอง ห่างกันไม่น้อยกว่า 30 km ได้แก่ แปลงทดลองที่ 1 ในอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี แปลงทดลองที่ 2 ในอำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง และแปลงทดลองที่ 3 ในอำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ตามลำดับ โดยพันธุ์สับปะรดทั้ง 3 แปลงทดลองเป็นพันธุ์ปัตตาเวีย

1.2 แต่ละแปลงทดลองใช้การพ่นทางใบ (foliar applications) โดยแบ่งออกเป็น 2 แปลงทดลองย่อย คือ แปลงที่ไม่พ่นสารใช้เป็นแปลงควบคุม (control, C) และแปลงที่พ่นสาร (treated, T) พ่นสารตามอัตราแนะนำการใช้ คือ dinotefuran (10% WP) อัตรา 20 g/20 L, imidacloprid (10% SL) อัตรา 20 mL/20 L และ thiamethoxam (25% WG) อัตรา 4 g/20 L โดยอัตราการใช้น้ำ 100 L/ไร่ (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2553)

1.3 ทำการสอบเทียบ (calibrate) เครื่องพ่นก่อนการพ่นสาร เพื่อหาอัตราการไหล (flow rate) ของเครื่อง คำนวณเวลาที่ใช้ และทดสอบจังหวะการเดินจนได้ตามเวลาที่กำหนด เพื่อควบคุมให้การพ่นให้มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง

1.4 แปลงทดลอง treated พ่นสารจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน โดยแปลงทดลองที่ 1 พ่นในวันที่ 21, 28 มีนาคม และ 4 พฤษภาคม 2560 แปลงทดลองที่ 2 พ่นในวันที่ 11, 18 และ 25 เมษายน 2560 และแปลงทดลองที่ 3 พ่นในวันที่ 25 กรกฎาคม, 1 และ 8 สิงหาคม 2560

1.5 หลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างที่ 0 (หลังพ่น 2 ชม.) 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน นำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง dinotefuran, imidacloprid, thiamethoxam และอนุพันธ์ของสารอื่นๆ ในสับประรด โดยแปลง control และ treated สุ่มเก็บตัวอย่างให้ได้อย่างน้อย 12 ลูก แปลงละ 2 ข้าง ของทุกช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง

2. การตรวจวิเคราะห์สารตกค้าง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง ตัดจุกและขั้วสับประรดออก ใช้มีดหั่นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วนตามแนวยาว ส่วนละเท่าๆ กัน และเลือกเอาส่วนตรงข้ามกัน 2 ส่วนเป็นตัวแทนของแต่ละผล สำหรับวิเคราะห์รวมเนื้อและเปลือก อีก 2 ส่วนที่เหลือใช้วิเคราะห์เฉพาะเนื้อและเฉพาะเปลือก หั่นตัวอย่างเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วปั่นตัวอย่างด้วยไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) ให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นตัวอย่าง ตักใส่ถุงแล้วและมัดปากถุงให้แน่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 ± 5 °C การวิเคราะห์ตัวอย่างแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก (flesh with peel) ตัวอย่างเฉพาะเนื้อ (flesh) และตัวอย่างเฉพาะเปลือก (peel) (ยกเว้นตัวอย่างจากแปลงที่ 1 และ 3 วิเคราะห์เฉพาะรวมเนื้อและเปลือก)

2.2 ชั่งตัวอย่างสับประรด ตัวอย่างละ 5 g สำหรับการวิเคราะห์สาร dinotefuran, UF, DN และ 10 g สำหรับการวิเคราะห์สาร imidacloprid, 6-chloronicotinic acid, thiamethoxam และ clothianidin น้ำหนักตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์อ้างอิงตามชนิดสารดังแสดงใน Table 2

Table 2 Sample amount and reference method for pesticides residue analysis

Compound	Sample amount (g)	Reference method
dinotefuran, UF, and DN	5	Rahman <i>et al.</i> , 2015
imidacloprid	10	EN 15662, 2008
6-chloronicotinic acid	10	Richter, 2014
thiamethoxam and clothianidin	10	EN 15662, 2008

2.3 การสกัดสารพิษตกค้าง

2.3.1 การสกัด dinotefuran, UF และ DN (Rahman *et al.*, 2015)

ชั่งตัวอย่าง 5 g ลงใน centrifuge tube ขนาด 50 mL สกัดด้วย acetonitrile (MeCN) 10 mL เติมกรด acetic 200 μ L เขย่า 1 นาที จากนั้นเติม $MgSO_4$ 6 g และ NaOAc 1.5 g เขย่า 1 นาที นำไป centrifuge ที่ 3,500 rpm เป็นเวลา 5 นาที ดูดสารละลาย 1.5 mL ลงในหลอดที่มี PSA 30 mg anhydrous $MgSO_4$ 225 mg และ C_{18} 30mg บรรจุอยู่ เขย่าด้วย vortex 30 วินาที ดูดสารละลายปริมาตร 1 mL ไประเหยจนแห้งด้วย nitrogen evaporator แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 mL ด้วย 1% methanol (MeOH) ในน้ำ เพื่อใช้วิเคราะห์หา dinotefuran และ UF

สำหรับการสกัดสาร DN ชั่งตัวอย่าง 5 g ลงใน centrifuge tube ขนาด 300 mL เติมน้ำร้อน 150 mL ($80-90$ °C) ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไป centrifuge ที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นดูดสารละลายชั้นบนสุด 20 mL ลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 mL เติม MeCN 20 mL และกรด acetic 400 μ L เขย่า 1 นาที เทสารละลายลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 mL ที่มี anhydrous $MgSO_4$ 12 g และ NaOAc 3 g บรรจุอยู่ เขย่า 1 นาที นำไป centrifuge ที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที ดูดสารละลายปริมาตร 15 mL ไประเหยจนแห้งด้วย nitrogen evaporator แล้วปรับปริมาตรเป็น 0.5 mL ด้วย 1% MeOH ในน้ำ

2.3.2 การสกัด imidacloprid, thiamethoxam และ clothianidin (EN 15662, 2008)

ชั่งตัวอย่าง 10 g สกัดด้วย MeCN 10 mL เขย่า 1 นาที หลังจากนั้นเติม anhydrous $MgSO_4$ 4 g, NaCl 1 g, trisodium citrate dihydrate ($Na_3Cit \cdot 2H_2O$) 1g และ disodium hydrogencitrate sesquihydrate ($Na_2HCit \cdot 1.5H_2O$) 0.5 g เขย่า 1 นาที นำไป centrifuge ที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที ดูดสารละลาย 5 mL ลงในหลอดที่มี PSA 125 mg และ anhydrous $MgSO_4$ 750 mg บรรจุอยู่ เขย่าด้วย vortex 30 วินาที แล้วนำไป centrifuge ที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที กรองสารละลายผ่าน PTFE syringe filter ใส่ vial แล้วปิดฝา

2.3.3 การสกัด imidacloprid ให้อยู่ในรูป 6-chloronicotinic acid (Richter, 2014)

ชั่งตัวอย่าง 10 g เติม methanol:water (3:1 v/v) 40 mL ปั่นให้เข้ากันด้วย homogenizer 1 นาที นำไป centrifuge ที่ 4,000 rpm เป็นเวลา 2 นาที เทส่วนใสผ่านสำลีลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL จากนั้นเติม methanol:water (3:1 v/v) อีก 40 mL แล้วปั่นด้วย homogenizer 1 นาที กรองส่วนใสผ่านสำลีลงไปผสมกับสารละลายที่กรองแล้วในขวด

ปริมาตรเดิม ปรับปริมาตรด้วย methanol:water (3:1 v/v) จนเป็น 100 mL ดูดสารละลาย 10 mL ทำให้แห้งด้วยเครื่อง vacuum rotary evaporator เพื่อนำไปทำปฏิกิริยา oxidation ดังนี้ เติมน้ำปริมาตร 100 mL, 32% w/v NaOH ปริมาตร 5 mL และ 5% w/v KMnO₄ ปริมาตร 50 mL ใส่ magnetic stirring bar นำไป reflux เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำล้าง condenser 50 mL เพื่อหยุดปฏิกิริยา ทำให้อุณหภูมิเย็นจนอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที) เติมน้ำล้าง 10% v/v H₂SO₄ ปริมาตร 50 mL และเติม NaHSO₃ จนกระทั่งสารละลายใสไม่มีสี และวัดค่า pH ≤1 นำสารละลายไป partition 2 ครั้ง กับ MTBE ครั้งละ 70 mL ทั้งส่วนที่เป็นชั้นน้ำ (ชั้นล่าง) กรองส่วนที่เป็นชั้น organic (ชั้นบน) ผ่านสำลีที่มี Na₂SO₄ ลงในขวดกั่นกลม ล้าง Na₂SO₄ ด้วย MTBE 30 mL ลดปริมาตรโดยใช้เครื่อง vacuum rotary evaporator จนแห้งแล้ว เติมน้ำ MeCN:water (2:8 v/v + 0.1% formic acid) 5 mL กรองสารละลายผ่าน PTFE syring filter ใส่ vial แล้วปิดฝา

2.4 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง LC-MS/MS

นำสารละลายจาก 2.3.1-2.3.3 ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างของสารต่างๆ โดยมีสภาวะของเครื่อง LC-MS/MS ดังแสดงใน Table 3 และ Table 4

Table 3 LC-MS/MS conditions for pesticides residue analysis

Parameter	Compound			
	dinotefuran, UF, DN	imidacloprid	6-chloronicotinic acid	thiamethoxam, clothianidin
Injection Volume (μL)	1	2	2	2
Column type	EC 100/2 nucleodur, C18 1.8 μm (MN)	Kinetex 2.6u XB-C18, 100A, 100x2.1 mm	Kinetex 2.6u XB-C18, 100A, 100x2.1 mm	Kinetex 2.6u XB-C18, 100A, 100x2.1 mm
Column Temperature (°C)	40	40	40	40
Mobil phase A	5 mM AF+0.01%FA	5 mM AF+0.01%FA	5 mM AF+0.01%FA	5 mM AF+0.01%FA
Mobile phase B	Methanol	Acetonitrile	Acetonitrile	Acetonitrile
Mobile phase flow (mL/min)	0.35	0.40	0.40	0.45
Total run time (min)	13.00	7.00	6.00	9.00
Gas temp (°C)	325	325	325	350
Gas flow (l/min)	8	11	10	10
Nebulizer (psi)	35	45	45	40
Capillary (V)	3500	3500	4000	3500
Polarity	Positive	Positive	Positive	Positive
AF = ammonium formate		FA = formic acid		

Table 4 MS/MS Scan parameter : Multi Reaction Monitoring (MRM)

Compound	m/z quant	Precursor Ion	Product Ion	Dwell	Frag (V)	CE	CAV
Dinotefuran	129	203.1	129	50	70	4	7
		203.1	114	50	70	4	7
UF	102.3	159.2	102.3	50	70	10	7
		159.2	85	50	100	10	7
DN	102.2	158.2	102.2	100	50	10	7
		158.2	57	100	50	10	7
imidacloprid	209.05	256.05	209.05	100	80	10	7
		256.05	175.02	100	80	10	7
6-chloronicotinic acid	121.9	157.9	121.9	100	100	18	7
		157.9	77.9	100	100	25	7
thiamethoxam	211.1	292.03	211.1	20	85	8	2
		292.03	181.1	20	85	20	2
		292.03	151.9	20	85	32	2
clothianidin	169	250.02	169	20	95	16	3
		250.02	149.3	20	95	28	3
		250.02	131.9	20	95	48	3

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลา เริ่มเดือนตุลาคม 2559 และสิ้นสุดเดือนกันยายน 2560 รวมระยะเวลาประมาณ 1 ปี

สถานที่ดำเนินการ 1. แปลงทดลองสับปะรด 3 สถานที่ ได้แก่

- 1.1 แปลงทดลองที่ 1 อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี
- 1.2 แปลงทดลองที่ 2 อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง
- 1.3 แปลงทดลองที่ 3 อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทำแปลงทดลอง

การศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างประกอบด้วย 3 การทดลอง ได้แก่ dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam ในสับปะรด แต่ละการทดลองดำเนินการใน 3 สถานที่ (แปลงทดลอง) แต่ละแปลงทดลองประกอบด้วย 2 แปลงย่อย ได้แก่ แปลงที่ไม่พ่นสารใช้เป็นแปลงควบคุมและแปลงที่พ่นสาร ทำการพ่นสาร 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการพ่นสารลงในแปลงทดลองแต่ละครั้ง พบว่า มีความถูกต้องของการพ่นอยู่เกณฑ์ยอมรับ คือ 96-99, 98.0-100, และ 95-101% ตามลำดับการทดลอง ดังแสดงใน Table 5 โดยเกณฑ์การยอมรับของการพ่นสารอยู่ระหว่าง 95-110%

Table 5 The application accuracy results of residue trials in pineapple

Trials No.	Application No.	% Accuracy of application (each of application)		
		dinotefuran	imidacloprid	thiamethoxam
01	1	96	99	95
	2	97	98	98
	3	99	100	101
02	1	99	99	96
	2	96	99	96
	3	97	98	96
03	1	98	98	99
	2	99	100	98
	3	98	99	97

2. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง

2.1 การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ dinotefuran, imidacloprid, thiamethoxam และอนุพันธ์ของสารนั้นๆ ในตัวอย่างสับปะรด ได้แก่ การหาเปอร์เซ็นต์ที่ได้กลับคืนมา (%recovery) ทำการทดลองที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 3 ซ้ำ ด้วยการเติมสารมาตรฐาน (fortified standard) ลงในตัวอย่างสับปะรด สกัดและตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างตามวิธีการที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่า %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 79-102% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับที่ 70-120% การหาค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ที่ได้จากการทำซ้ำ พบว่า %RSD อยู่ในช่วง 1-13% โดยมีช่วงการยอมรับที่ $\leq 20\%$ (FAO, 2016) และในแต่ละครั้งที่ทำการวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยเครื่อง LC-MS/MS มีการประกันคุณภาพผลการวิเคราะห์ (quality assurance, QA) ด้วยการทำ concurrent recovery ของแต่ละสารที่ระดับ LOQ และระดับเดียวกันกับปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างสับปะรด ตลอดจนการสกัดตัวอย่างซ้ำ (duplicate) เพื่อยืนยันผลการทดสอบว่าวิธีวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำในแต่ละครั้งที่ทำการทดสอบ ดังนั้นวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างดังกล่าวสามารถนำมาสกัดตัวอย่างสับปะรดจึงมีความน่าเชื่อถือ โดยมีค่าต่ำสุดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ) ดังแสดงใน Table 6

Table 6 Recovery (%), RSD (%) and LOQ of pesticides residue in pineapple

Compound	Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)	Average Recovery (%)	%RSD	LOQ (mg/kg)
dinotefuran	0.01	95, 81, 103	93	12	0.01
	0.1	98, 90, 105	98	8	
	1	88, 98, 97	94	6	
UF	0.01	72, 82, 83	79	8	0.01
	0.1	95, 91, 74	87	13	
	1	85, 88, 86	86	2	
DN	0.01	97, 108, 100	102	6	0.01
	0.1	93, 85, 78	85	9	
	1	85, 80, 75	80	6	
imidacloprid	0.01	89, 93, 103	95	8	0.01
	0.1	87, 95, 98	93	6	
	0.5	88, 89, 89	89	1	
6-chloronicotinic acid expressed as imidacloprid (total imidacloprid)	0.05	85, 97, 102	95	9	0.05
	0.2	80, 84, 92	85	7	
	0.5	79, 84, 88	84	5	
	2	77, 85, 85	82	6	
thiamethoxam	0.01	89, 92, 103	95	8	0.01
	0.05	94, 100, 103	99	5	
	0.2	94, 95, 104	98	6	
clothianidin	0.01	80, 94, 90	88	8	0.01
	0.05	88, 93, 102	94	8	
	0.2	100, 93, 108	100	7	

2.2 การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้างในแปลงที่พ่นสาร (treated) ของ dinotefuran, imidacloprid (total) และ thiamethoxam แสดงดัง **Table 7** พบว่า ที่ระยะเวลาเก็บตัวอย่างที่ 0, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือกมีปริมาณสารพิษตกค้าง dinotefuran, imidacloprid (total) และ thiamethoxam ของทั้ง 3 แปลงทดลอง อยู่ในช่วง 0.01-0.06, 0.06-0.15, และ 0.01-0.03 mg/kg ตามลำดับ โดยพบสารพิษตกค้างสูงสุดที่ระยะเวลาเก็บ 0 วัน ตรวจพบสาร UF, DN อนุพันธ์ของสาร dinotefuran และ clothianidin อนุพันธ์ของสาร thiamethoxam ในปริมาณที่น้อยกว่า LOQ ของวิธีตรวจวิเคราะห์ คือน้อยกว่า 0.01 mg/kg ส่วนในตัวอย่างเนื้อสับปรดตรวจพบสารในปริมาณที่น้อยกว่า LOQ ของทุกสารที่วิเคราะห์ และในตัวอย่างเปลือกพบ dinotefuran, imidacloprid (total) และ thiamethoxam ของทั้ง 3 แปลงทดลอง อยู่ในช่วง 0.01-0.06, 0.06-0.13, และ <0.01-0.05 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสารพิษตกค้างจะค่อยๆ ลดลงเพียงเล็กน้อยจากระยะห่างของช่วงเวลาการเก็บ ส่วนตัวอย่างจากแปลงควบคุมตรวจไม่พบสารพิษตกค้างในทุกตัวอย่าง

Table 7 The residue concentration of dinotefuran, imidacloprid (total) and thiamethoxam in pineapple

Trial No.	Fraction	Day after last application	Pesticide residue concentrations (mg/kg)		
			dinotefuran*	Imidacloprid (total)**	thiamethoxam*
01	flesh with peel	0	0.06	0.06	0.02
		3	0.03	0.06	<0.01
		7	0.02	0.06	<0.01
		14	0.02	0.06	<0.01
		21	0.02	0.06	<0.01
		28	0.02	0.06	<0.01
02	flesh with peel	0	0.03	0.06	0.01
		3	<0.01	<0.05	<0.01
		7	0.01	<0.05	<0.01
		14	<0.01	<0.05	<0.01
		21	<0.01	<0.05	<0.01
		28	<0.01	<0.05	<0.01

Table 7 Continued

Trial No.	Fraction	Day after last application	Pesticide residue concentrations (mg/kg)		
			dinotefuran*	Imidacloprid (total)**	thiamethoxam*
02	flesh	0	<0.01	<0.05	<0.01
		3	<0.01	<0.05	<0.01
		7	<0.01	<0.05	<0.01
		14	<0.01	<0.05	<0.01
		21	<0.01	<0.05	<0.01
		28	<0.01	<0.05	<0.01
	peel	0	0.06	0.13	0.05
		3	0.01	0.06	<0.01
		7	<0.01	0.06	<0.01
		14	0.01	0.06	<0.01
03	flesh with peel	21	<0.01	<0.05	<0.01
		28	<0.01	<0.05	<0.01
		0	0.05	0.15	0.03
		3	0.05	0.07	0.01
		7	0.03	0.07	0.01
		14	0.03	0.07	<0.01
	flesh with peel	21	0.03	0.06	<0.01
		28	0.03	0.05	<0.01

* LOQ = 0.01 mg/kg, ** LOQ = 0.05 mg/kg

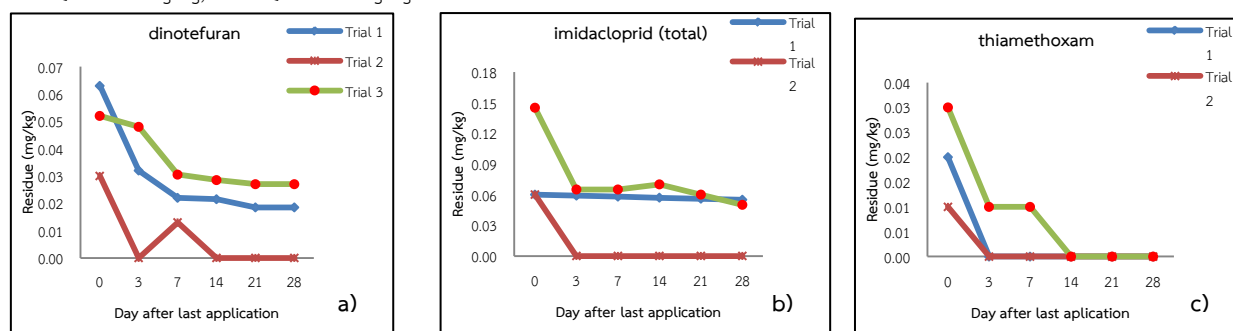


Figure 2 (a-c) The degradation trend of dinotefuran, imidacloprid (total) and thiamethoxam in pineapple

Figure 2 (a-c) แสดงแนวโน้มการสลายตัวของสารพิษตกค้างในตัวอย่างสับปะรดรวมเนื้อและเปลือกของ dinotefuran, imidacloprid (total) และ thiamethoxam ตามลำดับ การสลายตัวเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 3 การทดลอง คือ มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บตัวอย่างมากขึ้น โดยปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบ ที่ 0 วัน เรียงจากมากไปน้อยคือ imidacloprid (total), dinotefuran และ thiamethoxam หลังจากระยะเวลาการเก็บที่ 7 วัน ปริมาณสารพิษตกค้างลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บจนถึง 28 วัน แต่ยังสามารถตรวจพบ imidacloprid (total) และ dinotefuran ในปริมาณที่มากกว่า LOQ ของวิธีวิเคราะห์ ในแปลงทดลองที่ 1 และ 3 แต่สำหรับ thiamethoxam ตรวจพบในปริมาณที่น้อยกว่า LOQ หลังจากระยะเวลาการเก็บที่ 7 วัน ของทุกแปลงทดลอง

Table 8 Rounded MRL calculated by using OECD programme

Interval (day)	Average pesticide residue concentrations (mg/kg), n=3			
	dinotefuran	imidacloprid	thiamethoxam	clothianidin
0	0.05	0.09	0.02	0.01
3	0.03	0.06	0.01	0.01
7	0.02	0.06	0.01	0.01
14	0.02	0.06	0.01	0.01
21	0.02	0.06	0.01	0.01
28	0.02	0.05	0.01	0.01
Highest residue (mg/kg)	0.06	0.15	0.03	0.01
Rounded MRL (mg/kg), n=18	0.09	0.15	0.04	0.01
PHI from DOA (day)	2	3	2	2
ARfD (mg/kg body weigh)	1 (2012)	0.4 (2002)	1 (2010)	0.6 (2010)
ADI (mg/kg body weigh)	0-0.2 (2012)	0-0.06 (2002)	0-0.08 (2010)	0-0.1 (2010)

ARfD : Acute Reference Dose ADI : Acceptable Daily Intake

Table 8 แสดงผลจากการใช้หลักเกณฑ์ของ Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD ในการประมาณค่า MRL เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดค่า Import Tolerance, MRL และ PHI ในเบื้องต้น จากผลการคำนวณพบว่าสาร dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam มีค่า rounded MRL อยู่ที่ 0.09, 0.15 และ 0.04 mg/kg ตามลำดับ ส่วน clothianidin ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ thiamethoxam มีค่า rounded MRL ที่ 0.01 mg/kg (ที่ระดับ LOQ) เป็นผลพลอยได้จากการศึกษาในครั้งนี้เนื่องจาก Codex กำหนดค่า MRL แยกกันตามคำจำกัดความของสารพิษตกค้างที่ได้กล่าวใน **Table 1** และเมื่อพิจารณาค่า rounded MRL ของทุกสารในเบื้องต้นนำไปประเมินความเสี่ยง (risk assessment) ต่อการบริโภคพบว่าปลอดภัยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปได้แบบเฉียบพลัน (Acute Reference Dose: ARfD) ที่กำหนดไว้ของแต่ละสาร (JMPPR, 2015) จากค่า rounded MRL ประกอบกับการประเมินความเสี่ยง ได้กำหนดระยะเวลาปลอดภัยต่อการเก็บผลผลิตหลังการพ่นสาร (PHI) ในเบื้องต้นของ dinotefuran, thiamethoxam และ clothianidin ที่ 2 วัน และ imidacloprid ที่ 3 วัน

การวิจัยสารพิษตกค้าง dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam ในสับปะรด มีการสลายตัวเมื่อระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามที่ระยะเก็บ 0 วัน ตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือกมีปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของ imidacloprid เท่ากับ 0.15 mg/kg ซึ่งน้อยกว่าค่า MRLs ของ imidacloprid (0.20 mg/kg) ที่ Codex กำหนดในมะม่วงซึ่งเป็นพืชในกลุ่มเดียวกันกับสับปะรด คือกลุ่มหลัก 006 ผลไม้เขตร้อนและกิ่งเขตร้อนที่เปลือกบริโภคไม่ได้ (assorted tropical and sub-tropical fruit-inedible peel) (มาตรฐานสินค้าเกษตร, 2559) ทั้งนี้ยังไม่มีกำหนดค่า MRL ของ imidacloprid ในสับปะรด และยังไม่มีการกำหนดค่า MRL ของ dinotefuran ในพืชกลุ่มนี้ สำหรับ thiamethoxam และ clothianidin ในสับปะรด Codex ได้มีการกำหนดค่า MRLs เท่ากับ 0.01 mg/kg อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาค้นคว้า ค่า rounded MRL ของ thiamethoxam และ clothianidin เท่ากับ 0.04 และ 0.01 mg/kg ซึ่งจะเสนอต่อ Codex ในการพิจารณาต่อไปเพื่อให้สอดคล้องกับการทดลองในรูปแบบการใช้สาร (use pattern) จากการทำ supervised trials ของการศึกษาค้นคว้า

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การพ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตร dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam ในสับปะรด มีความถูกต้องแม่นยำของการฉีดพ่นสารต่อพื้นที่อยู่เกณฑ์ยอมรับได้ คือ 95-110 %
2. การหาประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ของสารพิษตกค้างของ dinotefuran, imidacloprid, thiamethoxam และ อนุพันธ์พบว่า %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 79-102% มี %RSD เท่ากับ 1-13% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ทั้ง accuracy และ precision โดยมีค่าต่ำสุดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ) เท่ากับ 0.01 mg/kg สำหรับสาร dinotefuran, UF, DN, imidacloprid, thiamethoxam และ clothianidin ส่วน 6-chloronicotinic acid ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ imidacloprid มีค่า LOQ เท่ากับ 0.05 mg/kg
3. การประเมินผลเบื้องต้นจากการใช้โปรแกรม OECD พบว่าปริมาณสารพิษตกค้าง dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam ในสับปะรด มีค่า rounded MRL อยู่ที่ 0.09, 0.15 และ 0.04 mg/kg ตามลำดับ และ clothianidin ที่ 0.01 mg/kg

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. เสนอผลการศึกษาต่อสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) เพื่อประกาศเป็นค่า MRL ตามพรบ. อาหาร กระทรวงสาธารณสุข
2. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้าง dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam ในสับปะรด เสนอต่อหน่วยงาน Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) ของสาธารณรัฐเกาหลี และพิจารณากำหนดค่า Import Tolerance
3. ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อกำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ของ Codex, ASEAN และของประเทศไทย
4. บริษัทที่ต้องการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรสำหรับสาร dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam สามารถใช้ค่า PHI กำหนดบนฉลากข้างภาชนะบรรจุได้

5. ข้อมูลจากการทดลองนี้นำไปเผยแพร่แก่นักวิชาการในกรมวิชาการเกษตร และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง นิสิต นักศึกษา ประชาชน เกษตรกร ได้ทราบถึงสารพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam ในสับปะรดและข้อควรระวังการบริโภคให้ปลอดภัย

6. ใช้เป็นคำแนะนำในการเลือกใช้สาร dinotefuran, imidacloprid และ thiamethoxam เพื่อป้องกันกำจัดมดและเพลี้ยในสับปะรดอย่างถูกต้องและปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

นโยบายและพัฒนาสับปะรดแห่งชาติ. 2560. ยุทธศาสตร์สับปะรด ปี 2560-2569. 50 หน้า.

ทวีศักดิ์ แสงอุดม. 2558. วิจัยและพัฒนาสับปะรด. หน้า 8-26 ใน รายงานชุดโครงการวิจัย 2558. กองวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

มาตรฐานสินค้าเกษตร. 2559. การจัดกลุ่มสินค้าเกษตร: พืช. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขา กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช. กรมวิชาการเกษตร. 303 หน้า.

อังคณา สุวรรณภู. 2556. นีโอนิโคตินอยด์: จดหมายข่าว ผลิใบ ก้าวใหม่การวิจัยและพัฒนาการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n16/v_3-apr/ceaksong.html. 4 พฤษภาคม 2561.

Richter S. 2014. Validation of BCS analytical method 01389 for the determination of residues of imidacloprid and its metabolites and of total residue of imidacloprid in plant materials by LC/MS/MS. PTRL Europe GmbH, Ulm, Germany. Bayer CropScience AG, Edition No: M-491524-01-1, Report No.: P 3009 G. p. 11-56.

EN 15662. 2008. Foods of Plant Origin-Determination of Pesticide Residues Using GC-MS and/or LC-MS/MS Following Acetonitrile Extraction/ Partitioning and Clean-up by Dispersive SPE-QuEChERS method. p. 1-81.

FAO. 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Specification and Evaluations for Agricultural Pesticides for Dinotefuran/Imidacloprid.

FAO. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. "List of Pesticides evaluated by JMPS and JMPR" Available: <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/lpe/lpe-t/en/es>, Accessed May. 5, 2018.

FAO. 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed. p 1-285.

JMPR. 2015. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Pesticide Residue. Codex Alimentarius Commission. 47th session. 264 p.

Rahman, M. M., Abd El-Aty, A. M., Choi, J.-H., Kim, S.-W., Shin, S. C., Shim, J.-H. 2015. Consequences of the matrix effect on recovery of dinotefuran and its metabolites in green tea during tandem mass spectrometry analysis. Food Chemistry, 168. p. 445-453.

แนวทางการปฏิบัติงานของฝ่ายบริหารทั่วไป กปผ.

โดย นางสาวชลธิชา จันทรประทีป นางสาวอัมพา อัมภรัตน์ นางสาวภัทรกร จิรโชติถาวร
ฝ่ายบริหารทั่วไป กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

แนวทางการปฏิบัติงานด้านการจัดซื้อจัดจ้าง

ตามพระราชบัญญัติและระเบียบกระทรวงการคลัง

ว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560

ขั้นตอนการซื้อหรือจ้าง

1. จัดทำแผนการจัดซื้อจัดจ้าง
2. จัดทำรายงานขอซื้อ/จ้าง โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - เหตุผลความจำเป็นที่ต้องซื้อหรือจ้าง
 - ขอบเขตของงานหรือรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของงานพัสดุหรือแบบรูปรายการงานก่อสร้างที่จะซื้อหรือจ้าง
 - ราคาของพัสดุที่จะซื้อหรือจ้าง
 - วงเงินที่จะซื้อหรือจ้าง
 - กำหนดเวลาที่ต้องการใช้พัสดุนั้น หรือให้งานนั้นแล้วเสร็จ
 - วิธีที่จะซื้อหรือจ้างและเหตุผลที่ต้องซื้อ/จ้างโดยวิธีนั้น
 - หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ (ถ้ามี)
 - ข้อเสนออื่นๆ เช่น การขออนุมัติแต่งตั้งคณะกรรมการต่างๆ ที่จำเป็นในการซื้อหรือจ้าง
3. ดำเนินการจัดหา โดยวิธีการจัดซื้อจัดจ้างทั่วไป มี 3 วิธี

3.1 วิธีประกาศเชิญชวนทั่วไป คือ เชิญชวนให้ผู้ประกอบการทั่วไป ที่มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดเข้ายื่นข้อเสนอ ซึ่งกระทำได้ 3 วิธี ดังนี้

- วิธีตลาดอิเล็กทรอนิกส์ (e-market)
- วิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (e-bidding)
- วิธีสอบราคา

3.2 วิธีคัดเลือก คือ เชิญชวนเฉพาะผู้ประกอบการที่มีคุณสมบัติตรงตามที่กำหนด ซึ่งต้องไม่น้อยกว่า 3 ราย ให้เข้ายื่นข้อเสนอ เว้นแต่ มีผู้ประกอบการที่มีคุณสมบัติตรงตามกำหนดน้อยกว่า 3 ราย

3.3 วิธีเฉพาะเจาะจง คือ เชิญชวนผู้ประกอบการที่มีคุณสมบัติตรงตามที่กำหนดรายใดรายหนึ่ง ให้เข้ายื่นข้อเสนอหรือให้เข้ามาเจรจาต่อรองราคากับหน่วยงานของรัฐโดยตรง

หลักการ : ให้ใช้วิธีประกาศเชิญชวนทั่วไปก่อน

เว้นแต่ : พิจารณาแล้วเข้าเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่ง ก็สามารถเลือกใช้วิธีคัดเลือกหรือวิธีเฉพาะเจาะจง

การจัดซื้อจัดจ้างให้ใช้ วิธีคัดเลือก ได้ ดังนี้

- ประกาศแล้ว ไม่มีผู้ยื่นข้อเสนอ
- เป็นพัสดุที่มีคุณลักษณะเฉพาะเป็นพิเศษ หรือซับซ้อน
- จำเป็น เร่งด่วน
- มีข้อจำกัดด้านเทคนิค ต้องระบุชี้แจง
- ต้องซื้อจากต่างประเทศ
- พัสดุลับ
- งานจ้างซ่อม
- กรณีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

การจัดซื้อจัดจ้างให้ใช้ วิธีเฉพาะเจาะจง ได้ ดังนี้

- ใช้วิธีประกาศเชิญชวนและวิธีคัดเลือกแล้ว แต่ไม่มีผู้ยื่นข้อเสนอ/ไม่มีผู้ได้รับการคัดเลือก
- จัดซื้อจัดจ้างในวงเงินที่ไม่เกินวงเงินที่กำหนดในกฎกระทรวง
- มีคุณสมบัติโดยตรงรายเดียว
- ฉุกเฉิน อุบัติเหตุ ภัยธรรมชาติ
- จัดซื้อจัดจ้างเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์หรือต่อเนื่อง
- เป็นพัสดุที่ขายทอดตลาด
- ซื้อที่ดิน สิ่งปลูกสร้าง เฉพาะแห่ง
- กรณีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

4. ขออนุมัติสั่งซื้อ/สั่งจ้าง

5. ออกใบสั่ง/ทำสัญญา

6. ดำเนินการตรวจรับพัสดุ

วิธีการจัดซื้อจัดจ้าง

1. การจัดซื้อจัดจ้างโดยวิธีเฉพาะเจาะจง (ที่มีใช้งานก่อสร้าง)

1.1 วงเงินเกิน 5,000 บาท แต่ไม่เกิน 100,000 บาท

ผังกระบวนการงาน	ระยะเวลา	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
1. จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุที่จะซื้อหรือจ้าง (พรบ.มาตรา 9,ระเบียบฯ ข้อ 21)	2 วัน	ผู้ต้องการใช้พัสดุดำเนินการ 1.1 จัดทำแบบขออนุมัติหลักการขอซื้อ/ขอจ้าง (แบบ พ.ด.1) 1.2 จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุที่จะซื้อ/จ้าง 1.3 เสนอ ผอ.กลุ่มฯ/หน.สบท. 1.4 เสนอ ผอ.กปผ. เพื่อให้ความเห็นชอบในหลักการ
2. จัดทำรายงานขอซื้อ/ขอจ้าง (ระเบียบฯ ข้อ 22)	2 วัน	เจ้าหน้าที่ 2.1 บันทึกข้อมูลลงในระบบ e-GP (ขั้นที่ 1) 2.2 จัดพิมพ์รายงานขอซื้อ/ขอจ้างจากระบบ e-GP 2.3 จัดพิมพ์คำสั่งแต่งตั้งผู้ตรวจรับพัสดุ/คณะกรรมการตรวจรับพัสดุจากระบบ e-GP 2.4 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.จกท. เพื่ออนุมัติ
3. ดำเนินการจัดซื้อ/จัดจ้าง (พรบ.มาตรา 56(2)(ข),ระเบียบฯ ข้อ 79)	2 วัน	เจ้าหน้าที่ 3.1 ให้เจ้าหน้าที่เจรจาตกลงราคากับผู้ที่มีอาชีพขายหรือรับจ้างนั้นโดยตรง 3.2 ขอใบเสนอราคาและเอกสารหลักฐานต่างๆ ของผู้ขาย/ผู้รับจ้าง พร้อมลงนามรับรองสำเนาถูกต้องในเอกสารทุกแผ่น ดังนี้ <u>บริษัทจำกัด (มหาชน) / บริษัทจำกัด / ห้างหุ้นส่วนจำกัด</u> - สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากธนาคาร (book bank) - สำเนาบัตรประจำตัวประชาชนของผู้มีอำนาจลงนาม - สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนฯ - สำเนาใบทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม (ภ.พ. 20) <u>ร้านค้า / บุคคลธรรมดา</u> - สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากธนาคาร - สำเนาบัตรประจำตัวประชาชนของเจ้าของร้าน - สำเนาใบทะเบียนพาณิชย์ 3.3 บันทึกข้อมูลลงในระบบ e-GP (ขั้นที่ 2-4) 3.4 จัดพิมพ์รายงานผลการพิจารณาและขออนุมัติสั่งซื้อ/สั่งจ้างจากระบบ e-GP 3.5 จัดพิมพ์ร่างประกาศผู้ชนะการเสนอราคาจากระบบ e-GP 3.6 ส่ง ผบท.งานพัสดุ เพื่อดำเนินการต่อไป 3.7 หน.จกท. ประกาศผู้ชนะการจัดซื้อจัดจ้าง 3 แห่ง ดังนี้ - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร - ปิดประกาศโดยเปิดเผย ณ สถานที่ปิดประกาศของหน่วยงาน
4. จัดทำใบสั่ง /สัญญา (ระเบียบฯ ข้อ 161)	3 วัน 7 วัน	4.1 จัดทำใบสั่ง เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.สบท. กรณีสัญญา 4.2 ทำหนังสือแจ้งผู้ค้า เพื่อให้มาลงนามในสัญญา/เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.สบท. 4.3 ผู้ค้า จัดเตรียมหลักประกันสัญญา/เจ้าหน้าที่ตรวจสอบเอกสารหลักฐานฯ/ 4.4 ผู้ค้าและผู้มีอำนาจลงนามในสัญญา
5. ตรวจรับพัสดุ (ระเบียบฯ ข้อ 175(4))	1-3 วัน	5.1 เมื่อผู้ค้า ส่งมอบพัสดุแล้ว ผู้รับพัสดุส่งเอกสารวางใบแจ้งหนี้ให้เจ้าหน้าที่ 5.2 จัดทำใบตรวจรับในระบบ e-GP (ขั้นที่ 8) 5.3 ดำเนินการตรวจรับและรายงานผลการตรวจรับพัสดุ เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.จกท. 5.4 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป

1.2 วงเงินเกิน 100,000 บาท แต่ไม่เกิน 500,000 บาท

ฝั่งกระบวนงาน	ระยะเวลา	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
1. จัดทำราคากลาง	2 วัน	1.1 จัดทำบันทึกขออนุมัติแต่งตั้งคณะกรรมการกำหนดราคากลาง เสนอ ผอ.กปผ. 1.2 จัดทำตารางแสดงวงเงินงบประมาณที่ได้รับจัดสรรและราคากลาง 1.3 จัดทำบันทึกขออนุมัติราคากลาง เสนอ ผอ.กปผ.
2. จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุที่จะซื้อหรือจ้าง (ตามพรบ.มาตรา 9,ระเบียบฯ ข้อ 21)	2 วัน	ผู้ต้องการใช้พัสดุดำเนินการ 2.1 จัดทำแบบขออนุมัติหลักการขอซื้อ/ขอจ้าง (แบบ พ.ด.1) 2.2 จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุที่จะซื้อ/จ้าง 2.3 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ผอ.กลุ่มฯ เพื่อให้ความเห็นชอบในหลักการ
3. จัดทำรายงานขอซื้อ/ขอจ้าง (ระเบียบฯ ข้อ 22)	2 วัน	เจ้าหน้าที่ 3.1 บันทึกข้อมูลลงในระบบ e-GP (ขั้นที่ 1) 3.2 จัดพิมพ์รายงานขอซื้อ/ขอจ้างจากระบบ e-GP 3.3 จัดพิมพ์คำสั่งแต่งตั้งผู้ตรวจรับ/คณะกรรมการตรวจรับพัสดุจากระบบ e-GP 3.4 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. เพื่ออนุมัติ
4. ดำเนินการจัดซื้อ/จัดจ้าง (พรบ.มาตรา 56(2)(ข),ระเบียบฯ ข้อ 79)	2 วัน	เจ้าหน้าที่ 4.1 ให้เจ้าหน้าที่เจรจาตกลงราคากับผู้ที่มีอาชีพขายหรือรับจ้างนั้นโดยตรง 4.2 ขอใบเสนอราคาและเอกสารหลักฐานต่างๆ ของผู้ขาย/ผู้รับจ้าง พร้อมลงนามรับรองสำเนาถูกต้องในเอกสารทุกแผ่น ดังนี้ <u>บริษัทจำกัด (มหาชน) / บริษัทจำกัด / ห้างหุ้นส่วนจำกัด</u> - สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากธนาคาร (book bank) - สำเนาบัตรประจำตัวประชาชนของผู้มีอำนาจลงนาม - สำเนาหนังสือรับรองการจดทะเบียนฯ - สำเนาใบทะเบียนภาษีมูลค่าเพิ่ม (ภ.พ. 20) <u>ร้านค้า / บุคคลธรรมดา</u> - สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากธนาคาร - สำเนาบัตรประจำตัวประชาชนของเจ้าของร้าน - สำเนาใบทะเบียนพาณิชย์ 4.3 บันทึกข้อมูลลงในระบบ e-GP (ขั้นที่ 2-4) 4.4 จัดพิมพ์รายงานผลการพิจารณาและขออนุมัติสั่งซื้อสั่งจ้างจากระบบ e-GP 4.5 จัดพิมพ์ร่างประกาศผู้ชนะการเสนอราคาจากระบบ e-GP 4.6 ส่ง ผบท.งานพัสดุ เพื่อดำเนินการต่อไป 4.7 ทน.จนท. ประกาศผู้ชนะการจัดซื้อจัดจ้าง 3 แห่ง ดังนี้ - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร - ปิดประกาศโดยเปิดเผย ณ สถานที่ปิดประกาศของหน่วยงาน
5. จัดทำใบสั่ง/สัญญา (ระเบียบฯ ข้อ 161)	3 วัน 7 วัน	5.1 จัดทำใบสั่ง เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.ผบท. กรณีสัญญา 5.2 ทำหนังสือแจ้งผู้ค้า เพื่อให้มาลงนามในสัญญา/เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.ผบท. 5.3 ผู้ค้า จัดเตรียมหลักประกันสัญญา/เจ้าหน้าที่ที่ตรวจสอบเอกสารหลักฐานฯ/ 5.4 ผู้ค้าและผู้มีอำนาจลงนามในสัญญา
6. ตรวจรับพัสดุ (ระเบียบฯ ข้อ 175(4))	1-3 วัน	6.1 เมื่อผู้ค้า ส่งมอบพัสดุแล้ว ผู้รับพัสดุส่งเอกสารวางบิลใบแจ้งหนี้ให้เจ้าหน้าที่ 6.2 จัดทำใบตรวจรับในระบบ e-GP (ขั้นที่ 8) 6.3 ดำเนินการตรวจรับและรายงานผลการตรวจรับพัสดุ เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. 6.4 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป

1.3 การจ้างเหมาคน วงเงินตั้งแต่ 5,000 บาท แต่ไม่เกิน 500,000 บาท (ไม่เข้าระบบ e-GP)

ขั้นตอน	ระยะเวลา	รายละเอียด/วิธีปฏิบัติ
1. กำหนดรายละเอียดของงานที่จะจ้าง (พรบ.มาตรา 9,ระเบียบฯ ข้อ 21)	2 วัน	1.1 จัดทำแบบขออนุมัติหลักการจ้าง (แบบ พ.ด.1) เสนอ ผอ.กปผ. เห็นชอบในหลักการ 1.2 จัดทำรายละเอียดของงานที่จะจ้าง และเงื่อนไขการจ่ายเงิน
2. รายงานขอจ้าง (ระเบียบฯ ข้อ 22)	2 วัน	2.1 จัดทำรายงานขอจ้าง (8 ข้อ) 2.2 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.จนท.
3. ดำเนินการจ้าง (พรบ.มาตรา 56(2)(ข),ระเบียบฯ ข้อ 79)	2 วัน	3.1 ให้เจ้าหน้าที่เจรจาตกลงราคากับผู้ประกอบการที่มีอาชีพรับจ้างนั้นโดยตรง 3.2 ขอใบเสนอราคา และเอกสารหลักฐาน ของผู้รับจ้าง ดังนี้ - สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากธนาคาร - สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน - สำเนาใบขับขี่ (กรณีจ้างเหมาขับรถยนต์) 3.3 จัดทำรายงานผลการพิจารณาและขออนุมัติสั่งจ้าง เสนอ ผอ.กปผ. 3.4 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป
4. ตรวจสอบความถูกต้องของรายงานขอจ้าง	2 วัน	4.1 ตรวจสอบความถูกต้องของรายงานขอจ้าง 4.2 ส่งงานงบประมาณ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป
5. คุมเงินงบประมาณ	3-5 วัน	5.1 ลงทะเบียนรับและคุมเงิน 5.2 ส่ง กลุ่มงบประมาณ ผ่าน กลุ่มพัสดุ กองคลัง เพื่อตรวจสอบตามระเบียบฯ และคุมเงินฯ 5.3 ส่ง เรื่องคืน กปผ. เพื่อดำเนินการต่อไป
6. จัดทำใบสั่ง /สัญญา (ระเบียบฯ ข้อ 161)	3 วัน 7 วัน	6.1 จัดทำใบสั่ง เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.ผบท. กรณีสัญญา 6.2 ทำหนังสือแจ้งผู้รับจ้าง เพื่อให้มาลงนามในสัญญา/เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.ผบท. 6.3 ผู้รับจ้าง จัดเตรียมหลักประกันสัญญา/ตรวจสอบ/เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.ผบท. 6.4 ผู้รับจ้างและผู้ว่าจ้าง ลงนามในสัญญา
7. ตรวจรับพัสดุ (ระเบียบฯ ข้อ 175(4))	3 วัน	7.1 ผู้รับจ้าง ส่งมอบงาน 7.2 ดำเนินการตรวจรับพัสดุตามสัญญาหรือใบสั่งจ้าง 7.3 จัดทำรายงานผลการตรวจรับพัสดุ เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน หน.จนท. 7.4 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป

2. การจัดซื้อจัดจ้างโดยวิธีคัดเลือก (ไม่จำกัดวงเงิน)

ผังกระบวนการงาน	ระยะเวลา	รายละเอียด/วิธีปฏิบัติ
1. จัดทำแผนการจัดซื้อจัดจ้าง (พรบ.มาตรา 11,ระเบียบฯ ข้อ 11)	3 วัน	ผู้ต้องการใช้พัสดุดำเนินการ 1.1 จัดทำแผนการจัดซื้อจัดจ้าง เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. เพื่ออนุมัติแผน 1.2 ส่งงานพัสดุ ผบท.เพื่อจัดทำแผนฯ ในระบบ e-GP เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. 1.3 ทน.จนท. ประกาศเผยแพร่แผนการจัดซื้อจัดจ้าง 3 แห่ง ดังนี้ - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร - ปิดประกาศโดยเปิดเผย ณ สถานที่ปิดประกาศของหน่วยงาน
2. ขออนุมัติหลักการซื้อหรือขอจ้าง	2 วัน	2.1 จัดทำบันทึกขออนุมัติหลักการซื้อหรือขอจ้าง 2.2 จัดทำคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการ - คณะกรรมการกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) - คณะกรรมการกำหนดราคากลาง 2.3 เสนอ ผอ.กปผ. เห็นชอบในหลักการและลงนามในคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการ
3. จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ (พรบ.มาตรา 9, ระเบียบฯ ข้อ 21)	3 วัน	3.1 จัดทำร่างขอบเขตของงาน/รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุที่จะซื้อหรือจ้าง 3.2 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป
4. จัดทำราคากลาง	3 วัน	4.1 จัดทำราคากลางและจัดทำตารางแสดงวงเงินฯ ที่ได้รับการจัดสรรและราคากลาง 4.2 จัดทำบันทึกขออนุมัติราคากลาง เสนอ ผอ.กปผ. เพื่ออนุมัติราคากลาง 4.3 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป 4.4 ประกาศเผยแพร่ราคากลาง - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร
5. รายงานขอซื้อหรือขอจ้าง (ระเบียบฯ ข้อ 22)	2 วัน	5.1 จัดทำรายงานขอซื้อหรือขอจ้าง (8 ข้อ) 5.2 จัดทำคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการ - คณะกรรมการจัดซื้อหรือจัดจ้างโดยวิธีคัดเลือก - คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ 5.3 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. เพื่ออนุมัติให้ดำเนินการซื้อหรือจ้าง และลงนามในคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการ
6. ดำเนินการจัดซื้อ/จัดจ้าง (พรบ.มาตรา 56(1) และระเบียบฯข้อ 74-76)	5-10 วัน	6.1 จัดทำหนังสือเชิญชวนไปยังผู้ประกอบการ ไม่น้อยกว่า 3 ราย 6.2 ผู้ประกอบการที่ได้รับหนังสือเชิญชวน ยื่นข้อเสนอตาม วัน เวลา ที่กำหนด 6.3 คณะกรรมการดำเนินการเปิดซองข้อเสนอ และตรวจสอบเอกสารหลักฐานต่าง ๆ 6.4 คณะกรรมการดำเนินการพิจารณาคัดเลือกผู้ชนะการซื้อหรือจ้างหรือผู้ได้รับการคัดเลือก 6.5 จัดทำรายงานผลการพิจารณาและความเห็นพร้อมด้วยเอกสารที่ได้รับไว้ทั้งหมด 6.6 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. เพื่ออนุมัติผลการจัดซื้อจัดจ้างโดยวิธีคัดเลือก 6.7 ส่งงานพัสดุ เพื่อดำเนินการต่อไป 6.8 จัดทำรายงานผลการพิจารณา ในระบบ e-GP 6.9 จัดทำร่างประกาศผู้ชนะการเสนอราคา 6.10 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. เพื่ออนุมัติผลการจัดซื้อจัดจ้าง และลงนามในประกาศผู้ชนะการเสนอราคา 6.11 ทน.จนท. ประกาศเผยแพร่ผู้ชนะการเสนอราคา 3 แห่ง ดังนี้ - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร - ปิดประกาศโดยเปิดเผย ณ สถานที่ปิดประกาศของหน่วยงาน
7. จัดทำใบสั่ง /สัญญา (ระเบียบฯ ข้อ 161)	3 วัน 7 วัน	7.1 จัดทำใบสั่ง เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.ผบท. กรณีสัญญา 7.2 ทำหนังสือแจ้งผู้ค้า เพื่อให้มาลงนามในสัญญา/เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.ผบท. 7.3. ผู้ค้า จัดเตรียมหลักประกันสัญญา/เจ้าหน้าที่ตรวจสอบเอกสารหลักฐานฯ/ 7.4 ผู้ค้าและผู้มีอำนาจลงนามในสัญญา
8. ตรวจรับพัสดุ (ระเบียบฯ ข้อ 175(4))	1-3 วัน	8.1 เมื่อผู้ค้า ส่งมอบพัสดุแล้ว ผู้รับพัสดุส่งเอกสารวางบิลใบแจ้งหนี้ให้เจ้าหน้าที่ 8.2 จัดทำใบตรวจรับในระบบ e-GP (ขั้นที่ 8) 8.3 ดำเนินการตรวจรับและรายงานผลการตรวจรับพัสดุ เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. 8.4 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป

3. การจัดซื้อจัดจ้างด้วยวิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (e-bidding) 500,000 บาท ขึ้นไป

ฝั่งกระบวนการงาน	ระยะเวลา	รายละเอียด/วิธีปฏิบัติ
1. จัดทำแผนการจัดซื้อจัดจ้าง (พรบ.มาตรา 11,ระเบียบฯ ข้อ 11)	3 วัน	ผู้ต้องการใช้พัสดุดำเนินการ 1.1 จัดทำแผนการจัดซื้อจัดจ้าง เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. เพื่ออนุมัติแผน 1.2 ส่งงานพัสดุ ผบท.เพื่อจัดทำแผนฯ ในระบบ e-GP เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. 1.3 ทน.จนท. ประกาศเผยแพร่แผนการจัดซื้อจัดจ้าง 3 แห่ง ดังนี้ - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร - ปิดประกาศโดยเปิดเผย ณ สถานที่ปิดประกาศของหน่วยงาน
2. ขออนุมัติหลักการขอซื้อจ้าง	2 วัน	2.1 จัดทำบันทึกขออนุมัติหลักการขอซื้อจ้าง 2.2 จัดทำคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการ - คณะกรรมการกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Specification) - คณะกรรมการกำหนดราคากลาง 2.3 เสนอ ผอ.กปผ. เห็นชอบในหลักการและลงนามในคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการ
3. จัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ (พรบ.มาตรา 9, ระเบียบฯ ข้อ 21)	3 วัน	3.1 จัดทำร่างขอบเขตของงาน/รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุที่จะซื้อหรือจ้าง 3.2 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป
4. จัดทำราคากลาง	3 วัน	4.1 จัดทำราคากลางและจัดทำตารางแสดงวงเงินฯ ที่ได้รับการจัดสรรและราคากลาง 4.2 จัดทำบันทึกขออนุมัติราคากลาง เสนอ ผอ.กปผ. เพื่ออนุมัติราคากลาง 4.3 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป 4.4 ประกาศเผยแพร่ราคากลาง - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร
5. รายงานขอซื้อหรือขอจ้าง (ระเบียบฯ ข้อ 22)	2 วัน	5.1 จัดทำรายงานขอซื้อหรือขอจ้าง (8 ข้อ) 5.2 จัดทำคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการ - คณะกรรมการพิจารณาผลการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (e-bidding) - คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ
	3 วัน	5.3 จัดทำร่าง TOR. / SPEC. พร้อมร่างประกาศและร่างเอกสารซื้อหรือจ้างฯ เสนอ ผอ.กปผ.
	5-20 วัน	5.5 ทน.จนท.เผยแพร่ประกาศและเอกสารประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ 3 แห่ง ดังนี้ - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร - ปิดประกาศโดยเปิดเผย ณ สถานที่ปิดประกาศของหน่วยงาน
6. ดำเนินการจัดซื้อ/จัดจ้าง (พรบ.มาตรา 55 ระเบียบ 55)	5 วัน	คณะกรรมการพิจารณาผลการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ 6.1 จัดพิมพ์ใบเสนอราคาและเอกสารการเสนอราคาของผู้เสนอราคา จากระบบ e-GP 6.2 ตรวจสอบเอกสารหลักฐานต่าง ๆ ของผู้ยื่นข้อเสนอทุกราย 6.3 ดำเนินการพิจารณาคัดเลือกพัสดุหรือคุณสมบัติของผู้ยื่นข้อเสนอที่ถูกต้อง 6.4 จัดทำรายงานผลการพิจารณาและความเห็นพร้อมด้วยเอกสารที่ได้รับไว้ทั้งหมด 6.5 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. เพื่ออนุมัติผลการจัดซื้อจัดจ้าง 6.6 ส่งงานพัสดุ เพื่อดำเนินการต่อไป 6.7 จัดทำรายงานผลการพิจารณาฯ และร่างประกาศผู้ชนะการเสนอราคาในระบบ e-GP 6.9 เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. เพื่ออนุมัติผลการจัดซื้อจัดจ้างและลงนามประกาศผู้ชนะฯ 6.10 ทน.จนท. ประกาศเผยแพร่ผู้ชนะการเสนอราคา 3 แห่ง ดังนี้ - ในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐอิเล็กทรอนิกส์ (e-GP) - ในเว็บไซต์ของกรมวิชาการเกษตร - ปิดประกาศโดยเปิดเผย ณ สถานที่ปิดประกาศของหน่วยงาน
7. จัดทำใบสั่ง /สัญญา (ระเบียบฯ ข้อ 161)	3 วัน 7 วัน	7.1 จัดทำใบสั่ง เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.ผบท. กรณีสัญญา 7.2 ทำหนังสือแจ้งผู้ค้า เพื่อให้มาลงนามในสัญญา/เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.ผบท. 7.3. ผู้ค้า จัดเตรียมหลักประกันสัญญา/เจ้าหน้าที่ที่ตรวจสอบเอกสารหลักฐานฯ/ 7.4 ผู้ค้าและผู้มีอำนาจลงนามในสัญญา
8. ตรวจรับพัสดุ (ระเบียบฯ ข้อ 175(4))	1-3 วัน	8.1 เมื่อผู้ค้า ส่งมอบพัสดุแล้ว ผู้รับพัสดุส่งเอกสารวางใบแจ้งหนี้ให้เจ้าหน้าที่ 8.2 จัดทำใบตรวจรับในระบบ e-GP (ขั้นที่ 8) 8.3 ดำเนินการตรวจรับและรายงานผลการตรวจรับพัสดุ เสนอ ผอ.กปผ. ผ่าน ทน.จนท. 8.4 ส่งงานพัสดุ ผบท. เพื่อดำเนินการต่อไป

ตัวอย่าง
ชื่อ (ผู้ตรวจรับพัสดุเพียงคนเดียว)

แบบ พ.ด.1

แบบอนุมัติหลักการขอซื้อ/ขอจ้าง
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ที่ กษ.....

วันที่.....

เรียน หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ด้วย กลุ่ม..... มีความจำเป็นจะขออนุมัติ

☐ ชื่อ..... จำนวน.....รายการ เพื่อใช้กับ (ชื่อครุภัณฑ์)
การดำเนินการครั้งนี้ภายในวงเงิน.....บาท โดยขอเบิกจ่ายจากเงินงบ.....
งาน/โครงการ เหตุผลขอซื้อ.....
.....ตามรายการขอซื้อ ดังนี้

ลำดับ	จำนวน	รายการ	หมายเหตุ
		กำหนดส่งมอบ ภายใน.....วัน	

ลงชื่อ.....ผู้แจ้งรายการ
(.....)

ตำแหน่ง.....

ลงชื่อ.....ผอ.กลุ่มฯ
(.....)

ตำแหน่ง.....

เรียน ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ตามที่ กลุ่ม..... ขออนุมัติซื้อ.....จำนวน.....รายการ
ในวงเงิน.....บาท (.....) กลุ่ม.....ได้พิจารณาแล้วขอเสนอรายชื่อ ดังนี้

1. ผู้ออกรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Specification)

..... ตำแหน่ง.....

2. ผู้ตรวจรับพัสดุ

..... ตำแหน่ง.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ลงชื่อ.....
(.....)

เจ้าหน้าที่

ลงชื่อ.....
(.....)

หัวหน้าเจ้าหน้าที่

เห็นชอบหลักการ

(.....)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ตัวอย่าง

จ้าง (ผู้ตรวจรับพัสดุเพียงคนเดียว)

แบบ พ.ด.1

แบบอนุมัติหลักการขอซื้อ/ขอจ้าง

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ที่ กษ.....

วันที่.....

เรียน หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ด้วย กลุ่ม..... มีความจำเป็นจะขออนุมัติ

☐ จ้าง..... จำนวน.....รายการ เพื่อใช้กับ (ชื่อครุภัณฑ์)

การดำเนินการครั้งนี้ภายในวงเงิน.....บาท โดยขอเบิกจ่ายจากเงินบ.....

งาน/โครงการ เหตุผลขอจ้าง.....

.....ตามรายการขอจ้าง ดังนี้

ลำดับ	จำนวน	รายการ	หมายเหตุ
		กำหนดแล้วเสร็จ ภายใน.....วัน	

ลงชื่อ.....ผู้แจ้งรายการ

(.....)

ตำแหน่ง.....

ลงชื่อ.....ผอ.กลุ่มฯ

(.....)

ตำแหน่ง.....

เรียน ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ตามที่ กลุ่ม..... ขออนุมัติจ้าง.....จำนวน.....รายการ

ในวงเงิน.....บาท (.....) กลุ่ม..... ได้พิจารณาแล้วขอเสนอรายชื่อ ดังนี้

1. ผู้ออกรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Specification)

..... ตำแหน่ง.....

2. ผู้ตรวจรับพัสดุ

..... ตำแหน่ง.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ลงชื่อ.....

(.....)

เจ้าหน้าที่

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้าเจ้าหน้าที่

เห็นชอบหลักการ

(.....)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ตัวอย่าง

ชื่อ (คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ 3 คน)

แบบ พ.ด.1

แบบอนุมัติหลักการขอซื้อ/ขอจ้าง

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ที่ กษ.....

วันที่.....

เรียน หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ด้วย กลุ่ม..... มีความจำเป็นจะขออนุมัติ

☐ ซื้อ..... จำนวน.....รายการ เพื่อใช้กับ (ชื่อครุภัณฑ์)

การดำเนินการครั้งนี้ภายในวงเงิน.....บาท โดยขอเบิกจ่ายจากเงินงบ.....

งาน/โครงการ เหตุผลขอซื้อ.....

.....ตามรายการขอซื้อ ดังนี้

ลำดับ	จำนวน	รายการ	หมายเหตุ
		กำหนดส่งมอบ ภายใน.....วัน	

ลงชื่อ.....ผู้แจ้งรายการ

(.....)

ตำแหน่ง.....

ลงชื่อ.....ผอ.กลุ่มฯ

(.....)

ตำแหน่ง.....

เรียน ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ตามที่ กลุ่ม..... ขออนุมัติซื้อ.....จำนวน.....รายการ

ในวงเงิน.....บาท (.....) กลุ่ม..... ได้พิจารณาแล้วขอเสนอรายชื่อ ดังนี้

1. ผู้ออกรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Specification)

..... ตำแหน่ง.....

2. คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ

1. ตำแหน่ง..... ประธานกรรมการ

2. ตำแหน่ง..... กรรมการ

3. ตำแหน่ง..... กรรมการ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ลงชื่อ.....

(.....)

เจ้าหน้าที่

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้าเจ้าหน้าที่

เห็นชอบหลักการ

(.....)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ตัวอย่าง

จ้าง (คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ 3 คน)

แบบ พ.ด.1

แบบอนุมัติหลักการขอซื้อ/ขอจ้าง

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ที่ กษ.....

วันที่.....

เรียน หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ด้วย กลุ่ม..... มีความจำเป็นจะขออนุมัติ

☐ จ้าง..... จำนวน.....รายการ เพื่อใช้กับ (ชื่อครุภัณฑ์)

การดำเนินการครั้งนี้ภายในวงเงิน.....บาท โดยขอเบิกจ่ายจากเงินงบ.....

งาน/โครงการ เหตุผลขอจ้าง.....

.....ตามรายการขอจ้าง ดังนี้

ลำดับ	จำนวน	รายการ	หมายเหตุ
		กำหนดแล้วเสร็จ ภายใน.....วัน	

ลงชื่อ.....ผู้แจ้งรายการ

(.....)

ตำแหน่ง.....

ลงชื่อ.....ผอ.กลุ่มฯ

(.....)

ตำแหน่ง.....

เรียน ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ตามที่ กลุ่ม..... ขออนุมัติจ้าง.....จำนวน.....รายการ

ในวงเงิน.....บาท (.....) กลุ่ม..... ได้พิจารณาแล้วขอเสนอรายชื่อ ดังนี้

1. ผู้ออกรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Specification)

..... ตำแหน่ง.....

2. คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ

1. ตำแหน่ง..... ประธานกรรมการ

2. ตำแหน่ง..... กรรมการ

3. ตำแหน่ง..... กรรมการ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ลงชื่อ.....

(.....)

เห็นชอบหลักการ

เจ้าหน้าที่

ลงชื่อ.....

(.....)

(.....)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ตัวอย่าง



จ้างเหมาบริการบุคคล (ผู้ตรวจรับพัสดุเพียงคนเดียว)

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ฝ่ายบริหารทั่วไป กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร โทร.๐ ๒๕๗๙ ๒๗๒๕
ที่ กษ.๐๙๑๖.๐๕/.....วันที่ ๒๕ มิถุนายน ๒๕๖๑.....
เรื่อง รายงานผลการตรวจรับพัสดุ.....

เรียน ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ผ่าน หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาวบริการ ยินดี ได้รับแต่งตั้งให้เป็นผู้ตรวจรับพัสดุ จ้างเหมาบริการบันทึกข้อมูล
ตามใบสั่งจ้าง เลขที่ กปผ.จ.๙๙๙/๖๑ ลงวันที่ จำนวนเงิน ๖๐,๐๐๐ บาท (หกหมื่นบาทถ้วน)
กับ นายฉลาด ทำงานดี นั้น

บัดนี้ ข้าพเจ้า ได้ตรวจรับงาน ดังกล่าว งวดที่ ๑ ประจำเดือน มิถุนายน ๒๕๖๑ จำนวนเงิน ๑๐,๐๐๐ บาท
(หนึ่งหมื่นบาทถ้วน) ตามใบส่งมอบงาน/ใบแจ้งหนี้ ลงวันที่ ๒๕ มิถุนายน ๒๕๖๑ และใบตรวจรับพัสดุที่แนบมาพร้อมนี้
ถูกต้องครบถ้วนแล้ว ทั้งนี้ ดำเนินการตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุ
ภาครัฐ พ.ศ.๒๕๖๐ หมวด ๖ การบริหารสัญญาและการตรวจรับพัสดุ ข้อ ๑๗๕ (๔)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นางสาวบริการ ยินดี)

ผู้ตรวจรับพัสดุ

(.....)

หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ทราบ

(.....)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ตัวอย่าง



จ้างเหมาบริการบุคคล (คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ 3 คน)

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ฝ่ายบริหารทั่วไป กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร โทร.๐-๒๕๗๙-๒๗๒๕
ที่ กษ.๐๙๑๖.๐๕/.....วันที่ ๒๕ มิถุนายน ๒๕๖๑.....
เรื่อง รายงานผลการตรวจรับพัสดุ.....

เรียน ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ผ่าน หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาวบริการ ยินดี และคณะฯ ได้รับแต่งตั้งให้เป็นคณะกรรมการตรวจรับพัสดุ จ้างเหมา
บริการบันทึกข้อมูล ตามใบสั่งจ้าง เลขที่ กปผ.จ.999/61 ลงวันที่ จำนวนเงิน 60,000 บาท (หกหมื่นบาทถ้วน)
กับ นายฉลาด ทำงานดี นั้น

บัดนี้ ข้าพเจ้าและคณะฯ ได้ตรวจรับงาน ดังกล่าว งวดที่ 1 ประจำเดือน มิถุนายน 2561 จำนวนเงิน 10,000
บาท (หนึ่งหมื่นบาทถ้วน) ตามใบส่งมอบงาน/ใบแจ้งหนี้ ลงวันที่ 25 มิถุนายน 2561 และใบตรวจรับพัสดุที่แนบมา
พร้อมนี้ ถูกต้องครบถ้วนแล้ว ทั้งนี้ ดำเนินการตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ
พ.ศ.2560 หมวด 6 การบริหารสัญญาและการตรวจรับพัสดุ ข้อ 175 (4)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นางสาวบริการ ยินดี)

ประธานกรรมการ

(.....)

หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ทราบ

(.....)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ตัวอย่าง



ชื่อ/จ้าง จากบริษัท/ห้าง/ร้าน (ผู้ตรวจรับพัสดุเพียงคนเดียว)

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ฝ่ายบริหารทั่วไป กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร โทร.๐ ๒๕๗๙ ๒๗๒๕
ที่ กษ.๐๙๑๖.๐๕/.....วันที่.....๒๕ มิถุนายน ๒๕๖๑.....
เรื่อง รายงานผลการตรวจรับพัสดุ.....

เรียน ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ผ่าน หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาวบริการ ยินดี ได้รับแต่งตั้งให้เป็นผู้ตรวจรับพัสดุ ชื่อ/จ้าง.....จำนวน.....รายการ
ตามใบสั่งซื้อ/ใบสั่งจ้าง เลขที่ กปผ.....ลงวันที่ จำนวนเงิน บาท (.....) กับ
บริษัท/ห้าง/ร้าน..... นั้น

บัดนี้ ข้าพเจ้า ได้ดำเนินการตรวจรับพัสดุดังกล่าว ตามใบส่งของ/ใบแจ้งหนี้/ใบกำกับภาษี
เลขที่.....ลงวันที่ 25 มิถุนายน 2561 และใบตรวจรับพัสดุที่แนบมาพร้อมนี้ ถูกต้องครบถ้วนแล้ว
ทั้งนี้ ดำเนินการตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ.2560 หมวด 6
การบริหารสัญญาและการตรวจรับพัสดุ ข้อ 175 (4)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นางสาวบริการ ยินดี)

ผู้ตรวจรับพัสดุ

(.....)

หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ทราบ

(.....)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ตัวอย่าง

ชื่อ/จ้าง จากบริษัท/ห้าง/ร้าน (คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ 3 คน)



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ฝ่ายบริหารทั่วไป กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร โทร.๐-๒๕๗๙-๒๗๒๕.....

ที่ กษ.๐๙๑๖.๐๕/..... วันที่ ๒๕ มิถุนายน ๒๕๖๑.....

เรื่อง รายงานผลการตรวจรับพัสดุ.....

เรียน ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ผ่าน หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาวบริการ ยินดีและคณะฯ ได้รับแต่งตั้งให้เป็นคณะกรรมการตรวจรับพัสดุ
ชื่อ/จ้าง.....จำนวน.....รายการ ตามใบสั่งซื้อ/ใบสั่งจ้าง เลขที่ กปผ..... ลงวันที่
จำนวนเงิน บาท (.....) กับ บริษัท/ห้าง/ร้าน..... นั้น

บัดนี้ ข้าพเจ้าและคณะฯ ได้ดำเนินการตรวจรับพัสดุดังกล่าว ตามใบสั่งของ/ใบแจ้งหนี้/ใบกำกับภาษี
เลขที่.....ลงวันที่ 25 มิถุนายน 2561 และใบตรวจรับพัสดุที่แนบมาพร้อมนี้ ถูกต้องครบถ้วนแล้ว
ทั้งนี้ ดำเนินการตามระเบียบกระทรวงการคลังว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ.2560 หมวด 6
การบริหารสัญญาและการตรวจรับพัสดุ ข้อ 175 (4)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นางสาวบริการ ยินดี)

ประธานกรรมการ

(.....)

หัวหน้าเจ้าหน้าที่

ทราบ

(.....)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ภาคโปสเตอร์

**การจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ เพื่อการผลิตข้าวโพดหวาน
ในกลุ่มดินร่วน จังหวัดราชบุรี**
**Management of Soil and Fertilizer with Organic materials
for Sweet Corn Production on Loam Soil in Ratchaburi**

ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ สมฤทัย ตันเจริญ พิศพงษ์ เชาวนพงษ์ ปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา กัลยากร โปร่งจันทิก
กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ปัจจัยสำคัญในการผลิตข้าวโพดหวานให้ได้ผลผลิตที่ดีนั้น ต้องมีการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ยร่วมกับวัสดุอินทรีย์ เพื่อการผลิตข้าวโพดหวานในกลุ่มดินร่วน จังหวัดราชบุรี ดำเนินการทดลองในปี 2561 ที่แปลงเกษตรกร ต.ดอนกระเบื้อง อ.โพธาราม จ.ราชบุรี วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 6 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก คือ การจัดการดิน ได้แก่ 1) สับกลบดินและใบข้าวโพด 2) ไม่สับกลบดินและใบข้าวโพด ปัจจัยรอง คือ การจัดการปุ๋ย มี 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ย 20-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ย 10-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่+มูลโค 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ย 10-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่+มูลโค 1,000 กิโลกรัมต่อไร่+PGPR ผลการทดลอง พบว่า การสับกลบดินข้าวโพดลงในพื้นที่ไม่ส่งผลให้สมบัติดิน ผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 มีความแตกต่างทางสถิติกับการสับกลบดินข้าวโพด แต่การใช้ปุ๋ยเคมีในอัตรา 20-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ส่งเสริมให้ข้าวโพดหวานให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 3,046 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด เท่ากับ 13.4

คำหลัก : ข้าวโพดหวาน การจัดการ ปุ๋ย วัสดุอินทรีย์ ดินร่วน ราชบุรี

คำนำ

ข้าวโพดหวานจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ โดยในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานในรูปข้าวโพดหวานกระป๋องเป็นอันดับ 1 ของโลกประมาณ 184,178 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,770 ล้านบาท (คณะทำงานพัฒนาสารสนเทศการเกษตรระดับประเทศ, 2555) ข้าวโพดหวานสามารถเจริญเติบโตในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 10-45 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิในประเทศไทยจึงเหมาะแก่การปลูกข้าวโพดหวานตลอดทั้งปี (ทวีศักดิ์, 2540) ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวโพดหวานควรเป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ร่วนเหนียวปนทราย และร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดิน ปฏิกริยาของดินอยู่ในช่วง 5.5 – 6.8 (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

เนื่องจากประเทศไทยมีการใช้ที่ดินในการผลิตพืชอย่างไม่เหมาะสมมาเป็นเวลานาน ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ทำให้เกษตรกรต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลง ศักยภาพในการให้ผลผลิตของดินต่ำ และปุ๋ยเคมีได้ถูกปรับให้มีราคาสูงขึ้นทุกปีทำให้ต้นทุนการผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแนวทางที่สามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ รวมทั้งยังช่วยให้การจัดการดินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่อาจช่วยให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์ในระยะยาวได้ ซึ่งการนำวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพและวัสดุปรับปรุงดินมาใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างผสมผสานในการผลิตพืชจะมีส่วนช่วยให้สมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินดีขึ้น ดังนั้นเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงควรมีการจัดการดินและปุ๋ยให้เหมาะสม บนพื้นฐานการเลือกใช้ทรัพยากรวัสดุอินทรีย์ที่มีในท้องถิ่น โดยใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ และจัดการดินโดยสับกลบเศษซากพืชหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อการใช้ปุ๋ยเฉพาะพื้นที่กับข้าวโพดหวานอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มศักยภาพในการผลิตข้าวโพดหวาน

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 2) ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) 3) มูลโค และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ (PGPR) 4) อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับเก็บตัวอย่างพืช และตัวอย่างดิน 5) เครื่องวัดความหวาน และ 6) อุปกรณ์ให้น้ำระบบสปริงเกอร์

วิธีการ

ทำการทดลองในพื้นที่กลุ่มดินร่วน ปี 2560 ที่ไร่นาเกษตร ต.ดอนกระเบื้อง อ.โพธาราม จ.ราชบุรี พิกัดที่ตั้ง 47P UTM 601787^E 1523308^N วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 6 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก คือ การจัดการดิน ได้แก่ 1) สับกลบดินและไถซังข้าวโพด 2) ไม่สับกลบดินและไถซังข้าวโพด ปัจจัยรอง คือ การจัดการปุ๋ย ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ย 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน 3) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 50% ของค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับมูลโคอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 50% ของค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับมูลโคอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ซึ่งผลวิเคราะห์สมบัติของมูลวัว พบว่า มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 1.72 0.85 และ 2.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 14.7 7.3 และ 18.2 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 1)

เก็บตัวอย่างดินรวม (Composite Sample) ก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดิน โถเตรียมดินและปรับระดับพื้นที่ แบ่งแปลงย่อยให้มีขนาดแปลงทดลองกว้างยาว เท่ากับ 4.5x5 เมตร ทำการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 โดยใช้ระยะปลูก 75x25 เซนติเมตร (แปลงละ 6 แถว แถวละ 20 ต้น) ปลูกแบบร่องเดี่ยว ใส่ปุ๋ยเคมีข้างแถวปลูกในอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี โดยปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือครั้งแรกใส่พร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวโพดหวานอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ครั้งเดียวพร้อมปลูก ดูแลกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 70-75 วัน ในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 3x3 เมตร และเก็บตัวอย่างต้นและฝักข้าวโพดในแต่ละกรรมวิธีมาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช และสุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากผิวดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

วิเคราะห์ดินก่อนและหลังปลูกได้แก่ ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) วัดโดย pH meter ใช้อัตราส่วนดิน : น้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965) วิเคราะห์อินทรียวัตถุด้วยวิธีการของ Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II และวัดการเกิดสีตามวิธี molybdenum blue โดยใช้ Spectrophotometer (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วย 1N Ammonium Acetate, pH 7 และวัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer (Thomas, 1982)

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้โปรแกรม iristat และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติดินก่อนปลูกและหลังปลูก

จากผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินก่อนปลูกในปี 2560 พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วน ปฏิกิริยาดินเป็นกลาง ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง (Table 2) ซึ่งประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้ในอัตรา 20-5.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

ในปี 2561 ได้ทำการไถกลบส่วนต้นและไถซังข้าวโพดลงในกรรมวิธีที่มีการสับกลบต้นข้าวโพด พบว่า ในกรรมวิธีที่สับกลบต้นข้าวโพดลงในพื้นที่ปลูกมีไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น 21.9-25.8 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้น 2.6-3.4 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้น 3.1-4.1 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3)

สมบัติดินหลังทำการทดลอง พบว่า การสับกลบต้นข้าวโพดลงในพื้นที่ ซึ่งคิดเป็นปริมาณไนโตรเจนคืนกลับลงดิน เท่ากับ 21.9-25.8 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.6-3.4 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม เท่ากับ 21.2-29.1 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3) ไม่ส่งผลให้สมบัติดินด้านต่าง ๆ แตกต่างทางสถิติ กับการไม่สับกลบต้นข้าวโพดลงในพื้นที่ (Table 4 และ 5)

นอกจากนี้ยังพบว่า ความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังการทดลองมีแนวโน้มลดลงทุกกรรมวิธี แต่การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลโค 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ได้ใกล้เคียงกับสมบัติดินก่อนการทดลอง (Table 2, 4 and 5)

2. ผลผลิตและความหวานของข้าวโพดหวาน ปี 2561

การสับกลบดินข้าวโพดไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของผลผลิตและความหวานของข้าวโพดหวานทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยในทุกกรรมวิธีส่งผลให้ผลผลิตและความหวานของข้าวโพดหวานสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใส่ปุ๋ยอัตรา 20-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลโคอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดหวานเฉลี่ย (3,046 และ 2,910 กก./ไร่ ตามลำดับ) สูงที่สุด และการใส่ปุ๋ยอัตรา 10-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลโคอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ส่งผลให้ความหวานของข้าวโพดหวานเฉลี่ย (16 °Brix) สูงที่สุด (Table 6)

3. ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดหวาน ปี 2561

การสับกลบดินข้าวโพดไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยในทุกกรรมวิธีส่งผลให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดหวานสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใส่ปุ๋ยในอัตรา 20-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ส่งผลให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวโพดหวาน (65.6 กก./ไร่) สูงที่สุด และในกรรมวิธีที่ 3 การใส่ปุ๋ย 10-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับมูลโคอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของข้าวโพดหวาน (30.4 และ 149.2 กก./ไร่ ตามลำดับ) สูงที่สุด (Table 7)

4. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การใส่ปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดหวาน โดยการพิจารณาว่าจะใช้ปุ๋ยในอัตราใดจึงจะคุ้มค่าต่อการลงทุนต้องวิเคราะห์หาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ หรือค่า Value Cost Ratio (VCR) ถ้าค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Pervais *et al.*, 2004) จากการทดลองพบว่า ทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีค่า VCR อยู่ระหว่าง 3.5 ถึง 13.4 ซึ่งการใส่ปุ๋ยในอัตรา 20-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด (Table 8)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การสับกลบดินข้าวโพดลงในพื้นที่เพาะปลูกไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของสมบัติดินทางเคมี ความหวาน ผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารพืชของข้าวโพดหวานในทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยในอัตรา 20-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตของข้าวโพดหวาน และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยในกรรมวิธีอื่น

การใส่มูลวัว การสับกลบดินข้าวโพด และการใช้เชื้อจุลินทรีย์ PGPR ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดหวานอย่างเด่นชัด ทั้งนี้อาจเกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุเพื่อให้กลายเป็นธาตุอาหารที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตของพืชต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย ดังนั้น ในการไถกลบเศษซากพืชหรือวัสดุอินทรีย์ จึงควรคำนึงถึงอัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด (C:N ratio) และเว้นระยะเวลาก่อนการปลูกหลังทำการไถกลบให้เหมาะสม เพื่อให้วัสดุอินทรีย์เกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชสามารถนำไปใช้ได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดหวาน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- คณะทำงานพัฒนาสารสนเทศการเกษตรระดับประเทศ. 2555. สินค้าข้าวโพดหวาน ประจำปี 2555 เดือน ธันวาคม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- ทวีศักดิ์ ภู่อำ. 2540. ข้าวโพดหวาน การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59: 39-45.

- Peech, M. 1965. Soil pH by grass electrode pH meter, pp. 914-925. In C.A. Black, D. D. Evans, R.L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clark, and R.C. Dinsuer (eds). Method of soil Analysis Part 2 : Physical and menorological Properties, Inching Statistics of Measurement and Sampling American Society of Agronomy Inc., Pubisher Madison, USA.
- Pevai, Z., Hussain, K., Kazmi, S.S.H. and Gill, K.H. 2004. Agronomic efficiency of different N:P ratios in rain fed wheat. International Journal of Agriculture & Biology. 3: 455-457.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cation. In A.L. Page et al (ed.). Method of soil analysis. Second edition. Agronomy 9: 159-166. American Society of Agronomy. Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-37.

Table 1 Chemical properties and plant nutrients of cow dung 1,000 kilogram

Moisture (%)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Potassium (%)	Dry weight (kg/rai)	Nitrogen (kg/rai)	Phosphorus (kg/rai)	Potassium (kg/rai)
14.5	1.72	0.85	2.13	855	14.7	7.3	18.2

Table 2 Soil characteristics before experiment 2017

pH (1:1)	Organic Matter (%)	Available Phosphorus (mg/kg)	Exchangeable Potassium (mg/kg)	Soil Texture
7.0	1.51	164	180	Loam

Table 3 Plant nutrients of incorporate corn stover after experiment 2017

Treatment	Dry weight (kg/rai)	Nitrogen (kg/rai)	Phosphorus (kg/rai)	Potassium (kg/rai)
1. 0-0-0	850	21.9	2.6	21.2
2. 20-5-5	881	23.9	3.0	24.1
3. 10-5-5+CD	926	24.2	3.0	26.7
4. 10-5-5+CD+PGPR	979	25.8	3.4	29.1

Note : CD = cow dung

Table 4 pH and organic matter in soil after experiment 2018

Treatment	pH (1:1)		mean (S)	Organic Matter (%)		mean (S)
	IC	RC		IC	RC	
1. 0-0-0	7.6 a	7.3 a	7.5	0.88 ab	1.27 a	1.07 b
2. 20-5-5	6.5 c	6.9 b	6.7	0.59 b	0.88 b	0.73 c
3. 10-5-5+CD	7.1 b	7.2 ab	7.1	1.08 a	1.62 a	1.35 a
4. 10-5-5+CD+PGPR	7.3 b	7.1 ab	7.2	0.97 a	1.37 a	1.17 ab
mean (M)	7.1	7.1	7.1	0.88	1.28	1.08
%CV (S)		3.0			29.3	
%CV (M)		3.5			26.3	

Note : IC = incorporate corn stover after harvest, RC = remove corn stover after harvest and CD = cow dung

Table 5 Available Phosphorus and Exchangeable Potassium in soil after experiment (mg/kg) 2018

Treatment	Available Phosphorus		mean (S)	Exchangeable Potassium		mean (S)
	IC	RC		IC	RC	
1. 0-0-0	105.3 a	122.3 b	113.8 b	71.0 ab	76.3 ab	73.7 b
2. 20-5-5	125.7 a	122.7 b	124.2 b	77.3 ab	71.0 b	74.2 b
3. 10-5-5+CD	131.7 a	172.0 a	151.8 b	95.3 a	96.0 ab	95.7 a
4. 10-5-5+CD+PGPR	107.7 a	150.0 ab	128.8 b	62.3 b	97.3 a	79.8 ab
mean (M)	117.6	141.8	129.7	76.5	85.2	80.8
%CV (S)		19.0			25.2	
%CV (M)		25.9			36.6	

Note : IC = incorporate corn stover after harvest, RC = remove corn stover after harvest and CD = cow dung

Table 6 Yield and Sweetness of sweet corn 2018

Treatment	Yield (kg/rai)		mean (S)	°Brix		mean (S)
	IC	RC		IC	RC	
1. 0-0-0	948 c	1,185 b	1,067 c	13.3 b	15.7 ab	14.5
2. 20-5-5	2,963 a	3,129 a	3,046 a	15.3 a	14.7 b	15.0
3. 10-5-5+CD	2,738 ab	3,082 a	2,910 a	15.0 a	15.7 ab	15.3
4. 10-5-5+CD+PGPR	2,329 b	2,738 a	2,533 b	15.7 a	16.3 a	16.0
mean (M)	2,245	2,533	2,389	14.8	15.6	15.2
%CV (S)		17.0			7.7	
%CV (M)		22.3			9.5	

Note : IC = incorporate corn stover after harvest, RC = remove corn stover after harvest and CD = cow dung

Table 7 Uptake of plant nutrients in sweet corn (kg/rai) 2018

Treatment	Nitrogen		mean (S)	Phosphorus		mean (S)	Potassium		mean (S)
	IC	RC		IC	RC		IC	RC	
1. 0-0-0	22.8 c	22.7 c	22.6 c	11.9 c	16.8 b	14.4 b	51.6 b	72.0 b	61.8 b
2. 20-5-5	64.8 a	66.5 a	65.6 a	29.5 a	29.2 a	29.4 a	145.2 a	141.4 a	143.3 a
3. 10-5-5+CD	49.1 b	55.3 b	52.2 b	29.2 a	31.6 a	30.4 a	138.1 a	160.3 a	149.2 a
4. 10-5-5+CD+PGPR	41.6 b	57.1 ab	49.4 b	24.7 b	30.1 a	27.4 a	123.5 a	143.5 a	133.5 a
mean (M)	44.5	50.4	47.4	23.8	26.9	25.4	114.6	129.3	122.0
%CV (S)		19.0			14.5			15.5	
%CV (M)		24.6			21.1			21.6	

Note : IC = incorporate corn stover after harvest, RC = remove corn stover after harvest and CD = cow dung

Table 8 Value Cost Ratio on use of fertilizers in sweet corn production

Treatment	Yield (kg/rai)	Yield increase (kg/rai)	Gross return (Baht/rai)	Cost of fertilizer (Baht/rai)	VCR
IC					
1. 0-0-0	948	-	-	-	-
2. 20-5-5	2,963	2,015	14,105	1,054	13.4
3. 10-5-5+CD	2,738	1,790	12,530	2,720	4.6
4. 10-5-5+CD+PGPR	2,329	1,381	9,667	2,745	3.5
RC					
1. 0-0-0	1,185	-	-	-	-
2. 20-5-5	3,129	1,944	13,608	1,054	12.9
3. 10-5-5+CD	3,082	1,897	13,279	2,720	4.9
4. 10-5-5+CD+PGPR	2,738	1,553	10,871	2,745	4.0

Note : Value Cost Ratio (VCR) = Gross return / Cost of fertilizer

IC = incorporate corn stover after harvest, RC = remove corn stover after harvest and CD = cow dung

21-0-0 = 7 Baht/kg, 0-46-0 = 21 Baht/kg, 0-0-60 = 19 Baht/kg, cow dung = 2 Baht/kg and PGPR = 25 Baht/bag

Sweet corn's yield = 7 Baht/kg

การคัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและโพแทชจากดินรอบรากและรากสับปะรด

Selection of phosphate-potash solubilizing bacteria from rhizospheres and roots of pineapple

สนธยา ขำดีบ สุปรานี มั่นหมาย กนกอร บุญพา บุญทริก ฉิมชาติ

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช จากดินรอบรากและรากสับปะรด โดยคัดแยกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากดินรอบรากและรากสับปะรด 49 ไอโซเลท และที่เก็บรวบรวมไว้ของกลุ่มงานวิจัย จุลินทรีย์ดิน 6 ไอโซเลท พบว่า มีเพียง 5 ไอโซเลท คือ SM-P032B, PaS2(1), PaS2(3), PaS2(5) และ PaS11(1) ที่มีความสามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช โดย PaS2(1) สามารถละลายฟอสเฟตและโพแทชได้สูงสุด มีค่า PSI และ KSI เท่ากับ 2.8 และ 1.5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า แบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลท สามารถสร้างสาร Indole-3-acetic acid (IAA) ได้ โดย SM-P032B สามารถสร้าง IAA ได้สูงสุด รองลงมาคือ PaS11(1) และ PaS2(1), PaS2(3), PaS2(5) ซึ่งจะเห็นว่าแบคทีเรียที่คัดเลือกได้นั้นสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพได้

คำสำคัญ : แบคทีเรียละลายฟอสเฟต แบคทีเรียละลายโพแทช ดินรอบราก รากสับปะรด

คำนำ

ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อพืช โดยฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมมากมาย เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) การถ่ายโอนพลังงาน (energy transfer) และการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ ส่วนโพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ช่วยให้พืชและระบบรากแข็งแรง และควบคุมสมดุลน้ำในพืช (Joseph *et al.*, 1998) การใส่ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสให้กับพืช ฟอสฟอรัสร้อยละ 75 - 90 จะทำปฏิกิริยากับไอออนของอลูมิเนียม และเหล็ก ในดินที่มีสภาพเป็นกรดเป็นสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต ได้แก่ อะลูมิเนียมฟอสเฟต และเฟอร์ริกฟอสเฟต และทำปฏิกิริยากับไอออนของแคลเซียม ในดินที่มีสภาพเป็นด่างเป็นสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ส่วนโพแทสเซียมก็เช่นเดียวกัน บางส่วนของโพแทสเซียมที่ใส่ให้กับพืชจะถูกตรึงกับอนุภาคดินเหนียวสะสมอยู่ในดิน ทำให้พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซิส หลายชนิดมีความสามารถละลายสารประกอบฟอสเฟต และโพแทสเซียมที่ถูกตรึงไว้ในดิน และโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ในดินได้ ในบรรดาจุลินทรีย์ในดิน พบว่า แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในการละลายฟอสเฟตและโพแทชร่วมกันมากที่สุด แบคทีเรียที่สามารถละลายฟอสเฟตและโพแทสเซียมร่วมกันได้ ได้แก่ *Bacillus subtilis*, *B. megaterium*, *B. cereus*, *B. coagulans*, *Microbacterium hominis*, *Agrobacterium tumefaciens* และ *Flectobacillus* sp. (Diep and Hieu, 2013) โดยแบคทีเรียเหล่านี้จะสร้างและปลดปล่อยกรดออกมานอกเซลล์ เพื่อละลายสารประกอบฟอสเฟตและโพแทสเซียมที่ถูกตรึง เป็นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน ทำให้พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ เพิ่มความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับพืช ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนั้นแบคทีเรียข้างต้นยังมีความสามารถในการสร้างสารคล้ายฮอร์โมนพืช ซึ่งจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในช่วงแรกของการปลูกได้อีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาคัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชจากดินรอบรากและรากพืช เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียดังกล่าวกับการเกษตรในรูปแบบปุ๋ยชีวภาพ

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ไมโครปิเปต (micropipette)
2. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask)
3. ปีกเกอร์ (beaker)
4. หลอดทดลอง (test tube)
5. จานเพาะเลี้ยงเชื้อ (petri dish)
6. ตู้อบ (oven)
7. เครื่องชั่งสาร (balance)
8. ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer)
9. หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave)
10. อาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ ได้แก่ Nutrient agar, Pikovskaya medium, Aleksandrow agar และ Minimal medium
11. สารเคมีต่าง ๆ เช่น กรดไฮโดรคลอริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ ทริปโตเฟน โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น

วิธีการ

1. การคัดแยกแบคทีเรียละลายฟอสเฟต

เก็บตัวอย่างดินรอบรากและรากสับปะรด จากพื้นที่ปลูกสับปะรดในจังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 42 ตัวอย่าง (ดินรอบราก 21 ตัวอย่าง และรากสับปะรด 21 ตัวอย่าง) เพื่อทำการคัดแยกแบคทีเรียละลายฟอสเฟต โดยซึ้ตัวอย่างดินหรือราก 10 กรัม ใส่ในอาหาร Pikovskaya broth (Nautiyal, 1999) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน เพื่อเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียละลายฟอสเฟต จากนั้นทำการเจือจางจุลินทรีย์ลงครั้งละ 10 เท่า (ten-fold serial dilution) ด้วยโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ให้ได้ค่าการเจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-9} ใช้ไมโครปิเปตดูดตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ค่าการเจือจาง 10^{-6} ถึง 10^{-9} ตัวอย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Pikovskaya agar แต่ละจาน ทำการเกลี่ยตัวอย่างจุลินทรีย์กระจายทั่วจานเพาะเชื้อด้วยแท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ (spreader glass) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน คัดเลือกแบคทีเรียที่เกิดโซนใสรอบโคโลนี

2. การทดสอบการละลายฟอสเฟตและโพแทชของแบคทีเรีย

นำแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่คัดแยกจากดินรอบรากและรากสับปะรด และแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่เก็บรวบรวมไว้ของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดินที่มีประวัติการคัดแยกจากพื้นที่ปลูกสับปะรดเพาะเลี้ยงในอาหาร Nutrient broth เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำแบคทีเรียที่ได้ปรับความเข้มข้นของเซลล์ให้มีค่าการกระเจิงแสงที่ 600 นาโนเมตร เท่ากับ 1 ด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายแบคทีเรีย ปริมาตร 10 ไมโครลิตร หยดลงบนอาหาร Pikovskaya agar และ Aleksandrow agar (Prajapati and Modi 2012) รองจนกว่าสารละลายเซลล์แบคทีเรียซึมผิวอาหาร นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน วัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี และโซนใส เพื่อคำนวณ ค่า phosphate solubilizing index (PSI) ตามสมการ (1)

$$\text{PSI หรือ KSI} = (\text{เส้นผ่านศูนย์กลางโซนใส} - \text{เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี}) / \text{เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี} \dots\dots\dots(1)$$

3. การสร้างสาร Indole-3-acetic acid (IAA)

นำแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชที่คัดเลือกได้เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Minimal medium ที่เติม L-tryptophan ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายแบคทีเรีย 1.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซนตริฟิวก์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใส 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มี Salkowski reagent (Bric *et al.*, 1991) 2 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 30 นาที ซึ่งแบคทีเรียที่สามารถผลิต IAA ได้จะเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพู

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คัดแยกแบคทีเรียละลายฟอสเฟต

การคัดแยกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากตัวอย่างดินรอบราก (21 ตัวอย่าง) และรากสับปะรด (21 ตัวอย่าง) จากพื้นที่ปลูกสับปะรดจังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ สามารถคัดแยกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตได้ จำนวน 49 ไอโซเลท เป็นแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากตัวอย่างดินรอบราก จำนวน 31 ไอโซเลท และแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากตัวอย่างรากสับปะรด จำนวน 18 ไอโซเลท (Table 1)

Table 1 Phosphate solubilizing bacteria isolated from Rhizosphere soils and roots of pineapple

Locations	Phosphate solubilizing bacteria	
	Rhizosphere soils	Pineapple roots
12°43'13"N 99°52'28"E	-	-
12°43'31"N 99°55'26"E	PaS2(1) PaS2(3) PaS2(4) PaS2(5)	PaR2(1) PaR2(2) PaR2(3)
12°34'57"N 99°49'16"E	PaS3(2) PaS3(3)	PaR3(1) PaR3(2)
12°34'6"N 99°49'18"E	PaS4(2)	-
12°34'55"N 99°48'24"E	PaS5(2) PaS5(3)	PaR5(1) PaR5(2)
12°32'29"N 99°50'57"E	PaS6(1) PaS6(2) PaS6(3) PaS6(4)	PaR6(1) PaR6(2) PaR6(3)
12°25'36"N 99°56'52"E	PaS7(2)	PaR7(1) PaR7(2)
12°10'38"N 99°50'39"E	-	-
12°11'49"N 99°48'11"E	PaS9(1) PaS9(2) PaS9(6)	-
12°11'3"N 99°46'30"E	-	-
12°11'21"N 99°46'31"E	PaS11(1)	-
12°11'48"N 99°46'46"E	PaS12(1) PaS12(2) PaS12(3)	PaR12(1) PaR12(2)
12°12'19"N 99°48'33"E	PaS13(1) PaS13(2) PaS13(3)	-
12°11'42"N 99°47'51"E	PaS14(1) PaS14(2)	-
12°11'35"N 99°48'46"E	-	PaR15(1) PaR15(2)
12°6'14"N 99°45'42"E	-	-
12°6'15"N 99°45'41"E	-	PaR17(1)
12°4'42"N 99°41'39"E	PaS18(1) PaS18(2) PaS18(3) PaS18(4)	PaR18(1)
12°28'21"N 99°53'38"E	-	-
12°31'5"N 99°52'44"E	-	-
12°32'25"N 99°52'32"E	PaS21(1)	-

2. การละลายฟอสเฟตและโพแทช

ทดสอบการละลายฟอสเฟตและโพแทช เพื่อคัดเลือกแบคทีเรียที่มีความสามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช โดยแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่นำมาทดสอบมีจำนวน 55 ไอโซเลท ได้แก่ แบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากการเก็บรวบรวมโดยกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน จำนวน 6 ไอโซเลท และแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่คัดแยกใหม่ จำนวน 49 ไอโซเลท พบว่า มีแบคทีเรียละลายฟอสเฟตเพียง 5 ไอโซเลท ที่สามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชได้ดี คือ SM-P032B PaS2(1) PaS2(3) PaS2(5) และ PaS11(1) โดย PaS2(1) มีค่า PSI และ KSI สูงสุดเท่ากับ 2.8 และ 1.5 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งแบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลทจะถูกนำไปศึกษาต่อเพื่อพัฒนาการใช้ประโยชน์ต่อไป

3. การสร้างสาร Indole-3-acetic acid (IAA)

ศึกษาการสร้างสาร IAA ของแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชทั้ง 5 ไอโซเลท พบว่า SM-P032B มีความสามารถสร้าง IAA สูงสุด รองลงมา คือ PaS11(1) และ PaS2(1) PaS2(3) และ PaS2(5) สามารถสร้าง IAA ในปริมาณต่ำสุด (Figure 1)

สรุปผลการทดลอง

แบคทีเรียที่สามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชที่คัดเลือกได้ มีทั้งหมด 5 ไอโซเลท ได้แก่ SM-P032B, PaS2(1), PaS2(3), PaS2(5) และ PaS11(1) โดย PaS2(1) เป็นแบคทีเรียที่สามารถละลายฟอสเฟตและโพแทชได้ดีที่สุด นอกจากนี้ทั้ง 5 ไอโซเลท มีความสามารถสร้าง IAA ได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดย SM-P032B มีความสามารถสร้าง IAA ได้สูงสุด รองลงมาคือ PaS11(1) และ PaS2(1), PaS2(3), PaS2(5) ตามลำดับ

Table 2 Phosphate and potash solubilization of bacteria in Pikovskaya agar and Aleksandrow agar mediums

Isolates	Phosphate solubilizing		Potash solubilizing	
SM-P032B		PSI = 2.1		KSI = 1.2
PaS2(1)		PSI = 2.8		KSI = 1.5
PaS2(3)		PSI = 2.2		KSI = 1.2
PaS2(5)		PSI = 2.6		KSI = 1.1
PaS11(1)		PSI = 1.4		KSI = 1.1

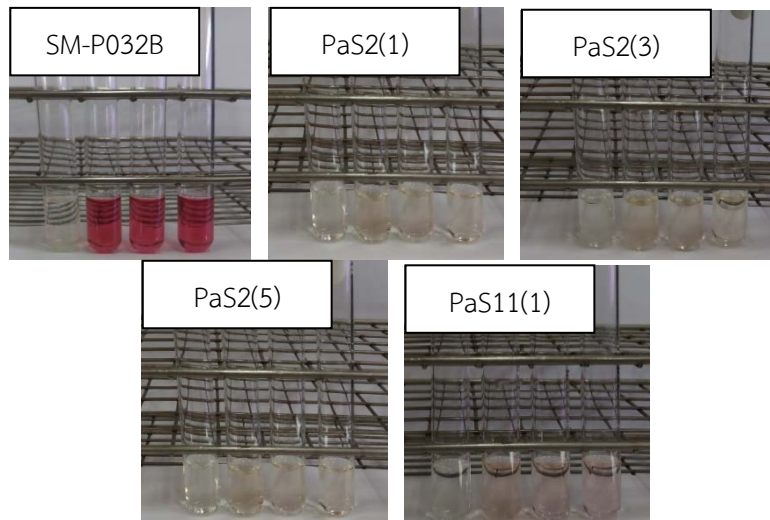


Figure 1 IAA production of phosphate-potash solubilizing bacteria

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

แบคทีเรียที่มีความสามารถละลายได้ทั้งฟอสเฟตและโพแทชที่คัดเลือกได้จำเป็นต้องศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและโพแทช เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีทางการเกษตรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Diep C.N. and T.N. Hieu. 2013. Phosphate and potassium solubilizing bacteria from weathered materials of denatured rock mountain, Ha Tien, Kiên Giang province, Vietnam. Am. J. Life Sci. 1: 88-92.
- Brick J.M., R.M. Bostock and S.E. Silverstone. 1991. Rapid in situ assay for indoleacetic acid production by bacteria immobilized on nitrocellulose membrane. Appl. Environ. Microbiol. 57: 535-538.
- Joseph G., R.G. Kelsey and W.G. Thies. 1998. Hydraulic conductivity in roots of ponderosa pine infected with black-stain (*Leptographium wageneri*) or annosus (*Heterobasidion annosum*) root disease. Tree Physiology 18: 333-339.
- Nautiyal C.S. 1999. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganism. FEMS Microbiol. Lett. 170: 265-270.
- Prajapati K.B. and H.A. Modi. 2012. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria from ceramic industry soil. CIBTech J. Microbiol. 1: 8-14.

การเทียบค่าความชื้นดินกับอุปกรณ์วัดความชื้นดิน

The Calibration of Soil Moisture Content with Soil Moisture Measuring Instrument

อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์^{1/}

รัฐกร สืบคำ^{1/}

อรุณย์ ชันดิยวิชัย^{2/}

^{1/} กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ขอนแก่น

บทคัดย่อ

Tensiometer เป็นอุปกรณ์วัดความชื้นดินชนิดหนึ่งที่มีราคาถูก แต่เกจวัดของ Tensiometer นั้นจะแสดงค่าเป็นแรงดัน แต่ไม่ได้แสดงค่าเป็นความชื้นดินหรือปริมาณน้ำที่จะให้กับพืชโดยตรง ถ้าจะนำไปใช้งานจำเป็นต้องปรับเทียบ (calibrate) ตัว Tensiometer ก่อน เพราะในเนื้อดินที่แตกต่างกัน แม้แรงดันใน Tensiometer เท่ากัน แต่ความชื้นดินจะต่างกัน อันเนื่องมาจากความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน และแรงตึงผิวระหว่างดินและน้ำ ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าเทียบแรงดันใน Tensiometer ออกมาเป็นปริมาณความชื้นดิน และเทียบกลับออกมาเป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับดินและพืชแต่ละชนิด จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบมาตรวัดของอุปกรณ์วัดความชื้นดิน 2 ชนิด คือ Tensiometer และ อุปกรณ์วัดความชื้น PR2 กับการเก็บความชื้นดินด้วยวิธี Gravimetric method ในเนื้อดินทราย ดินร่วน ดินร่วนทราย ร่วนเหนียว และดินเหนียว โดยเริ่มวัดความชื้นดินตั้งแต่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำจนถึงดินแห้ง เพื่อให้ได้สมการของความชื้นดินจากมาตรวัดของ Tensiometer ที่แม่นยำ ซึ่งจากการเทียบค่าความชื้นของดินในดินชุดน้ำพอง พบว่า การวัดความชื้นดินด้วย Tensiometer มีความสัมพันธ์กับการวัดความชื้นโดยวิธี Gravimetric โดยได้สมการถดถอยเชิงเส้น $y = -0.9299x + 41.586$ $R^2 = 0.4242$

คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรให้น้ำโดยไม่ได้นิ่งถึงความต้องการน้ำของพืช ซึ่งส่งผลทำให้มีการใช้น้ำมากเกินไปที่ดินจะรับได้ ทำให้เกิดการชะล้างหน้าดินไป ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง และการใช้น้ำสิ้นเปลืองทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำต่ำไปด้วย ในอดีตการคำนวณการให้น้ำมักจะใช้สูตรต่าง ๆ นามาคำนวณ ซึ่งเป็นการคาดการณ์การใช้น้ำของพืชล่วงหน้าเพราะการวัดความชื้นดินไม่สามารถทำได้โดยตรงและรวดเร็ว แต่ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่จะให้น้ำในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งวัดจากปริมาณความชื้นดินที่เป็นประโยชน์และความต้องการน้ำของพืช ร่วมกับการวัดความชื้นสามารถทำได้รวดเร็วและสามารถรู้ความชื้นดินขณะนั้นได้เลย ทำให้การคำนวณการให้น้ำทำได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งข้อมูลที่จะใช้ประกอบกับการให้น้ำจะมีข้อมูลสมบัติทางกายภาพดิน อาทิเช่น อัตราการไหลซึมผ่านน้ำของดิน ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ความหนาแน่นดิน เนื้อดิน เป็นต้น

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ระยะเวลาต่าง ๆ การให้น้ำพืชจะต้องให้เมื่อพืชต้องการเป็นสิ่งที่ดีที่สุด แต่ในทางปฏิบัติแล้วพืชต้องการน้ำอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากพืชใช้น้ำตลอดเวลาแต่ปริมาณน้ำที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาอาจจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับช่วงของอายุการเจริญเติบโต สภาพอากาศ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเก็บน้ำไว้ให้พืชได้ใช้อยู่ตลอดเวลา นั้นหมายความว่าดินจะต้องมีความสามารถในการเก็บน้ำไว้ได้อย่างพอเพียงต่อความต้องการของพืช แต่เมื่อพืชดูดน้ำจากดินไปใช้ปริมาณน้ำในดินก็จะลดลง ถ้าหากไม่มีฝนตกลงมาหรือไม่มีการให้น้ำแก่ดิน เพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไป เมื่อถึงจุด ๆ หนึ่งพืชจะชะงัก เนื่องจากมีน้ำใช้ไม่เพียงพอกับการคายน้ำ จึงจำเป็นต้องทราบจุดต่ำสุดที่จะยอมให้น้ำในดินลดลงได้ เมื่อน้ำในดินลดลงจนเกือบจะถึงจุดที่ยอมให้ลดลงได้ ก็มีความจำเป็นที่จะต้องทำการให้น้ำแก่พืชก่อนที่จะกระทบกระเทือนต่อพืช สิ่งที่ต้องทราบอีกอย่างหนึ่งก็คือปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บกักเอาไว้ได้ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าพืชจะสามารถใช้น้ำได้นานเท่าไรโดยไม่มีการให้น้ำแก่ดิน นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือปริมาณน้ำที่จะหามาทำการชลประทานหรือให้แก่พืช หากรู้ว่าจะให้น้ำเมื่อไรปริมาณเท่าไร แต่ไม่สามารถจัดหาน้ำมาได้ตามปริมาณความต้องการ ก็จะไม่เกิดประโยชน์อะไร จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับน้ำเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ

น้ำที่ปรากฏในดินจะอยู่ในช่องว่างของดิน การเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างช่องว่างขึ้นกับระดับความแตกต่างของพลังงานของน้ำในดิน โดยพลังงานของน้ำในดินจะเป็นพลังงานศักย์เป็นส่วนใหญ่ (Hillel, 1980) ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินและพลังงานก่อกับกอนดินในสภาพดินอิมตัวซึ่งเรียกว่า soil water characteristic หรือเส้นอัสลักษณน้ำมีความสำคัญต่อสมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับการกระจายของช่องว่างในดิน ที่เป็นผลมาจากโครงสร้างดินและเนื้อดิน (Warrick, 2002) การสร้างเส้นอัสลักษณของน้ำในดินนั้นสามารถทำได้โดยการนำค่าพลังงานก่อกับกอนดินกับค่าความชื้นที่ดินระดับต่าง ๆ มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ก็จะทำให้ทราบถึงลักษณะของเส้นอัสลักษณของน้ำในดินซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของดินแต่ละชนิด (ปนิษฐา, 2550)

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการวัดความชื้นดินสามารถวัดได้ขณะนั้น ซึ่งทำให้เราสามารถรู้ความชื้นดินได้เลย แต่เครื่องมือวัดความชื้นมีราคาแพงมาก เกษตรกรทั่วไปไม่สามารถหามาใช้งานได้ Gypsum Block และ Tensiometer เป็นอุปกรณ์วัดความชื้นชนิดหนึ่งที่มีราคาถูก แต่ Tensiometer นั้น เกษตรกรจะรู้ว่าดินขณะนั้นต้องใช้แรงดึงเท่าไรในการดูน้ำซึ่งเกจวัดของ Tensiometer นั้นจะบอกเป็นแรงดัน ถ้าจะนำมาใช้งานเราจำเป็นต้องปรับเทียบ (calibrate) ตัว Tensiometer ก่อน โดยในเนื้อดินต่างกันนั้น ที่แรงดันใน Tensiometer เท่ากัน ความชื้นดินจะต่างกัน อันเนื่องมาจากความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน และแรงดูดยึดระหว่างดินและน้ำ เพื่อให้ได้ค่าเทียบแรงดันใน Tensiometer ออกมาเป็นความชื้นดิน ส่วน Gypsum Block จะเป็นการวัดค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องทำการเทียบค่ากับความชื้นดิน และเมื่อได้ความชื้นดินแล้วเราก็จะเทียบกับปริมาณความชื้นที่เหมาะสมกับพืชและดินว่าจำเป็นต้องให้น้ำเพิ่มเติมหรือไม่

หลักการทำงานของ Tensiometer เมื่อเติมน้ำลงใน Tensiometer จนเต็ม และนำไปฝังลงในดินตรงจุดที่ต้องการวัดแล้ว ความชื้นในวัสดุพอร์ซเลนจะปรับตัวเองให้อยู่ในสถานะสมดุลกับดินที่อยู่รอบๆ ถ้าดินที่อยู่รอบกระเปาะพอร์ซเลนแห้งกว่า คือ มีแรงดึงความชื้นสูงกว่าแรงดึงความชื้นของกระเปาะพอร์ซเลน น้ำจะเคลื่อนที่จากกระเปาะพอร์ซเลนสู่ดินที่แห้งอยู่รอบๆ ทำให้เกิดสุญญากาศขึ้นภายในหลอดแก้ว ซึ่งจะอ่านค่าได้จากเกจสุญญากาศหรือมาโนมิเตอร์ ยิ่งถ้าดินแห้งมาก น้ำในหลอดแก้วจะถูกดูดออกไปมากทำให้เกิดสุญญากาศมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าดินมีความชื้นสูง คือ แรงดึงความชื้นของดินน้อยกว่าแรงดึงความชื้นในกระเปาะพอร์ซเลน น้ำจะถูกดูดกลับเข้าไปในกระเปาะพอร์ซเลนทำให้สุญญากาศในหลอดแก้วลดลง

อุปกรณ์วัดความชื้นที่เกษตรกรใช้และราคาไม่แพง ได้แก่ Tensiometer ซึ่งเกษตรกรจะไม่ทราบความชื้นของดินแต่จะรู้เป็นค่าแรงดึงน้ำในดิน ซึ่งทำให้เกษตรกรใช้ประโยชน์ของ Tensiometer ไม่เต็มที่ ส่วนอุปกรณ์ที่สามารถวัดความชื้นดินได้ ณ ขณะนั้น ก็มีราคาแพง ซึ่งใช้ในงานวิจัย การแปลงค่า Tensiometer ให้เป็นความชื้นดินนั้น ทำได้โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดของ Tensiometer กับ ความชื้นดิน จะทำให้เราสามารถนำความชื้นดินมาพัฒนาคำแนะนำการให้น้ำกับพืชได้

วิธีการดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดความชื้นดิน PR2
2. อุปกรณ์ระบบน้ำ
3. Tensiometer
4. ตู้อบ

วิธีการ

ทำการฝัง Tensiometer และ อุปกรณ์วัดความชื้น PR2 ในแปลงทดลองที่มีเนื้อดินทราย ดินร่วน ดินร่วนทราย ร่วนเหนียว และดินเหนียว เพื่อเปรียบเทียบมาตรวัดของ Tensiometer และอุปกรณ์วัดความชื้น PR2 กับการเก็บความชื้นดินด้วยวิธี Gravimetric method โดยวัดความชื้นดินตั้งแต่ดินอิมตัวด้วยน้ำจนถึงดินแห้ง เพื่อที่จะได้ผลการของความชื้นดินจากมาตรวัดของ Tensiometer ที่แม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งในการเทียบมาตรวัดของ Tensiometer มี Correction factor เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการเทียบ วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพดิน ลักษณะหน้าตัดดิน (Figure 1) และตัวอย่างดินแบบไม่ถูกรบกวน (Undisturbed soil sampling) ที่ระดับความลึก 10 20 30 40 60 และ 100 เซนติเมตร เพื่อเก็บข้อมูลอัตราการไหลซึม น้ำ และปริมาณการดูดยึดน้ำของดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการเทียบค่าความชื้นดินโดยการฝังอุปกรณ์วัดความชื้นแบบ PR2 และ Tensiometer (Figure 1) และเก็บความชื้นดินแบบ Gravimetric method พร้อมกับค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดความชื้นทั้ง 2 จำนวน 15 ครั้ง ในดินทราย ชุดดินน้ำพอง ที่อำเภอเขาหลวง จังหวัดขอนแก่น พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินที่ได้จากเครื่องวัดความชื้น PR2 กับการวัดความชื้นโดยวิธี Gravimetric method (Figure 3) ในชุดดินน้ำพองได้สมการถดถอยเชิงเส้นเท่ากับ $y = 0.5007x + 4.267$ และได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination) เท่ากับ $R^2 = 0.3849$ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer กับการวัดความชื้นโดยวิธี Gravimetric method (Figure 4) ได้สมการถดถอยเชิงเส้นเท่ากับ $y = -0.9299x + 41.586$ และได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ $R^2 = 0.4242$ ซึ่งจากการเทียบค่าของเครื่องวัดความชื้นชนิด PR2 และเครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer แปลงเป็นค่าความชื้นดินได้ดัง Figure 5 และ 6 โดยการนำค่าที่วัดได้จาก Tensiometer มาใส่ในสมการถดถอยเชิงเส้นที่หาได้ แล้วคำนวณออกมาเป็นค่าความชื้นดิน ณ ขณะนั้น เมื่อได้ค่าความชื้นที่แปลงจากเครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer ก็จะทำให้สามารถรู้ความชื้นของดินขณะนั้น ว่ามีความชื้นประมาณเท่าไรและนำไปสู่การให้น้ำในแต่ละพืชต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบค่าความชื้นดินของเครื่องวัดความชื้น PR2 และเครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer ในดินชุดน้ำพอง ได้สมการแปลงความชื้นดินของเครื่องวัดความชื้นแบบ PR2 ได้สมการถดถอยเชิงเส้นเท่ากับ $y = 0.5007x + 4.267$ และได้สมการแปลงความชื้นดินของเครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer ได้สมการถดถอยเชิงเส้นเท่ากับ $y = -0.9299x + 41.586$ ซึ่งสามารถนำมาแปลงเป็นความชื้นดิน เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปวัดความชื้นดินได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ปนิษฐา สะอาด. 2550. การหาสมการเส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินเพื่อประมาณการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินบริเวณลุ่มน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- Hillel, D. 1980. Application of soil physics. Academic Press, New York.
- Warrick, A.W. 2002. Soil water dynamics. Oxford University Press, Inc. New York



Figure 1 Nam-pong soil series profile



Figure 2 Installed soil moisture instrument (PR2) including with soil moisture measurement (Tensiometer)

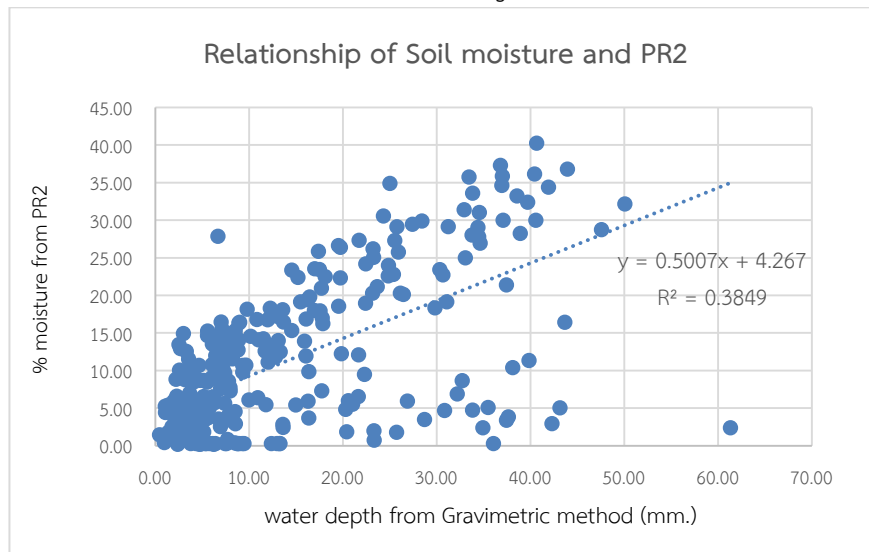


Figure 3 Relationship of soil moisture measured by gravimetric method and PR2

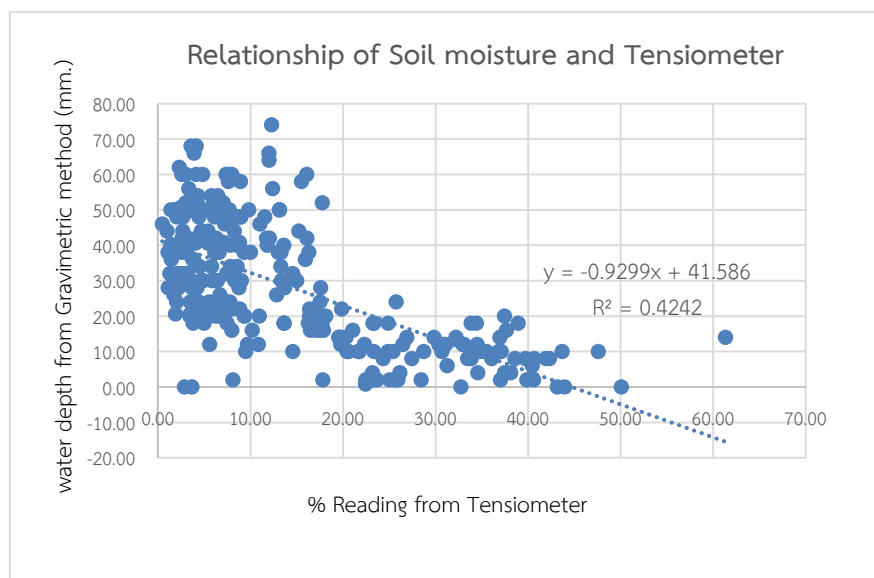


Figure 4 Relationship of soil moisture measured by gravimetric method and Tensiometer

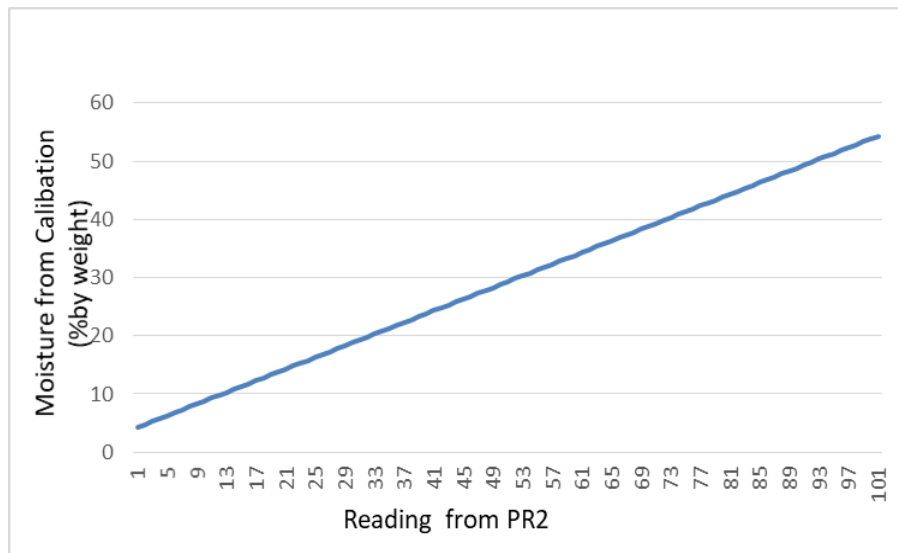


Figure 5 Soil moisture content from calculation by Relationship equation of soil moisture content and PR2 soil moisture measuring instrument

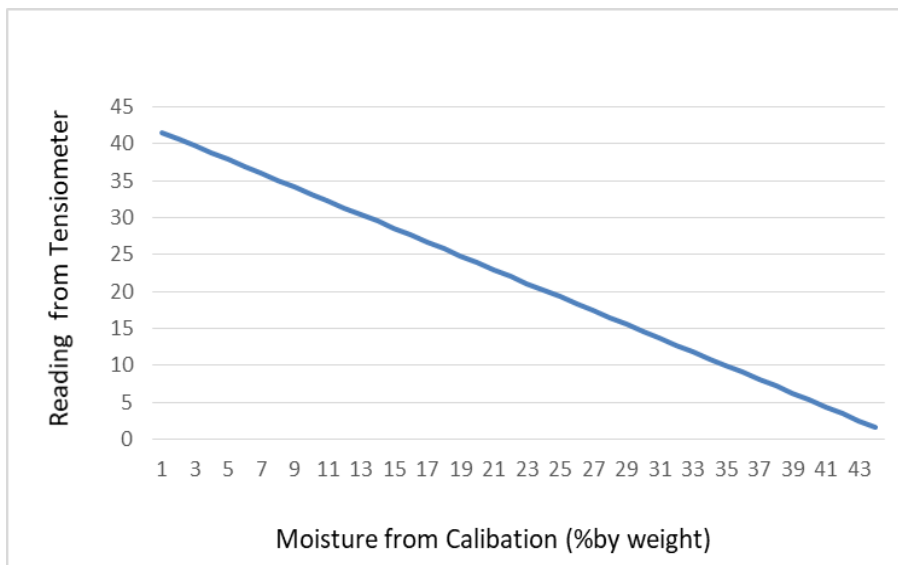


Figure 6 Soil moisture content from calculation by Relationship equation of soil moisture content and Tensiometer soil moisture measuring instrument

อัตราปุ๋ยโพแทชต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Potash Fertilizer Rates on Nutrients Uptake of Corn

สายน้ำ อุดพัย^{1/} เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง^{2/} สมฤทัย ต้นเจริญ^{1/} มัชฌิมา จันท^{1/}

^{1/} กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 2

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยโพแทชในอัตราต่าง ๆ ต่อปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และปริมาณผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในดินร่วนเหนียว ดำเนินการทดลองที่ไร่เกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างเดือน พฤษภาคม - กันยายน พ.ศ. 2560 วางแผนการทดลองแบบ 2 x 6 Factorial in RCB จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 คือ พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์แปซิฟิก 339 ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับของปุ๋ยโพแทช มี 6 ระดับ ได้แก่ 0 5 10 15 20 และ 25 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ โดยทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 15 กิโลกรัม N ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 5 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ผลการทดลอง พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 339 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,786 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ให้ผลผลิตเพียง 1,397 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร เพื่อให้ได้ผลผลิต 1 ตันต่อไร่ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด 25.73 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อตันผลผลิต รองลงมา คือ โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม 12.62 3.31 3.24 และ 2.90 กิโลกรัมธาตุอาหารต่อตันผลผลิต ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 339 มีปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม 21.95 9.25 2.87 2.72 และ 2.82 กิโลกรัมธาตุอาหารต่อตันผลผลิต ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราปุ๋ยโพแทชที่ระดับต่าง ๆ พบว่า ไม่ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง หรือให้ผลผลิตแตกต่างกัน

คำนำ

เกษตรกรในปัจจุบันนิยมปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์ลูกผสมที่มีลักษณะทางการเกษตรสม่ำเสมอในพื้นที่ราบหรือที่ดอน เมื่อมีการดูแลจัดการแปลงเหมาะสม เช่น การใช้ปุ๋ย สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,500 – 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นว่า การใช้ปุ๋ยเคมีนั้น เป็นปัจจัยการผลิตชนิดหนึ่งที่สำคัญในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (สาวบางแค 22, 2559) และปุ๋ยโพแทชได้ถูกนำมาใช้สำหรับเป็นปุ๋ยรองพื้น ซึ่งการใช้ปุ๋ยโพแทชที่เหมาะสมควรตรงตามระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความต้องการพืช และพันธุ์ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ แต่เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ยังมีการใช้ปุ๋ยโพแทชในอัตราค่อนข้างต่ำ หรือไม่เหมาะสมกับสภาพดิน ยังมีการใส่ปุ๋ยเกรดเสมอ เช่น ปุ๋ยเกรด 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ย 46-0-0 หรือ ปุ๋ยเกรด 16-20-0 ร่วมกับ 46-0-0 ในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (สดีโส และคณะ, 2556) ในขณะที่การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เมื่อผลวิเคราะห์โพแทสเซียมในดินต่ำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยโพแทชในอัตรา 10 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ สมฤทัย และคณะ (2561) รายงานว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการดูดใช้โพแทสเซียมเฉลี่ย เท่ากับ 17 กิโลกรัม K ต่อตันผลผลิต แต่ปัจจุบันสภาพดินเปลี่ยนไป พร้อมทั้งได้มีเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ใหม่ ๆ เพิ่มมากขึ้น ทำให้การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทชมีอัตราที่เปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นปุ๋ยโพแทชยังช่วยเพิ่มสุขภาพของพืชโดยรวมทั้งการเจริญเติบโตของพืชและส่งเสริมให้พืชแข็งแรง ต้านทานต่อโรค ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่รู้จักกันในการบ่งบอกถึงคุณภาพ (quality nutrient) ของผลผลิต (Masaic CropNutrition, 2018) ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงการใช้ปุ๋ยโพแทชอัตราต่าง ๆ และประเมินธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดดึงไปใช้ เพื่อหาแนวทางสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการใช้ปุ๋ยโพแทชที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีดำเนินการ

คัดเลือกพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งมีเนื้อดินจัดอยู่ในกลุ่มดินร่วนเหนียว ดำเนินการทดลองในไร่เกษตรกรอำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ พิกัดที่ตั้งแปลง 47Q 742216^E 1847611^N ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 177 เมตร วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดินก่อนและหลังปลูก จากนั้นปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์แปซิฟิก 339 ต้นฤดูฝน ช่วงเดือนพฤษภาคม - กันยายน พ.ศ. 2560 ขนาดแปลงย่อย 4.5 x 5 เมตร ระยะปลูก 0.75 x 0.20 เมตร จำนวน 1 ต้นต่อหลุม แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ½ N ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมรองก่อนตอนปลูก อัตราตามกรรมวิธีที่กำหนด และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ½ N เมื่อข้าวโพดอายุได้ 30 วัน จากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดของกรมวิชาการเกษตร (2552) เป็นเกณฑ์กำหนดอัตราปุ๋ย ดูแลกำจัดวัชพืช และหมั่นตรวจดูศัตรูข้าวโพดและโรคต่าง ๆ เก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุประมาณ 120 วัน พื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 12 ตารางเมตร สุ่มเก็บตัวอย่างพืช 2 ต้นต่อแปลง ซึ่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง แยกเป็น 5 ส่วน คือ เมล็ด ชัง เปลือก ลำต้นและใบ ในแต่ละกรรมวิธีมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร และปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดตั้งไปใช้ เพื่อสร้างผลผลิตให้ได้ 1 ต้นผลผลิต ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม พร้อมทั้งสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อย เก็บที่ระดับความลึก 0 - 30 เซนติเมตรจากผิวดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติของดินก่อนปลูกและหลังปลูก

ผลวิเคราะห์สมบัติดินก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (Clay Loam) มีความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) 6.6 ซึ่งเป็นกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 1.62 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 16.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ เท่ากับ 51.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 3,653 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง เท่ากับ 521 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกสามารถประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน คือ 15-5-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ส่วนผลวิเคราะห์ดินหลังปลูกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองพันธุ์ พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินลดลง เป็นกรดเล็กน้อย ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Table 1)

2. ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และ พันธุ์แปซิฟิก 339 พบว่า มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมา คือ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่ระยะเก็บเกี่ยว เท่ากับ 4.368 0.521 3.183 0.531 และ 0.605 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 339 เท่ากับ 4.257 0.499 3.075 0.591 และ 0.734 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

3. ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เมื่อประเมินปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์แปซิฟิก 339 ในหนึ่งฤดูปลูกสำหรับพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยอาศัยน้ำฝน ดินร่วนเหนียว จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อให้ได้ผลผลิตเฉลี่ยในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์แปซิฟิก 339 เท่ากับ 1,396 และ 1,786 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนมากที่สุดทั้งสองพันธุ์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนสูงที่สุด เท่ากับ 25.73 กิโลกรัม N ต่อต้นผลผลิต รองลงมา คือ โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม เท่ากับ 12.62 3.31 3.24 และ 2.90 กิโลกรัม K-Ca-P-Mg ต่อต้นผลผลิต ส่วนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 339 มีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนสูงที่สุด เท่ากับ 21.95 กิโลกรัม N ต่อต้นผลผลิต รองลงมา คือ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 9.25 2.87 2.82 และ 2.72 กิโลกรัม K-Ca-Mg-P ต่อต้นผลผลิต จะเห็นว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมต่ำที่สุด ในขณะที่พันธุ์แปซิฟิก 339 มีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสต่ำที่สุด (Table 3)

สรุปผลการทดลอง

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งสองพันธุ์ มีปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในปริมาณที่ต่างกัน โดยข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารที่สูงกว่าพันธุ์แปซิฟิก 339 โดยมีปริมาณการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด นอกจากนี้ยังเป็นที่น่าสนใจว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมรองลงมา ดังนั้น ปุ๋ยโพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากพืชต้องการระดับธาตุโพแทสเซียมที่พอเหมาะเพื่อให้มีความต้านทานต่อสภาวะความเครียดอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมรวมถึงภัยแล้ง (Quirine *et al.*, 2008)

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

การเลือกพันธุ์และใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่เฉพาะเจาะจง ร่วมกับการวิเคราะห์ธาตุอาหารและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตสามารถประเมินความต้องการธาตุอาหารและวางแผนการจัดการปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2552. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 122 หน้า
- สาวบางแค 22. 2559. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปลุกง่าย ตลาดต้องการมาก. *เทคโนโลยีชาวบ้าน*. แหล่งข้อมูล : https://www.technologychaoban.com/news-slide/article_5225, 14 พฤษภาคม 2561.
- สดใส ช่างสลัก ปวีณา ทองเหลือง สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ รังสิต สุวรรณมรรคา และธำรงค์ศิลป์ โพธิ์สูง. 2556. ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวาน. หน้า 448-455. ใน : *รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 (สาขาพืช)*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สมฤทัย ดันเจริญ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมควร คล่องช้าง ชัยชนพร เกื้อหนู ณ รมิตา ชันตรีกรม และปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา. 2561. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. หน้า 105-119. ใน: *เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตพืชเศรษฐกิจและการจัดการธาตุอาหารพืชในการผลิตพืชอินทรีย์*. วันที่ 6 – 8 มีนาคม พ.ศ. 2561. ณ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- Mosaic CropNutrition. 2018. *Potassium in Plants*. Available: <http://www.cropnutrition.com/efu-potassium>, Accessed May 14, 2018.
- Quirine K., P. Ristow and B. Aldrich. 2008. *Potassium Guidelines for Corn*. Nutrient Management Spear Program. Cornell University Cooperative Extension.

Table 1 Chemical properties of soil before and after planting

Variety	Soil status	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
-	Before planting	6.6	0.05	1.62	16.7	51.3	3,653	521
Nakhon Sawan 3	After planting	6.3	0.05	1.74	67.1	132.3	3,397	472
Pacific 339	planting	6.2	0.05	1.76	77.1	133.1	3,731	485

Table 2 Average nutrient concentration of corn on Nakhon Sawan 3 and Pacific 339

Variety	Potash Fertilizer Rates (kg K ₂ O/rai)	Nutrient concentration (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Nakhon Sawan 3	0	4.304	0.509	3.116	0.585	0.679c
	5	4.307	0.520	3.303	0.528	0.578c
	10	4.445	0.529	2.898	0.476	0.602c
	15	4.326	0.485	3.131	0.503	0.591c
	20	4.377	0.530	3.373	0.585	0.623c
	25	4.451	0.552	3.281	0.508	0.558c
	Average	4.368	0.521	3.183	0.531	0.605
Pacific 339	0	4.320	0.497	3.124	0.654	0.858a
	5	4.328	0.526	3.171	0.580	0.753b
	10	4.312	0.502	2.670	0.598	0.735b
	15	4.266	0.485	3.340	0.577	0.667c
	20	4.184	0.482	3.088	0.510	0.669c
	25	4.223	0.501	2.968	0.628	0.725b
	Average	4.257	0.499	3.075	0.591	0.734
F-test		ns	ns	ns	ns	*
CV (%)		2.3	8.3	9.8	9.2	8.3

Note : Nitrogen fertilizer rate = 15 kg N/rai and Phosphate fertilizer rate = 5 kg P₂O₅/rai

Mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

ns=not significant, * = significant at p<0.05

Table 3 Average amount of nutrient uptake of corn on Nakhon Sawan 3 and Pacific 339

Variety	Potash Fertilizer Rates (kg K ₂ O/rai)	Yield (kg/rai)	Nutrient uptake (kg/ton)				
			N	P	K	Ca	Mg
Nakhon Sawan 3	0	1,384	24.72	3.11	12.06	3.49	3.14
	5	1,485	25.37	3.13	13.11	3.45	2.77
	10	1,296	26.08	3.24	11.37	2.61	2.78
	15	1,461	24.14	2.89	11.68	2.88	2.72
	20	1,412	27.76	3.63	14.49	4.04	3.24
	25	1,340	26.31	3.45	12.98	3.40	2.74
	Average	1,396	25.73	3.24	12.62	3.31	2.90
Pacific 339	0	1,719	23.04	2.84	9.93	3.36	3.55
	5	1,962	20.04	2.64	8.38	2.38	2.51
	10	1,680	21.76	2.67	7.94	2.77	2.69
	15	1,783	21.10	2.56	9.85	2.45	2.41
	20	1,714	23.08	2.71	10.11	3.23	3.00
	25	1,854	22.68	2.89	9.31	3.05	2.77
	Average	1,786	21.95	2.72	9.25	2.87	2.82
F-test		ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		11.8	12.4	13.3	18.9	27.5	22.0

Note : Nitrogen fertilizer rate = 15 kg N/rai and Phosphate fertilizer rate = 5 kg P₂O₅/rai

Mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

ns=not significant

การปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์

Releasing of Nitrogen from Organic Fertilizer

พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ ศรีสุดา รื่นเจริญ ปฐิมาภรณ์ จินจาคาม อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์
ทิพวรรณ แก้วหนู ทิพาพร ผดุง

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ปุ๋ยอินทรีย์เมื่อเกิดการสลายตัวยังปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์อย่างช้า ๆ เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่ต่างกัน ทำให้การสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้เหมาะสมกับชนิดของดินในแต่ละพื้นที่จึงมีความสำคัญต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ จึงได้ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี คือ (1) ดินไม่ผสมปุ๋ยหมัก (2) ดินผสมปุ๋ยหมักมูลวัว อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด (3) ดินผสมปุ๋ยหมักมูลสุกร อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด (4) ดินผสมปุ๋ยหมักมูลไก่ อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด (5) ดินผสมปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด (6) ดินผสมปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ด้วยวิธีการบ่มในดินร่วนทราย และดินร่วนเหนียวตามกรรมวิธี ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นของดิน พบว่า ในดินร่วนทรายผสมปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย และปุ๋ยหมักมูลวัว มีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนเท่ากับ 9 และ 9 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าดินร่วนทรายผสมปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส ที่มีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจน เท่ากับ 4, 1 และ 0 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบตามลำดับ และในดินร่วนเหนียวผสมปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย และปุ๋ยหมักมูลวัว มีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจน เท่ากับ 12 และ 12 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่า ดินร่วนเหนียวผสมปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส ที่มีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจน เท่ากับ 6, 3 และ 0 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ตามลำดับ สรุปได้ว่าปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย และปุ๋ยหมักมูลวัว มีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินร่วนทราย และดินร่วนเหนียว ได้สูงกว่าปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส

คำนำ

ปุ๋ยอินทรีย์นอกจากสามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุและปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้เหมาะกับการปลูกพืชแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์เมื่อเกิดการสลายตัวยังปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์อย่างช้าๆ แต่ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารแตกต่างกันตามชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ชนิดของดิน และปัจจัยภายนอก เช่น ความชื้น และอุณหภูมิ เป็นต้น ประกอบกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปัจจุบัน เน้นการใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ จากการศึกษาของ สมฤทัย และคณะ (2550) พบว่า มูลไก่ มูลสุกร และมูลโค ที่บ่มในชุดดินยโสธรมีการปลดปล่อยไนโตรเจน 42, 34 และ 18 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบ ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน ที่บ่มในชุดดินปากช่อง มีการปลดปล่อยไนโตรเจน 23.5, 9.6 และ 39.6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบ และจากการศึกษาการสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยหมักจากวัตถุดิบต่างๆ เมื่อบ่มดินกับปุ๋ยหมักที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นของดิน พบว่า การปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยหมักมูลวัวกับฟางข้าว อัตราส่วน 4:1, 1:4 และมูลวัวกับเศษผัก อัตราส่วน 3:1, 1:5 ในชุดดินร้อยเอ็ด มีค่าเท่ากับ 17, 6, 20 และ 16 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบ ในชุดดินโคราช เท่ากับ 19, 20, 31 และ 27 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบ และในชุดดินห้วยบง เท่ากับ 9, 9, 14 และ 13 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบตามลำดับ (พีรพงษ์ และคณะ, 2553) เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่ต่างกัน ทำให้การสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารแตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน เมื่อได้ข้อมูลการปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละชนิดที่เหมาะสมกับชนิดดินแล้ว สามารถนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้เหมาะสมกับชนิดของดินในแต่ละพื้นที่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี คือ (1) ดินไม่ผสมปุ๋ยหมัก (2) ดินผสมปุ๋ยหมักมูลวัว อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด (3) ดินผสมปุ๋ยหมักมูลสุกร อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด (4) ดินผสมปุ๋ยหมักมูลไก่ อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด (5) ดินผสมปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด และ (6) ดินผสมปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย อัตรา 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด ทำการวิจัยที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ทำการทดลองด้วยวิธีการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ ในสภาพ 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นของดิน ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส โดยซังดิน 50 กรัม น้ำหนักแห้ง ผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ตามกรรมวิธีในอัตราที่มีไนโตรเจนเท่ากันที่ระดับ 0.1 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด จากนั้นใส่ลงในขวดโหลแก้วขนาด 240 มิลลิลิตร และเติมน้ำกรองปราศจากไอออน (Deionized water) ลงในดินเพื่อปรับความชื้นของดินให้เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นของดิน นำตัวอย่างดินในแต่ละช่วงระยะเวลาของการบ่มมาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม และไนเตรท โดยวิธีการกลั่น จากสารละลายที่สกัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 นอร์มัล (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

ผลการทดลอง

การปลดปล่อยแอมโมเนียมจากปุ๋ยหมักมูลวัว ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลไก่ ปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส และปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย เมื่อบ่มในดินร่วนทราย พบว่า ปุ๋ยหมักมูลไก่ ปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าปุ๋ยหมักชนิดอื่น ๆ ในช่วงเวลา 0-5 วัน เท่ากับ 1.4-1.7 กรัมต่อ100กรัมT-N ขณะที่ 7 วันหลังบ่ม ปุ๋ยหมักมูลวัว มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงสุด เท่ากับ 0.93 กรัมต่อ100กรัมT-N รองลงมาคือ ปุ๋ยหมักมูลสุกร และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส เท่ากับ 0.84 และ 0.78 กรัมต่อ100กรัมT-N ในขณะที่ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย ปลดปล่อยแอมโมเนียมลดลง เท่ากับ 0.50 และ 0.06 กรัมต่อ100กรัมT-N ในช่วง 15, 30 และ 60 วัน หลังบ่ม ปุ๋ยหมักทุกชนิดมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมลดลงและมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 0-0.34 กรัมต่อ100กรัมT-N (Figure 1) ในดินร่วนเหนียว ปุ๋ยหมักมูลไก่ ปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าปุ๋ยหมักชนิดอื่น ๆ เท่ากับ 0.90 กรัมต่อ100กรัมT-N ในช่วงเวลา 0-5 วัน หลังบ่ม ที่ 7 วันหลังบ่ม ปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงสุด เท่ากับ 0.86 กรัมต่อ100กรัมT-N รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักมูลไก่ ปุ๋ยหมักมูลสุกร และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส เท่ากับ 0.84 และ 0.78 กรัมต่อ100กรัมT-N ในช่วง 15, 30 และ 60 วัน หลังบ่มปุ๋ยหมักทุกชนิดมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมลดลงและมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 0.00-0.33 กรัมต่อ100กรัมT-N (Figure 2)

การปลดปล่อยปริมาณไนเตรทในช่วง 0-60 วันหลังบ่มในดินร่วนทราย ปุ๋ยหมักมูลวัว มีการปลดปล่อยไนเตรทสูงกว่าปุ๋ยหมักชนิดอื่น ๆ มีค่าระหว่าง 2.75-8.68 กรัมต่อ100กรัมT-N รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย ปุ๋ยหมักมูลสุกร ที่มีค่าระหว่าง 2.89-8.53 และ 1.06-4.09 กรัมต่อ100กรัมT-N ในขณะที่ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส มีค่าต่ำระหว่าง 0.09-1.19 และ 0.02-0.18 กรัมต่อ100กรัมT-N (Figure 1) ส่วนในดินร่วนเหนียว ปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย มีการปลดปล่อยไนเตรทสูงกว่าปุ๋ยหมักชนิดอื่น ๆ มีค่าระหว่าง 6.35-11.70 กรัมต่อ100กรัม T-N รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักมูลวัว ปุ๋ยหมักมูลสุกร ที่มีค่าระหว่าง 5.73-11.77 และ 2.35-5.90 กรัมต่อ100กรัมT-N ในขณะที่ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส มีค่าต่ำระหว่าง 0.00-2.83 และ 0.00-0.10 กรัมต่อ100กรัมT-N (Figure 2)

การปลดปล่อยนิตริเจนไนโตรเจน (แอมโมเนียม+ไนเตรท) ของปุ๋ยหมักในช่วง 0-60 วันหลังบ่ม ในดินร่วนทราย ปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย และปุ๋ยหมักมูลวัว มีการปลดปล่อยนิตริเจนไนโตรเจนใกล้เคียงกัน และสูงกว่าปุ๋ยหมักชนิดอื่น ๆ มีค่าระหว่าง 3.36-8.62 และ 3.30-8.56 กรัมต่อ100กรัมT-N รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักมูลสุกร มีค่าระหว่าง 1.84-3.99 กรัมต่อ100กรัมT-N ในขณะที่ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส มีค่าต่ำระหว่าง 0.02-1.72 และ 0.02-0.44 กรัมต่อ100กรัมT-N (Figure 1) ในดินร่วนเหนียว ปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย และปุ๋ยหมักมูลวัว มีการปลดปล่อยนิตริเจนไนโตรเจน ในช่วง 0-60 วัน หลังบ่มใกล้เคียงกัน และสูงกว่าปุ๋ยหมักชนิดอื่น ๆ มีค่าระหว่าง 6.45-12.17 และ 5.69-11.84 กรัมต่อ100กรัมT-N รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักมูลสุกร มีค่าระหว่าง 1.84-3.99 กรัมต่อ100กรัมT-N ในขณะที่ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส มีค่าต่ำระหว่าง 0.10-3.90 และ 0.00-0.08 กรัมต่อ100กรัมT-N (Figure 2)

อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนในโตรเจนของปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย และปุ๋ยหมักมูลวัว เมื่อบ่มในดินร่วนทราย มีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงในวันแรกของการบ่ม เท่ากับ 7.34 และ 7.27 กรัมNต่อ100กรัมT-Nต่อวัน รองลงมา คือปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 3.22, 1.05, และ 0.32 กรัมNต่อ100กรัมT-Nต่อวัน ตามลำดับ ปุ๋ยหมักทุกชนิดมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนลดลงในช่วง 3-60 วันหลังบ่ม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ระหว่าง 0.00-0.46 กรัมNต่อ100กรัมT-Nต่อวัน (Figure 1) เช่นเดียวกันกับดินร่วนเหนียว ปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อยมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงในวันแรกของการบ่ม มีค่าเท่ากับ 9.83 กรัมNต่อ100กรัมT-Nต่อวัน รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักมูลวัว ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 8.91, 3.90, 1.92 และ 0.00 กรัมNต่อ100กรัมT-Nต่อวัน ตามลำดับ ปุ๋ยหมักทุกชนิดมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนลดลงในช่วง 3-60 วันหลังบ่ม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ระหว่าง 0.00-3.61 กรัมNต่อ100กรัมT-Nต่อวัน (Figure 2)

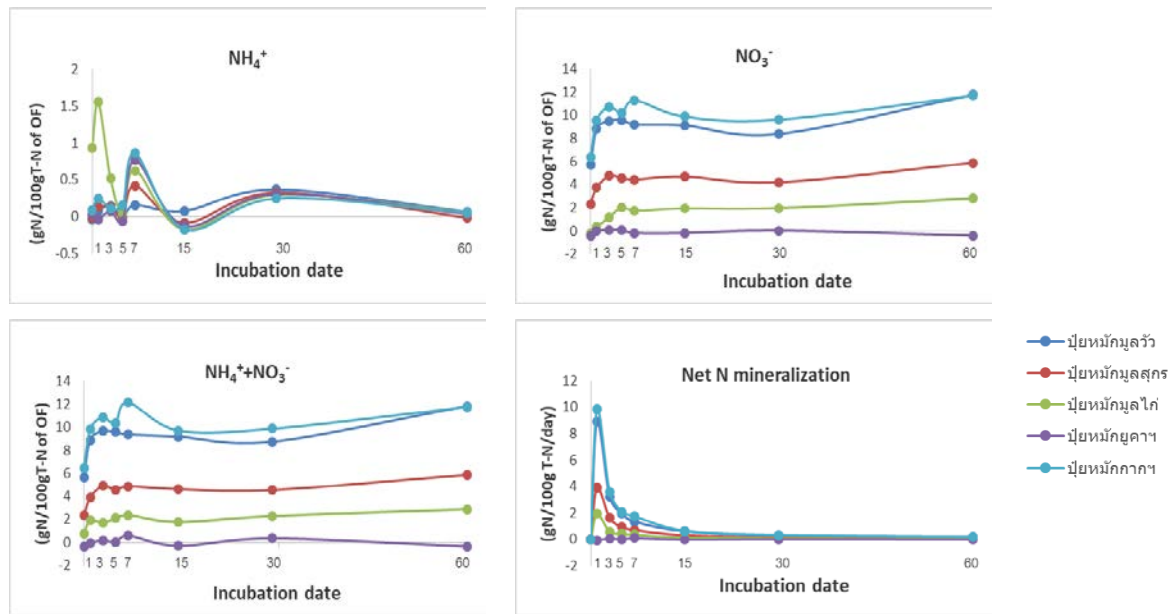


Figure 1 Nitrogen release of organic fertilizer (OF) in sandy loam soil

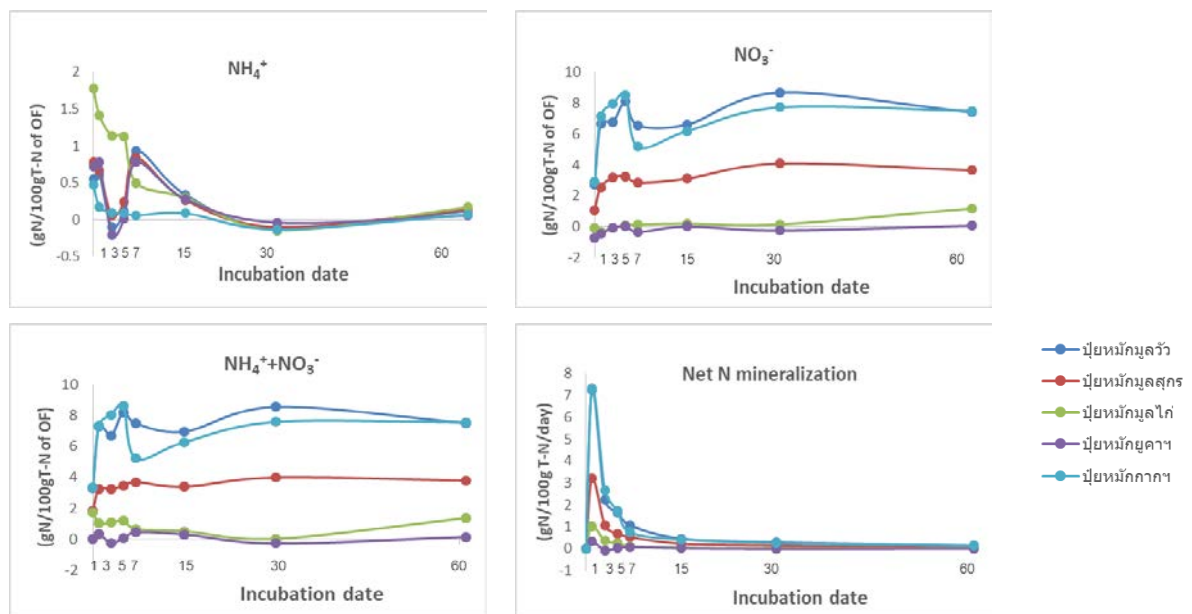


Figure 2 Nitrogen release of organic fertilizer (OF) in clay loam soil

สรุปผลการทดลอง

ปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย และปุ๋ยหมักมูลวัว มีการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินร่วนทราย และดินร่วนเหนียวสูงกว่าปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลไก่ และปุ๋ยหมักเปลือกถั่วลิสง เมื่อเทียบปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบเท่ากัน ซึ่งบ่งชี้ถึงความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นของดิน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช ISBN: 974-436-054-2. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 164 หน้า.

พิรพงษ์ เชาวนพงษ์, สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์, ศรีสุตา รื่นเจริญ, รัฐกร สืบคำ และทิวพร ผดุง. 2553. การศึกษาการสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยหมักจากวัตถุดิบต่างๆ. รายงานงานวิจัย กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

สมฤทัย ตันเจริญ, ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, พิรพงษ์ เชาวนพงษ์, สุปรานี มั่นหมาย. 2550. การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมัก. ผลงานฉบับเต็ม กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

**การวิจัยและพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายไนเตรท และฟอสเฟต
เพื่อประเมินคุณภาพน้ำทางการเกษตร**
**Research and Development of Water Test Kits to Determine
Nitrate and Phosphate in Agricultural Water**

จิตติรัตน์ ชูชาติ จีรัตน์ กุลลวิริยะวงศ์ สุภา โพธิจันทร์ สงกรานต์ มะลิสอน
ญาณธิชา จิตต์สะอาด พงมาลย์ ภูสาร เจนจิรา เทเวศร์วรกุล

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

วิจัยและพัฒนาชุดตรวจสอบไนเตรทและฟอสเฟตในน้ำ เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในการตรวจสอบประเมินปริมาณธาตุอาหารพืชและคุณภาพน้ำทางการเกษตร ด้วยการพัฒนาชุดตรวจสอบที่ใช้งานง่าย สามารถพกพาไปใช้งานในภาคสนามได้สะดวก รวดเร็ว ซึ่งดัดแปลงวิธีตรวจสอบไนเตรทจากวิธี Brucine และวิธีตรวจสอบฟอสเฟตจากวิธี Ascorbic acid ตามวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำในห้องปฏิบัติการ ลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมีที่ใช้ ทดสอบการเกิดสี พัฒนาแผ่นเทียบสี และจัดทำเป็นชุดตรวจสอบ วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ หาคความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำด้วยชุดตรวจสอบกับผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำที่วิเคราะห์ด้วยชุดตรวจสอบ มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีในห้องปฏิบัติการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.893** และ 0.865** ตามลำดับ ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบโดยเกษตรกรจำนวน 20 ราย พบว่า การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำด้วยชุดตรวจสอบมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 65

คำสำคัญ : ชุดตรวจสอบอย่างง่าย ไนเตรท ฟอสเฟต คุณภาพน้ำทางการเกษตร

คำนำ

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร มีภารกิจหลักในการให้บริการตรวจวิเคราะห์ ปุ๋ย พืช ดิน และน้ำ โดยเฉพาะน้ำเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการผลิตพืช เนื่องจากน้ำเป็นตัวละลายธาตุอาหารในดินและปุ๋ย เพื่อเป็นอาหารแก่พืช คุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญ หากน้ำมีปริมาณธาตุหรือเกลืออันตราย อยู่ในปริมาณที่มากเกินไป ก็ส่งผลต่อการเจริญเติบโตพืชและสิ่งมีชีวิตในน้ำ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมักพบในแหล่งน้ำธรรมชาติ ไนโตรเจนแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ซึ่งอยู่ในรูปปุ๋ยเคมี ส่วนอีกชนิดหนึ่ง คือ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ได้ โดยขบวนการที่เรียกว่า Mineralization ส่วนฟอสฟอรัสในน้ำ จะอยู่ในรูปต่าง ๆ กันของฟอสเฟต การปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำอาจเกิดจากการเติมฟอสฟอรัสลงไปในน้ำ เช่น การใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตร นอกจากนี้ยังมาจากการใช้ผงซักฟอก หรือน้ำยาล้างจานที่อยู่ในรูปฟอสเฟต และโพลีฟอสเฟต โดยไนเตรท และฟอสเฟตที่พบในแหล่งน้ำนั้นเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ และมักพบว่าเป็น Growth Limiting Nutrient ของแหล่งน้ำ ดังนั้น การปนเปื้อนของแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีไนเตรทและฟอสเฟตที่มีปริมาณสูง จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว และในขณะเดียวกันแหล่งน้ำดื่มที่มีการปนเปื้อนของไนเตรทในปริมาณที่สูง สามารถก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ได้ โดยเฉพาะในเด็กทารก ทำให้เกิดโรค Methemoglobinemia ซึ่งในน้ำดื่ม กำหนดให้ไม่ควรมีไนเตรทเกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และแหล่งน้ำทางการเกษตรไม่ควรมีไนเตรทเกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (FAO, 1985; WHO, 2011) ในขณะที่ค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตของแหล่งน้ำทางการเกษตรไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (EPA, 2005)

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำจะต้องดำเนินการในห้องปฏิบัติการ โดยการวิเคราะห์ไนเตรทใช้วิธี Brucine ตามวิธีมาตรฐานของ United States Environmental Protection Agency (EPA) (1971) และวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยวิธี Ascorbic acid ตามวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำของ American Public Health Association, the

American Water Works Association and the Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF) (2012) ซึ่งเป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์โดยการทำให้เกิดสี (Colorimetric) ซึ่งต้องใช้สารเคมี และเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญ เกษตรกรไม่สามารถปฏิบัติได้เอง การพัฒนาชุดตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ไนเตรท และฟอสเฟต จึงมีความสำคัญในปัจจุบัน เพื่อให้เกษตรกรสามารถทราบผลการวิเคราะห์อย่างรวดเร็ว และสามารถตรวจสอบได้เอง ลดการใช้สารเคมี พร้อมทั้งสามารถประเมินคุณภาพน้ำ และความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ทันที ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาชุดตรวจสอบสำหรับวิเคราะห์ไนเตรทและฟอสเฟตในน้ำ จึงเป็นการพัฒนาด้านการวิเคราะห์ที่ใช้อุปกรณ์ที่มีการใช้งานง่าย สะดวกรวดเร็ว มีความแม่นยำ และสามารถพกพาไปใช้งานในภาคสนามได้

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือ เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์และพัฒนาชุดตรวจสอบ
2. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนเตรทและฟอสเฟต

วิธีการ

1. พัฒนาชุดตรวจสอบไนเตรทและฟอสเฟตในน้ำ โดยใช้หลักการวิเคราะห์และวัดปริมาณเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ไนเตรท (NO_3^-) โดยใช้วิธี Brucine ตามวิธีมาตรฐานของ EPA (1971) และวิเคราะห์ฟอสเฟต (ในรูป Orthophosphates ได้แก่ PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} และ H_2PO_4^-) ด้วยวิธี Ascorbic acid ตามวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำของ APHA, AWWA and WEF (2012) โดยปรับลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ทดสอบการเกิดสี พัฒนาแผ่นเทียบสีตามคุณภาพน้ำ (FAO, 1985; WHO, 2011) และพัฒนาเป็นชุดตรวจสอบ
2. ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบ วิเคราะห์ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่างๆ จำนวนมากกว่า 50 ตัวอย่าง หาความสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r)
3. ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบโดยเกษตรกรจำนวน 20 ราย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การพัฒนาและทดสอบชุดตรวจสอบอย่างง่าย (Test kit) ไนเตรท และฟอสเฟต

1.1 วิจัยพัฒนา และจัดทำชุดตรวจสอบไนเตรท

พัฒนาชุดตรวจสอบไนเตรท โดยปรับลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมีที่ใช้ จากวิธีที่มาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้สัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมี ดังต่อไปนี้ ตัวอย่างน้ำ 2 มิลลิลิตร สารละลาย Sodium chloride 30% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร สารละลาย Sulfuric acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตร สารละลาย Brucine - sulfanilic acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทดสอบการเกิดสีของไนเตรทตามความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เทียบกับวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งพัฒนาแผ่นเทียบสีสำหรับวิเคราะห์ไนเตรท (Figure 1 and 2)

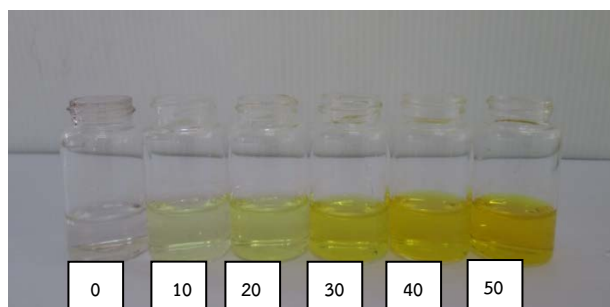


Figure 1 Coloring test according to nitrate concentration 0 - 50 mg/l

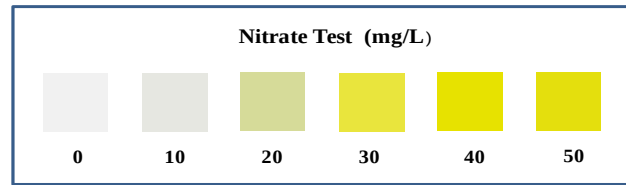


Figure 2 Development of color chart for nitrate analysis

1.2 วิจัยพัฒนา และจัดทำชุดตรวจสอบฟอสเฟต

พัฒนาชุดตรวจสอบฟอสเฟต โดยลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมีที่ใช้ จากวิธีที่มาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้สัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมี ดังต่อไปนี้ ตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร สารละลาย Ascorbic acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ทดสอบการเกิดสีของฟอสเฟตตามความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เทียบกับวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งพัฒนาแผ่นเทียบสีสำหรับวิเคราะห์ฟอสเฟต (Figure 3 and 4)

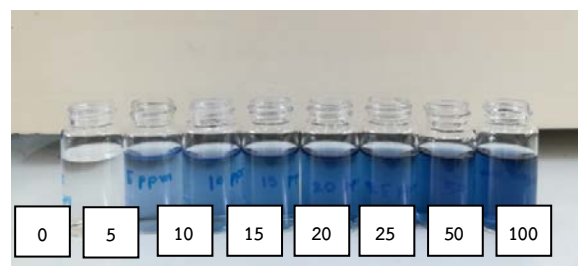


Figure 3 Coloring test according to phosphate concentration 0 - 100 mg/l

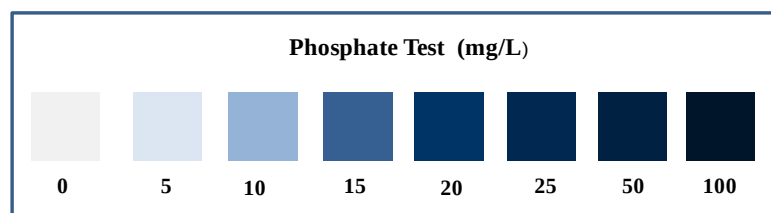


Figure 4 Development of color chart for phosphate analysis

2. ทดสอบการใช้ชุดตรวจสอบวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำ

ทดสอบการใช้ชุดตรวจสอบวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในตัวอย่างน้ำที่เตรียมขึ้น โดยให้มีปริมาณไนเตรทและฟอสเฟต ระหว่าง 0-50 มิลลิกรัมต่อลิตร และตัวอย่างน้ำทางการเกษตร จำนวนรวม 70 ตัวอย่าง ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตด้วยชุดตรวจสอบ และผลการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ พบว่า ผลการวิเคราะห์ไนเตรทและฟอสเฟตด้วยชุดตรวจสอบมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับวิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.893** และ 0.865** ตามลำดับ ดังนั้น ชุดตรวจสอบที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถให้ผลวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทางการเกษตรใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสูง (Figure 5)

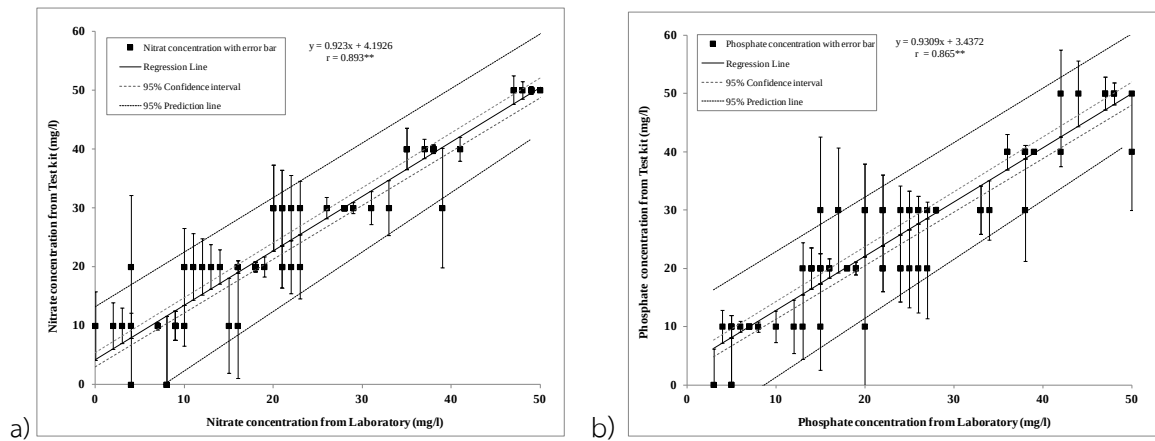


Figure 5 The relationship between water sample analysis results from laboratory and a monitoring results from Test kits a) Nitrate analysis results b) Phosphate analysis results

3. ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบโดยเกษตรกรจำนวน 20 ราย

ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบโดยผู้ใช้งานซึ่งเป็นเกษตรกรจำนวน 20 ราย โดยใช้ตัวอย่างน้ำที่เตรียมขึ้นโดยมีปริมาณไนเตรท และฟอสเฟต 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการตรวจสอบพบว่า ผู้ใช้งานชุดตรวจสอบรายงานผลปริมาณไนเตรทถูกต้องจำนวน 15, 14 และ 14 ราย คิดเป็นร้อยละ 75, 70 และ 70 ตามลำดับ ขณะที่ผู้ใช้ชุดตรวจสอบฟอสเฟต รายงานผลการทดสอบฟอสเฟตในน้ำ ถูกต้องจำนวน 15, 17 และ 14 ราย คิดเป็นร้อยละ 75, 85 และ 70 ตามลำดับ (Figure 6) และผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่างๆ ตามช่วงความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟต ได้แก่ ช่วงความเข้มข้น 0 – 20, 20 – 40 และมากกว่า 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นละ 20 ตัวอย่าง พบว่า ผลการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยชุดตรวจสอบมีความถูกต้องร้อยละ 65, 70 และ 75 ตามลำดับ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยชุดตรวจสอบมีความถูกต้องร้อยละ 70, 75 และ 75 ตามลำดับ (Table 1)

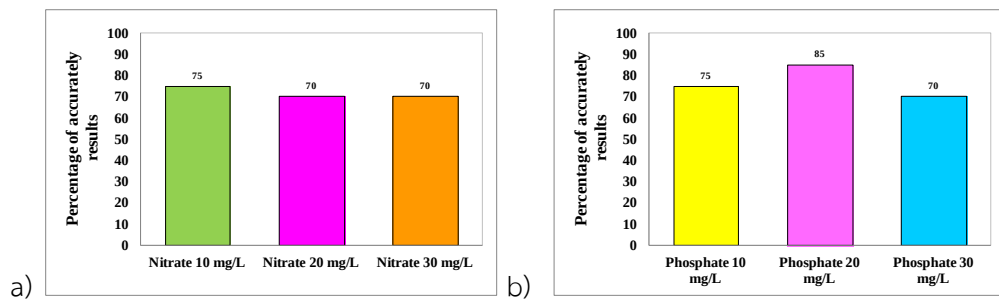


Figure 6 Percentage of corrected test kits results used by 20 farmers

a) Nitrate analysis results b) Phosphate analysis results

Table 1 False and true values of Nitrate and Phosphate test kits compared with laboratory results

Ranges	Nitrate test kit			no. of samples	Phosphate test kit			no. of samples
	False (-)	False (+)	True		False (-)	False (+)	True	
0 - 20 mg/l	5 (25%)	2 (10%)	13 (65%)	20 (100%)	3 (15%)	3 (15%)	14 (70%)	20 (100%)
20 - 40 mg/l	3 (15%)	3 (15%)	14 (70%)	20 (100%)	3 (15%)	2 (10%)	15 (75%)	20 (100%)
>40 mg/l	3 (15%)	2 (10%)	15 (75%)	20 (100%)	2 (10%)	3 (15%)	15 (75%)	20 (100%)
Total	11 (18%)	7 (12%)	42 (70%)	60 (100%)	8 (13%)	8 (13%)	44 (74%)	60 (100%)

สรุปผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำด้วยชุดตรวจสอบ มีความสัมพันธ์อย่างสูงยิ่งทางสถิติกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำด้วยวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง (r) เท่ากับ 0.893** และ 0.865** ตามลำดับ ซึ่งทำให้ชุดตรวจสอบที่ได้พัฒนาขึ้นให้ผลถูกต้องตรงกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมากกว่าร้อยละ 80 สามารถนำมาใช้เป็นชุดตรวจสอบตัวอย่างน้ำได้จริง หลังจากนั้นนำชุดตรวจสอบไปใช้งานจริงโดยเกษตรกรจำนวน 20 คน ในภาคสนาม ผลการใช้ชุดตรวจสอบพบว่า การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท และฟอสเฟตในน้ำมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ชุดตรวจสอบจัดทำขึ้นโดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย มีวิธีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน เกษตรกรหรือผู้ที่ต้องการใช้งานสามารถตรวจสอบได้เอง สามารถพกพาไปใช้งานในภาคสนามได้อย่างสะดวก ให้ผลการตรวจสอบเบื้องต้นที่ถูกต้องรวดเร็ว ทำให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับการส่งตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- American Public Health Association, the American Water Works Association and the Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF). 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd ed. Washington D.C. American Public Health Association. 1360 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1985. *Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage paper 29 Rev 1*. FAO Rome. 188 p.
- United States Environmental Protection Agency (EPA) 1971. *Method 352.1: Nitrogen, Nitrate (Colorimetric, Brucine) by Spectrophotometer*. 6 p.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). 2005. *Nitrogen and Phosphorus in Agricultural Streams*. 6 p.
- World Health Organization (WHO). 2011. *Guideline for drinking-water quality*. World Health Organization, Geneva. 564 p.

พัฒนาวิธีวิเคราะห์เนื้อดินในดินที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ

Development of Analytical Methods for Soil Texture

in Various Particle Sizes

พจมาลย์ ภู่อสาร จรัสรัตน์ ภูศลวิริยะวงศ์ สุภา โพธิจันทร์ จิตติรัตน์ ชูชาติ
สงกรานต์ มะลิสอน ญาณธิชา จิตต์สะอาด

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

พัฒนาและเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และประเมนเนื้อดิน ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต โดยการเตรียมตัวอย่างดินให้มีอนุภาคขนาดทราย ตั้งแต่ร้อยละ 0 จนถึง 100 ของน้ำหนัก ประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์หาอนุภาคทรายจากทั้ง 3 วิธี พบว่า การวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทรายด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ และวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสสูงกว่าอนุภาคทรายที่มีอยู่จริง เมื่อดินมีอนุภาคขนาดทรายน้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ในขณะที่วิธีปิเปตสามารถวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทรายได้ในทุกตัวอย่างดิน และเมื่อนำอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ที่วิเคราะห์ได้มาประเมินเนื้อดินด้วยตารางสามเหลี่ยมมาตรฐาน พบว่า วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส สามารถทำนายเนื้อดินได้ไม่แตกต่างกับวิธีปิเปต เมื่อดินมีอนุภาคขนาดทรายน้อยกว่าร้อยละ 10 และมากกว่าร้อยละ 40 แต่เมื่อพิจารณาที่ขั้นตอนและเวลาในการวิเคราะห์ พบว่า การวิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธีปิเปตใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 38 -52 ชั่วโมง ในขณะที่วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 22-29 ชั่วโมง

คำสำคัญ : วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีปิเปต เนื้อดิน

คำนำ

เนื้อดิน (soil texture) ถูกกำหนดโดย สัดส่วนโดยมวลของอนุภาคดิน 3 กลุ่มขนาดในสัดส่วนแตกต่างกัน ขนาดอนุภาคดินแบ่งออกได้เป็น ขนาดทราย (sand) มีขนาดตั้งแต่ 0.05 – 2 มิลลิเมตร ทรายแป้ง (silt) มีขนาดตั้งแต่ 0.002- 0.05 และดินเหนียว (clay) มีขนาดน้อยกว่า 0.002 มิลลิเมตร ความผันแปรของสัดส่วนผสมของอนุภาคทำให้สามารถแบ่งประเภทเนื้อดินได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเนื้อดินหยาบ เช่น ดินทรายร่วน (Loamy sand) กลุ่มดินเนื้อปานกลาง เช่น ดินร่วน (Loam) และกลุ่มดินเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silty clay); (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

การวิเคราะห์หาประเภทของเนื้อดิน สามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1) วิธีสัมผัส (feeling method) เป็นวิธีประเมินเนื้อดินโดยอาศัยความรู้สึกเมื่อสัมผัสดินด้วยมือ ซึ่งนิยมใช้ในภาคสนามเนื่องจากมีความสะดวกในการประเมินไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุ หรือสารเคมี 2) วิธีวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative method) เป็นวิธีประเมินโดยการหาอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว หลังจากนั้น นำมาหาประเภทเนื้อดินได้จากตารางสามเหลี่ยมมาตรฐาน (Soil textural triangle) สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีร่อนด้วยตะแกรง (Sieve method), วิธีตกตะกอน (Sedimentation method) อาศัยหลักการของ Stokes ว่า วัตถุที่มีขนาด และน้ำหนักแตกต่างกันจะตกตะกอนในสารละลายที่เวลาต่างกัน ประกอบด้วย วิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer method) และวิธีปิเปต (Pipet method) ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดี หรือข้อจำกัดแตกต่างกันไป งานวิจัยนี้จึงทำขึ้นเพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์เนื้อดินระหว่างวิธีปิเปต วิธีไฮโดรมิเตอร์ และวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการประเมินเนื้อดินในห้องปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตู้อบ
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. Mechanical stirrer
4. เครื่องแก้ว และอุปกรณ์ที่วิเคราะห์เนื้อดิน ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ และ วิธีปิเปต
5. สารเคมี ประกอบด้วย Sodium hexametaphosphate, Anhydrous sodium carbonate และ Amyl alcohol

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 เตรียมดินอนุภาคขนาดทราย (Sand)

นำทรายละเอียด จำนวน 4400 กรัม นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นจนน้ำที่ล้างใส นำไปผึ่งลมให้แห้ง แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร

1.2 เตรียมดินอนุภาคขนาดทรายแป้งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (Silt and Clay)

นำดินผึ่งลมให้แห้ง บดตัวอย่างดิน และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.053 มิลลิเมตร (53 ไมโครเมตร หรือ 270 เมท)

1.3 นำส่วนของตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงผสมให้ได้ตัวอย่างดินที่มีอนุภาคขนาดทราย ตั้งแต่ร้อยละ 0 จนถึง 100 โดยผสมระหว่างดินอนุภาคขนาดทราย (จากข้อ 1.1) กับดินอนุภาคขนาดทรายแป้งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (จากข้อ 1.2) ใส่รวมกันในถุงพลาสติกขนาดใหญ่ เขย่าให้ตัวอย่างดินเข้ากัน แล้วจึงชั่งออกมาตามน้ำหนักที่ใช้

2. นำตัวอย่างดินที่เตรียมได้จากข้อ 1.3 มาวิเคราะห์เนื้อดิน ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และ วิธีปิเปต (Glendon W.G. and Dani O, 2002) จำนวน 7 ซ้ำ

3. นำอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวที่ได้ ไปประเมินเนื้อดินด้วยตารางสามเหลี่ยมมาตรฐาน

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทรายด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ และวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส สูงกว่าอนุภาคทรายที่มีอยู่จริง เมื่อดินมีอนุภาคขนาดทรายน้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก (Table 1) ทั้งนี้ เนื่องจากว่าวิธีไฮโดรมิเตอร์ สามารถวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทรายได้ต่ำสุด (Limit of detection) เมื่อดินมีอนุภาคขนาดทรายอย่างน้อยร้อยละ 2 ของน้ำหนัก (Kellog, 2018) ในขณะที่วิธีปิเปตสามารถวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทรายได้ในทุกตัวอย่างดิน แต่เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการทำซ้ำ (Reproducibility) ของแต่ละวิธี พบว่า วิธีไฮโดรมิเตอร์มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (%RSD) โดยเฉลี่ย 3.20% ยกเว้นเมื่อตัวอย่างดินมีอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 10 ของน้ำหนัก จะมี %RSD เท่ากับ 9.50% ซึ่งมากกว่าเกณฑ์การยอมรับ กำหนดให้มี %RSD น้อยกว่า 8% (Kellog, 2018) ในขณะที่วิธีปิเปตมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (%RSD) โดยเฉลี่ย 6.92% ยกเว้นเมื่อตัวอย่างดินมีอนุภาคขนาดทรายน้อยกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนัก จะมี %RSD ตั้งแต่ 8.33 - 40.00% ซึ่งมากกว่าเกณฑ์การยอมรับ และเมื่อนำอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ที่วิเคราะห์ได้มาประเมินเนื้อดินด้วยตารางสามเหลี่ยมมาตรฐาน พบว่า วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส สามารถทำนายเนื้อดินได้ไม่แตกต่างกับวิธีปิเปต เมื่อดินมีอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 10 และมากกว่า ร้อยละ 40 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชาตรี และ นฤมล (2539) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินแบบใหม่ คือ Syringe กับวิธีมาตรฐาน คือ วิธีปิเปต และ วิธีไฮโดรมิเตอร์ โดยทำการทดลองกับดิน 3 ประเภท คือ ดินเนื้อละเอียด ดินเนื้อปานกลาง และดินเนื้อหยาบ พบว่า การประเมินเนื้อดินจากทั้ง 3 วิธี ให้ผลการประเมินเนื้อดินที่ไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับ Day (1965) และ Andres *et. al.* (2014) ว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์โดยวิธีปิเปต และ วิธีไฮโดรมิเตอร์ พบว่า ทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์กัน แต่เมื่อพิจารณาขั้นตอน และระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาขนาดอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว พบว่า วิธีปิเปตมีขั้นตอนและระยะเวลาดังแต่ 38 -52 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าวิธีไฮโดรมิเตอร์ และวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาดังแต่ 22-29 ชั่วโมง

สรุปผลการทดลอง

พัฒนาและเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และประเมนเนื้อดิน ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต โดยการเตรียมตัวอย่างดินให้มีอนุภาคขนาดทราย ตั้งแต่ร้อยละ 0 จนถึง 100 ของน้ำหนัก ประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์หาอนุภาคทรายจากทั้ง 3 วิธี พบว่า การวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทรายด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ และวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสสูงกว่าอนุภาคทรายที่มีอยู่จริง เมื่อดินมีอนุภาคขนาดทรายน้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ในขณะที่วิธีปิเปตสามารถวิเคราะห์หาอนุภาคขนาดทรายได้ในทุกตัวอย่างดิน และเมื่อนำอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ที่วิเคราะห์ได้มาประเมินเนื้อดินด้วยตารางสามเหลี่ยมมาตรฐาน พบว่า วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส สามารถทำนายเนื้อดินได้ไม่แตกต่างกับวิธีปิเปต เมื่อดินมีอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 10 และมากกว่าร้อยละ 40 แต่เมื่อพิจารณาที่ขั้นตอนและเวลาในการวิเคราะห์ พบว่า การวิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธีปิเปต ใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 38 -52 ชั่วโมง ในขณะที่วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 22-29 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

สามารถให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์เนื้อดินให้กับหน่วยงานวิเคราะห์ดินต่างๆ ที่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือ หรือบุคลากร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางสาวศุภาภรณ์ ล้วนมณี ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา และนายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ ที่ให้ข้อมูล และให้เข้าเยี่ยมชมเพื่อศึกษาการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธีปิเปต

เอกสารอ้างอิง

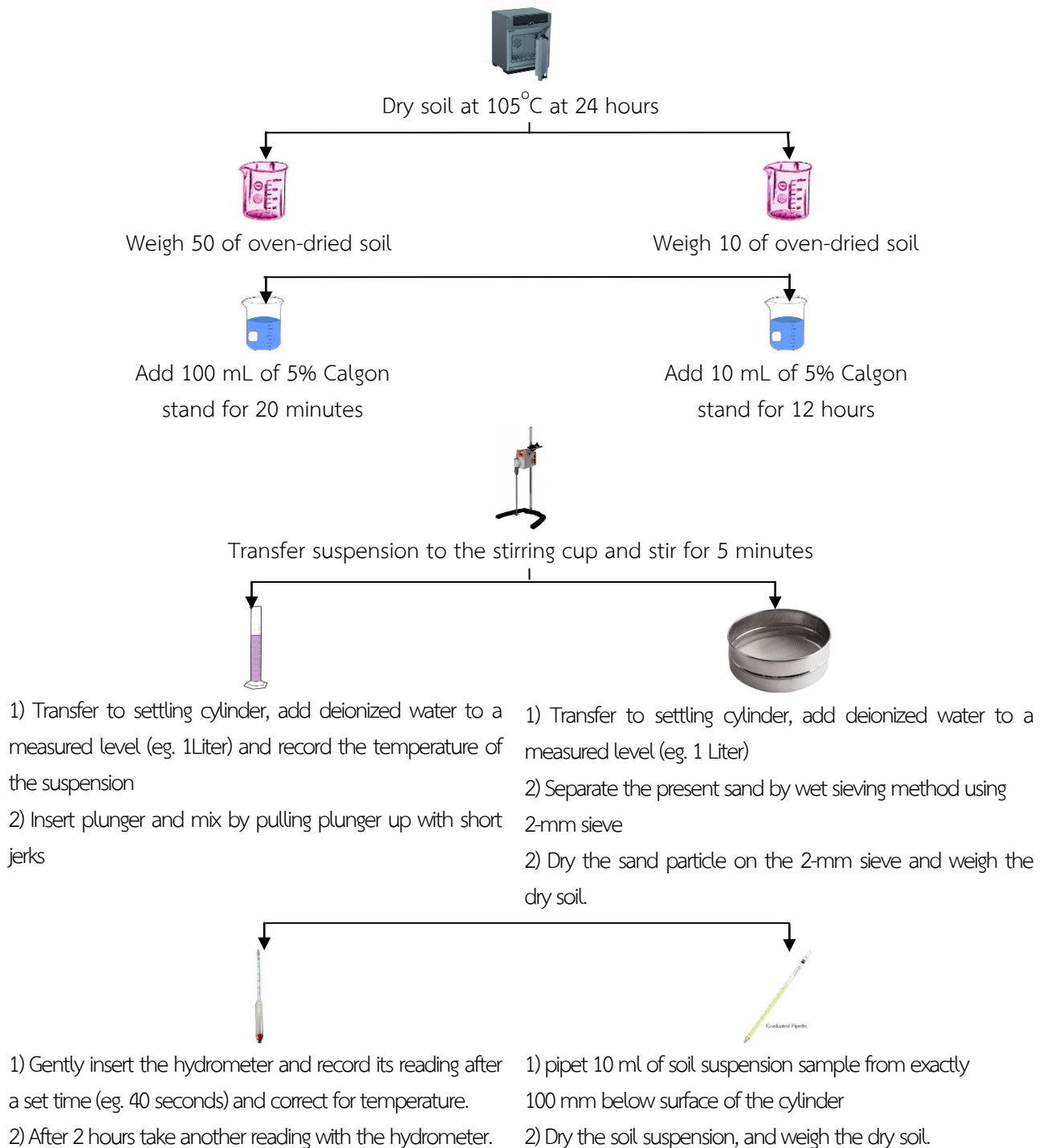
- กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2553. *คู่มือวิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์*. กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- ชาตรี สระแสงตา และ นฤมล บุญเกษม. 2539. การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณขนาดอนุภาคดินโดยวิธี Syringe กับวิธี Pipette และวิธี Hydrometer. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 106 หน้า
- นันทนา กัญยานุวัฒน์ และ นุชนาท นาคำ. 2555. *แนวทางการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี*. รายงานวิชาการ. สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Andres, N.B., Ana V.S., Leonardo P., Deborah T., Daniel B., Raquel M. and Adriana G-L. 2014. Soil texture analyses using a hydrometer: modification of the Bouyoucos method. *Ciencia e Investigacion*. 41(2): 263-271.
- Day, P.R. 1965. Particle Fraction and Particle-Size Analysis, pp. 545-567. In C.A. Black et al.(ed.). *Methods of soil analysis, Part 1*. Agronomy Mo. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Glendon W. G. and Dani O. 2002. Specific Methods of Particle-Size Analysis. pp. 264-288 In Warren A. Dick, *Methods of Soil Analysis Part 4 Physical Methods* Publish by: Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA
- Kellogg, W.K. 2018. *Particle size analysis for soil texture determination (Hydrometer method)*. Available: <https://lter.kbs.msu.edu/protocols/108>, Accessed May. 24, 2018.

Table 1 Determination of soil particle size of sand, silt and clay and soil texture by hydrometer method, hydrometer method controlled temperature at 25°C and pipet method

Sand (%)	Hydrometer method				Hydrometer method controlled temperature at 25°C				Pipet method			
	Sand	Silt	Clay	Texture	Sand	Silt	Clay	Texture	Sand	Silt	Clay	Texture
	-----%-----				-----%-----				-----%-----			
0	10.3±0.3	53.3±0.8	36.4±0.8	Silty clay loam	11.7±3.0	49.3±2.8	39.0±0.9	Silty clay loam	0.5±0.2	60.2±1.8	39.3±1.9	Silty clay
10	17.9±1.7	47.1±1.9	35.0±1.2	Silty clay loam	22.3±4.9	41.7±5.3	36.0±0.8	Silty clay loam	9.6±0.8	61.8±6.7	28.6±6.9	Silty clay loam
20	27.2±1.1	42.1±1.7	30.6±0.8	Clay loam	31.9±1.6	35.1±2.2	33.0±1.0	Clay loam	16.8±1.6	63.9±1.9	19.3±1.9	Silty loam
30	35.6±1.9	36.2±1.4	28.2±0.9	Clay loam	37.7±3.1	31.9±2.4	30.4±1.0	Clay loam	31.9±1.2	43.1±4.8	25.0±4.1	Loam
40	46.1±2.3	30.4±1.7	23.4±1.2	Loam	42.8±2.2	28.9±2.5	28.3±1.5	Clay loam	41.3±1.9	39.3±2.7	19.4±1.6	Loam
50	55.8±2.3	22.1±1.4	22.1±1.4	Sandy clay loam	54.4±1.4	23.1±1.6	22.5±0.8	Sandy clay loam	52.4±1.5	34.7±3.4	12.9±2.7	Sandy loam
60	68.1±1.4	17.0±1.3	14.9±1.6	Sandy loam	61.2±3.5	19.9±2.4	18.9±1.6	Sandy loam	57.4±1.2	34.4±1.3	8.2±1.4	Sandy loam
70	72.5±0.8	15.9±0.9	11.6±1.0	Sandy loam	71.5±2.3	15.4±1.9	13.1±1.2	Sandy loam	71.2±1.4	19.6±0.9	9.2±0.6	Sandy loam
80	79.2±0.3	12.0±0.0	8.8±0.3	Sandy loam	80.2±2.2	9.5±2.2	10.3±0.8	Loamy sand	77.8±1.5	9.3±5.8	12.9±5.7	Sandy loam
90	87.0±0.7	8.6±0.7	4.4±0.0	Sand	86.6±0.8	6.9±0.7	6.5±0.7	Loamy sand	88.0±0.4	9.1±2.7	2.9±2.7	Sand
100	99.8±0.0	0.0±0.0	0.2±0.0	Sand	99.8±0.1	0.2±0.1	0.0±0.0	Sand	97.7±0.6	2.3±0.6	0.0±0.0	Sand

Hydrometer method

Pipet method



Calculate % sand, silt, and clay, and determine the soil textural class

Figure 1 Flow chart of soil texture analysis by hydrometer method and pipet method

พัฒนาวิธีวิเคราะห์และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืช

Development and Method Validation on Analysis of Nitrate in Plant

สุวลักษณ์ ไชยทอง นันทกานต์ ชุนโหร มนต์ชัย อินทร์ท่าอิฐ เรวดี ศิริยาน สาธิตา โพธิ์น้อย

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid โดยศึกษาขั้นตอนการสกัดตัวอย่างพืชด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง และวิธีกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และศึกษาการรบกวนของแอมโมเนียมไนโตรเจนจากการเติมสาร Diammonium hydrogen phosphate พบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกัน และไม่พบการรบกวนของแอมโมเนียมไนโตรเจน จากนั้นทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี Salicylic acid โดยวิธีกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ผลการตรวจสอบช่วงของการวัดและช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานที่จะนำมาใช้งานอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0-2.00 และ 0-1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่า Correlation coefficient, r เท่ากับ 0.9994 และ 0.9998 ตามลำดับ พิสูจน์ความเที่ยงที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูงได้ค่า HorRat (Horwitz's ratio) เท่ากับ 0.42, 0.36 และ 0.29 ตามลำดับ และการพิสูจน์ความแม่นยำโดยประเมินจาก %Recovery อยู่ในช่วง 99.87 – 108.00 % ทั้งความเที่ยงและความแม่นยำผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน AOAC ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ มีค่าเท่ากับ 0.041 และ 0.106 มิลลิกรัมต่อลิตร การตรวจสอบความคงทนของวิธีวิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดตัวอย่างพืช โดยการประเมินค่าทางสถิติ t-test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid เป็นวิธีที่เหมาะสม สามารถนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืชได้เพราะเป็นวิธีที่ถูกต้อง แม่นยำและน่าเชื่อถือ

คำสำคัญ : ไนเตรทในพืช วิธี Salicylic acid การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์

คำนำ

ไนเตรทเป็นรูปหนึ่งของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งถูกนำมาใช้ในด้านเกษตรกรรม สารไนเตรทที่พืชดูดขึ้นไปใช้ส่วนใหญ่พืชนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่ไม่สามารถนำไปใช้ยังคงเป็นไนเตรทไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืช นอกจากนี้ไนเตรทที่พืชดูดเข้าไปจะถูกรีดิวซ์ให้เป็นไนไตรท์และแอมโมเนียม ตามลำดับ หลังจากนั้นแอมโมเนียมจะถูกนำไปสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน และอะไมด์ต่อไป (ศุภลักษณ์, 2549) สำหรับการสะสมของไนเตรทในพืช ส่วนดอกจะมีความเข้มข้นของสารไนเตรทน้อยที่สุด รองลงมาคือ ผล ใบ รากและก้านใบจะมีการสะสมของไนเตรทมากที่สุด ในผักบางชนิดจะมีการสะสมของไนเตรทค่อนข้างสูง เช่น ปวยเล้ง ผักกาดเขียว ผักกาดหอม บัท เป็นต้น การบริโภคผักหรืออาหารที่มีไนเตรทสามารถทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ได้ สารไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสารไนไตรท์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเม็ดโลหิตทำให้ไม่สามารถนำพาออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ ทำให้เกิดอาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบ ปวดศีรษะ และหัวใจเต้นแรง ดังนั้น การบริโภคสารไนเตรทเข้าไปจำนวนมาก ร่างกายจะเกิดภาวะขาดออกซิเจนอย่างฉับพลันได้ (กรรณิกา, 2555)

วิธี Salicylic acid เป็นวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืชวิธีหนึ่งในห้องปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนการสกัดตัวอย่างปั่นเหวี่ยง ซึ่งเมื่อทำการบีบอัดสารละลายไปวิเคราะห์จะมีตะกอนตัวอย่างพืชติดมากับสารละลาย ในการนี้จึงได้พัฒนาขั้นตอนการสกัดตัวอย่างเป็นวิธีกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method validation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายหลังการพัฒนาวิธีปรับปรุง หรือดัดแปลงวิธีให้เหมาะสมแล้ว และมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีทดสอบที่พัฒนาขึ้น หรือเลือกมานั้นเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะที่ตั้งไว้ การทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์และประเมินด้วยวิธีการทางสถิติว่าวิธีวิเคราะห์นั้นมีความถูกต้อง และเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน คุณลักษณะเฉพาะของวิธีเหล่านี้ ได้แก่ ความแม่นยำ ความเที่ยง ช่วงของการใช้งาน และความเป็นเส้นตรง ขีดจำกัดของวิธีเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ และความทนของวิธี (ทิพวรรณ, 2549)

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ กลุ่มงานวิเคราะห์หีจยพืช วัตถุเคมีการเกษตร และนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ยังไม่มีวิธีสำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช ดังนั้น จึงต้องมีการพัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีสำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช เพื่อให้ได้วิธีที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือเพื่อที่จะนำวิธีที่ได้ไปใช้กับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 และ 5 ตำแหน่ง
3. เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์
4. สารเคมี ได้แก่ Diammonium hydrogen phosphate, Sulfuric acid, Sulfanilic acid, H_2O , Potassium nitrate, Salicylic acid, Sodium hydroxide

วิธีการ

1. ศึกษาวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืชด้วย วิธี Salicylic acid (Cataldo *et al.*, 1975)

1.1 พัฒนารุ่นต้นของการสกัดตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ NO_3^- -N

1.1.1 ชั่งตัวอย่างพืชที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสและบดละเอียดประมาณ 0.1xxx กรัม เติมน้ำปราศจากไอออน (DI) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนด้วยเครื่อง Water bath ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

1.1.2 นำตัวอย่าง (ข้อ 1.1.1) ไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 15 นาที เปรียบเทียบกับวิธีการกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

1.1.3 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง (ข้อ 1.1.2) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 5% Salicylic acid- H_2SO_4 ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย Sodium hydroxide ความเข้มข้น 2 N ปริมาตร 19 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวน (F-test) และใช้สถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2 ศึกษาการรบกวนของ NH_4^+ -N ต่อวิธีวิเคราะห์

ทำการเติมสาร Diammonium hydrogen phosphate (NH_4)₂ HPO₄ 0.1XXX กรัม ลงไปในตัวอย่างพืช และสกัดตัวอย่างพืชตามขั้นตอนข้อ 1.1 นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวน (F-test) และใช้สถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืชด้วยวิธี Salicylic acid

2.1 ศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของวิธีวิเคราะห์ (Range) และความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานที่จะนำมาใช้งาน (Linearity) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน NO_3^- -N ความเข้มข้น 0-2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ พิจารณาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของวิธีวิเคราะห์ (Range) และเลือกช่วงที่เป็นเส้นตรงจากการศึกษา Range อย่างน้อย 6 ความเข้มข้น เพื่อหา Linearity โดยพิจารณาจาก Correlation coefficient, r ต้องมีค่า $r > 0.995$

2.2 ศึกษาความเที่ยง (Precision) และ ความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์ปริมาณ NO_3^- -N จากการ Spiked sample ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง ระดับละ 10 ซ้ำ โดยวิเคราะห์วันละ 1 ซ้ำ ใช้บุคคล และเครื่องมือเดียวกัน บันทึกข้อมูล คำนวณค่า Precision และ Accuracy

ประเมิน Precision โดยใช้ HorRat

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

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

$$C = \text{Concentration ratio}$$

เกณฑ์การประเมิน HorRat < 2 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ (AOAC, 2016)

ประเมิน Accuracy จากค่า %Recovery

$$\% \text{Recovery} = (C1 - C2) / C3$$

C1 = ความเข้มข้นของสารใน Spiked sample

C2 = ความเข้มข้นของ Sample blank

C3 = ความเข้มข้นของ Analyte ที่เติม

เกณฑ์การยอมรับ 80 - 110 % (AOAC, 2016)

2.3 หาค่าการตรวจสอบปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์และรายงานผลได้ (LOQ)

ซังตัวอย่างพืชที่มีปริมาณ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ต่ำๆ (Sample blank) จำนวน 10 ซ้ำโดยวิเคราะห์วันละ 1 ซ้ำ ใช้บุคคล และเครื่องมือเดียวกัน บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่า LOD และ LOQ

2.4 ศึกษาความคงทนของวิธี (Ruggedness)

ทดสอบโดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการสกัดตัวอย่างพืชจากเดิมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เปลี่ยนเป็นไม่ให้ความร้อนโดยวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวน (F-test) และใช้สถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. พัฒนาระดับขั้นตอนการสกัดตัวอย่างพืชด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติของทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะค่า $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ ($t_{\text{exp}} = 1.04$, $t_{\text{crit}} = 2.31$) และผลการศึกษารอบกวนของ $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ เมื่อมีการเติมและไม่มีการเติมสาร Diammonium hydrogen phosphate พบว่าทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่า $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ ($t_{\text{exp}} = 0.47$, $t_{\text{crit}} = 2.31$) แสดงให้เห็นว่า $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ ไม่มีผลรบกวนต่อการวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid

2. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid

2.1 การศึกษา Range และ Linearity ของวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid (Cataldo et al., 1975) ความเข้มข้น $\text{NO}_3^- \text{-N}$ อยู่ในช่วง 0-2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0-1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ค่า correlation coefficient, r เท่ากับ 0.9994 (Figure 1) และ 0.9998 (Figure 2) ตามลำดับ ค่า correlation coefficient, $r > 0.995$ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ

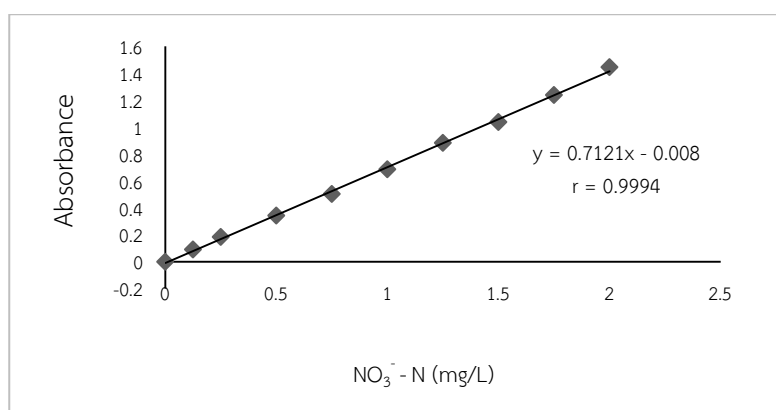


Figure 1 The range of salicylic acid method as 0-2.00 mg/L

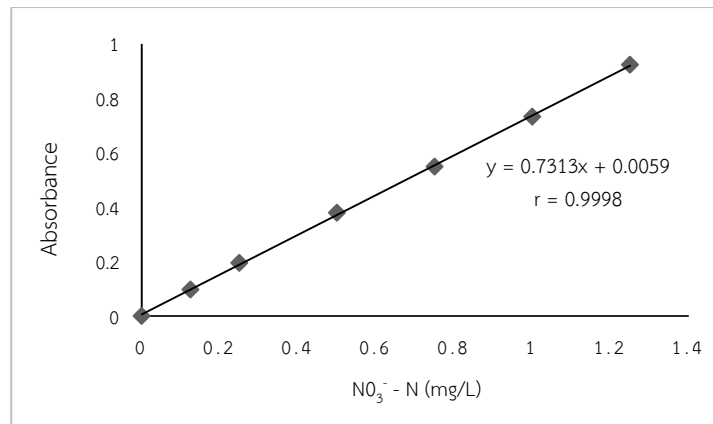


Figure 2 The linearity of salicylic acid method as 0-1.25 mg/L

3. การศึกษา Precision ของวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง ได้ค่า HorRat (Horwitz's Ratio) เท่ากับ 0.42, 0.36 และ 0.29 ตามลำดับ พบว่าค่า HorRat < 2 แสดงว่า Precision ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ผลการศึกษา Accuracy ของวิธีวิเคราะห์โดยประเมินจาก %Recovery ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และ สูง พบว่าค่า %Recovery มีค่าเท่ากับ 108.00, 104.40 และ 99.87 % ตามลำดับ โดยมีเกณฑ์การยอมรับอยู่ในช่วง 80 - 110 % แสดงว่าผลการวิเคราะห์ Accuracy ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง ผ่านเกณฑ์การยอมรับ

4. การศึกษา LOD และ LOQ พบว่า ได้ค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.041 และ 0.076 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อพิสูจน์ LOQ ด้วยการ Spiked sample ที่ความเข้มข้น 0.076 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลงใน Sample blank ซึ่งมีค่า 0.026 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ได้ค่าความเข้มข้นของ NO₃⁻ N เท่ากับ 0.106 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงมีค่า LOQ เท่ากับ 0.106 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการพิสูจน์ LOQ ด้วยการ Spiked sample ที่ความเข้มข้น 0.076 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลงใน Sample blank ซึ่งมีค่า 0.026 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้ค่า %Recovery เท่ากับ 105.26 % ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (เกณฑ์การยอมรับ 80 - 110 %) และได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.38 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (เกณฑ์การยอมรับ HorRat < 2)

5. การศึกษา Ruggedness พบว่าผลการวิเคราะห์จากการสกัดตัวอย่างพืชโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และไม่ให้ความร้อน โดยวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะค่า $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ ($t_{\text{exp}} = 0.79$, $t_{\text{crit}} = 2.31$)

สรุปผลการทดลอง

พัฒนาขั้นตอนการสกัดตัวอย่างพืชด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง เป็นวิธีการสกัดตัวอย่างด้วยกระดาดากรองเบอร์ 1 และศึกษาผลการรบกวนของ NH₄⁺ N จากการเติมสาร Diammonium hydrogen phosphate ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และไม่พบการรบกวนของ NH₄⁺ N ต่อการวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid พบว่า Range และ Linearity อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0-2.00 และ 0-1.25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า r เท่ากับ 0.9994 และ 0.9998 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ คือ $r > 0.995$ ผลการตรวจสอบ Precision และ Accuracy ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง และ สูง ได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.42, 0.36 และ 0.29 ตามลำดับ พบว่า ค่า HorRat < 2 ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับ และได้ค่า %Recovery ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง และสูง เท่ากับ 108.00, 104.40 และ 99.87 % ตามลำดับ พบว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับซึ่งอยู่ในช่วง 80 - 110 % ได้ค่า LOD เท่ากับ 0.041 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ LOQ เท่ากับ 0.106 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการทดสอบ Ruggedness จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ t-test พบว่า เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิการสกัดตัวอย่างพืชจากเดิมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เปลี่ยนเป็นไม่ให้ความร้อน โดยวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผลของทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า วิธีวิเคราะห์ไนเตรทในพืชด้วยวิธี Salicylic acid เป็นวิธีที่เหมาะสม แม่นยำ น่าเชื่อถือ และยอมรับได้

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

การวิเคราะห์ไนเตรทในพืช ตามวิธี Salicylic acid สามารถนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์หัตถ์พืช วัตถุเคมี การเกษตร และนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี เพราะเป็นวิธีที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี และเป็นวิธีที่แม่นยำ น่าเชื่อถือ และยอมรับได้

เอกสารอ้างอิง

กรรณิกา จำเริญ. 2555. ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (*Green oak*). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร.

ศุภลักษณ์ สิงหนุต. 2549. โรคขาดธาตุอาหารของพืช. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.

AOAC. 2016. Official Method of Analysis of AOAC International 20th Edition. Washington, DC., USA. p.1-7

Catado DA., M. Haroon, L.E.Schrader and V.L.Youngs. 1975. *Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid*. *Comun. Soil Sci. Plant Anal.* 6(1): 71-80

การได้รับการรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบธาตุอาหารรองในปุ๋ยเคมี
ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025
Chemical Fertilizer Laboratory of Secondary Macronutrients
Accreditation in accordance with ISO/IEC 17025

พงศ์พิศ แก้วสุข ชญาพร คงนาม จีรรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ จริยา วงศ์ตรี สงกรานต์ มะลิฮอน รัตนารักษ์ คชวงศ์
ศุภากร ดวนใหญ่ ชุติมา วงษ์ไพศาล อุษาวดี นุ่มมิตร วรรณรัตน์ ชุตินบุตร

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาห้องปฏิบัติการเพื่อขอรับการรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบธาตุอาหารรองในปุ๋ยเคมี ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 : 2005 ดำเนินการระหว่าง พ.ศ. 2558 - 2560 จัดทำ และดำเนินการตามระบบคุณภาพของมาตรฐาน พร้อมทั้งรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องยื่นขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการต่อสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในขอบข่ายรายการทดสอบกำมะถันทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ช่วงของการทดสอบ 0.02- 30.0 กรัมต่อ 100 กรัม โดยผ่านการประเมิน และได้รับการรับรอง เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2559 จากนั้นยื่นคำขอต่ออายุพร้อมกับขยายขอบข่ายรายการทดสอบแคลเซียมออกไซด์ ในปุ๋ยเคมี ช่วงของการทดสอบ 0.02 - 51.8 กรัมต่อ 100 กรัม และรายการทดสอบแมกนีเซียมออกไซด์ในปุ๋ยเคมี ช่วงของการทดสอบ 0.02 - 81.0 กรัมต่อ 100 กรัม โดยผ่านการประเมิน และได้รับการรับรอง เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2560 ซึ่งกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ทำให้สามารถพัฒนาศักยภาพการวิเคราะห์ของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเป็นที่ยอมรับในด้านทักษะ ความสามารถ สร้างความเชื่อมั่นด้านการตรวจวิเคราะห์ และควบคุมคุณภาพปุ๋ย ห้องปฏิบัติการมีมาตรฐานสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ และเป็นห้องปฏิบัติการต้นแบบสำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองในปุ๋ยเคมี

คำสำคัญ : ISO/IEC 17025 แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถัน

คำนำ

ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเกี่ยวกับปุ๋ยที่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขึ้นทะเบียนตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554 กำหนดให้ผู้รับใบอนุญาตผลิตปุ๋ยเคมีเพื่อการค้า หรือใบอนุญาตนำเข้าปุ๋ย ที่ประสงค์จะผลิต หรือนำเข้าซึ่งปุ๋ยเคมีธาตุอาหารรอง ต้องนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ เพื่อใช้รายงานผลการวิเคราะห์ปุ๋ยมาประกอบการออกหนังสือสำคัญรับแจ้ง จากสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เสียก่อนจึงจะผลิต หรือนำเข้าปุ๋ยเคมีธาตุอาหารรองได้ ถ้าปุ๋ยนั้นประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม กำหนดให้ผู้รับใบอนุญาตผลิตปุ๋ยเคมีเพื่อการค้า หรือผู้รับใบอนุญาตนำเข้าปุ๋ย ต้องนำปุ๋ยเคมีชนิดนั้นมาวิเคราะห์ เพื่อใช้รายงานผลการวิเคราะห์ปุ๋ยมาประกอบการออกใบสำคัญการขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมี จากสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เป็นไปตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง การขอขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญการขึ้นทะเบียน การขอแก้ไขรายการทะเบียน หรือการแก้ไขรายการทะเบียนปุ๋ยเคมี ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2551 จึงเป็นภารกิจหน้าที่ของกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ในการให้บริการวิเคราะห์ปุ๋ย เพื่อใช้ผลวิเคราะห์สำหรับเป็นหลักฐานประกอบการขึ้นทะเบียน หรือออกหนังสือสำคัญรับแจ้ง ซึ่งผลการวิเคราะห์ตรวจสอบจะต้องมีความถูกต้อง แม่นยำ ได้มาตรฐาน สามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานอ้างอิงได้ตามหลักสากล และผู้ขอรับบริการมีความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ ส่งผลให้เกษตรกรได้ใช้ปุ๋ยที่มีคุณภาพ ดังนั้น เพื่อเป็นการยกระดับมาตรฐานห้องปฏิบัติการเทียบเท่ามาตรฐานสากล จึงจำเป็นต้องได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 (ISO : international organization for standardization, IEC : international electrotechnical commission)

วิธีดำเนินการ

1. คู่มือคุณภาพ (quality manual, QM) จัดทำเอกสารนำเสนอต่อผู้บริหารสูงสุด อนุมัติด้านนโยบาย
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน (quality procedure, QP) จัดทำเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานตามข้อกำหนด
3. บุคลากร (personal) ฝึกอบรมบุคลากรให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกำหนด ISO/IEC 17025 รวมทั้งประเมินความสามารถในการใช้เครื่องมือเฉพาะที่ดำเนินการทดสอบ จากนั้นมอบหมายงานแก่บุคลากรที่ทำการทดสอบ
4. เตรียมสถานที่ เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ เคมีภัณฑ์
 - 4.1 ห้องเครื่องชั่ง ห้องเครื่องมือวิทยาศาสตร์ มีการควบคุมการเข้า-ออก การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
 - 4.2 สอบเทียบเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เครื่องแก้วที่ปริมาตรมีผลต่อการทดสอบ
 - 4.3 ทำการตรวจสอบเคมีภัณฑ์ ก่อนการใช้งาน และติดป้ายบ่งชี้
5. วิธีปฏิบัติงาน (work instruction, WI) จัดทำวิธีปฏิบัติงาน ได้แก่ ขั้นตอนการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องมือ การล้างเครื่องแก้ว การตรวจสอบสารเคมี
6. วิธีทดสอบ (test method) จัดทำวิธีทดสอบแคลเซียมทั้งหมด แมกนีเซียมทั้งหมด กำมะถันทั้งหมด โดยเครื่อง ICP-OES
7. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (method validation)
 - 7.1 หาช่วงใช้งาน และพิสูจน์ความเป็นเส้นตรง (working range and linearity) ของกราฟมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ครอบคลุมช่วง 1-250, 1-100 และ 1-250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จำนวนธาตุละ 6 ความเข้มข้น จากนั้นหาค่า correlation coefficient (r)
 - 7.2 เปรียบเทียบความชัน matrix effect ของกราฟมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ครอบคลุมช่วงความเข้มข้น 1-250, 1-100 และ 1-250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
 - 7.3 หาค่า LOD (limit of detection) และ LOQ (limit of quantification) ของแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - 7.4 พิสูจน์ความถูกต้อง (trueness) และความเที่ยง (precision) ที่ระดับ LOQ ของแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด (ทำการทดสอบ 10 ซ้ำแบบต่างวัน) แล้วบันทึกผล
 - 7.5 พิสูจน์ความถูกต้อง และความเที่ยง ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ของแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด (ทำการทดสอบ 10 ซ้ำแบบต่างวัน) แล้วบันทึกผล
 - 7.6 การพิสูจน์ความถูกต้อง และความเที่ยง ในตัวอย่างปฏิกิริยามีลักษณะของเนื้อสารแตกต่างกันที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ของแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด (ทำการทดสอบ 10 ซ้ำแบบต่างวัน) แล้วบันทึกผล
8. การประมาณค่าความไม่แน่นอน (uncertainty) รวบรวมแหล่งที่มาของความไม่แน่นอน ได้แก่ calibration curve, dilution factor, instrument, bias, precision, weight sample, concentration และ atomic factor แล้วคำนวณรวมความไม่แน่นอนจากทุกแหล่ง (combined)
9. ควบคุมคุณภาพภายใน (internal quality control, IQC)
 - สร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) อย่างน้อย 6 ระดับความเข้มข้น
 - วิเคราะห์ method blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง
 - ปรับเปลี่ยนความชัน (reslope) ทุกๆ 10 ตัวอย่าง
 - วัดสารละลายมาตรฐาน continuing calibration standard (CCS) ทุกๆ 10 ตัวอย่าง
 - วัดสารละลายมาตรฐาน calibration verification standard (CVS) ทุกๆ 10 ตัวอย่าง
 - วิเคราะห์ 2 ซ้ำ (duplicate analysis) อย่างน้อย 5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างต่อ 1 ชุดการทดสอบ
 - วัดสารมาตรฐานอ้างอิง (certified reference material, CRM) อย่างน้อย 1 ครั้งต่อ 1 ชุดการทดสอบ
 - วัดตัวอย่างที่เติมสารที่ทราบค่า (matrix spiked sample) วิเคราะห์อย่างน้อย 1 ครั้งต่อ 1 ชุดการทดสอบ
 - วิเคราะห์ CVS ที่ระดับความเข้มข้น 1, 100, 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุกๆ 6 เดือน
- 10 การควบคุมบันทึก (control of records) จัดทำรวบรวมและรักษาไว้ซึ่งบันทึกต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลที่วิเคราะห์ บันทึกการสอบเทียบ แบบฟอร์มต่างๆ

11. แผนภูมิควบคุม (control chart) วิเคราะห์วัสดุควบคุมภายใน (IQC) เพื่อจัดทำแผนภูมิควบคุมคุณภาพ (control chart)
12. กิจกรรมทดสอบความชำนาญ (proficiency testing, PT) หรือเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ เข้าร่วมกิจกรรมเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ
13. ตรวจสอบคุณภาพภายใน (internal audit) ผู้ตรวจติดตาม (auditor) ดำเนินการตรวจติดตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดปีละ 1 ครั้งทั้งด้านการบริหาร ด้านวิชาการ รวมถึงการเฝ้าดูกระบวนการทดสอบ หากพบข้อบกพร่อง หรือข้อสังเกต ผู้รับการตรวจติดตาม (auditee) ต้องดำเนินการแก้ไขสิ่งที่ตรวจพบให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด
14. ทบทวนระบบคุณภาพ (management reviews) จัดประชุมทบทวนระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการทุกๆ 1 ปี
15. ยื่นขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ จัดส่งเอกสารระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ และเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ให้กับหน่วยรับรองกรมวิทยาศาสตร์บริการ
16. ตรวจสอบคุณภาพภายนอก (external audit) กรมวิทยาศาสตร์บริการ ตรวจสอบเอกสารและจัดส่งเจ้าหน้าที่ผู้ประเมิน ตรวจสอบการปฏิบัติงานจริง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คู่มือคุณภาพ เอกสารคู่มือคุณภาพแบ่งเป็น 5 หมวด ได้แก่ ขอบข่าย เอกสารอ้างอิง คำจำกัดความ ด้านระบบคุณภาพ 15 หัวข้อ ด้านวิชาการ 10 หัวข้อ
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน เอกสารขั้นตอนการดำเนินงาน มีเอกสารทั้งหมด 23 หมายเลข จัดทำขึ้นเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน
3. บุคลากร เจ้าหน้าที่ทดสอบธาตุอาหารรองในปุ๋ยเคมี จำนวน 3 คน ผ่านการฝึกอบรมมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 และผ่านการประเมินการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ และวิธีทดสอบที่กำหนดไว้ในการควบคุมคุณภาพทุก 1 ปี
4. การเตรียมสถานที่ เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ เคมีภัณฑ์
 - 4.1 ห้องเครื่องชั่ง ห้องเครื่องมือวิทยาศาสตร์ กำหนดอุณหภูมิ ที่ 25 ± 5 องศาเซลเซียส และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 20 และมีการบันทึกเวลาการเข้า-ออก ของบุคคลภายนอกไว้อย่างครบถ้วน
 - 4.2 เครื่องชั่ง เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น เครื่องแก้วที่ปริมาตรมีผลต่อการทดสอบ ผ่านเกณฑ์การสอบเทียบจากหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง ส่วนเครื่อง ICP-OES จำนวน 2 เครื่อง ตรวจสอบเช็ค และบำรุงรักษา ค่าที่ได้ผ่านตามเกณฑ์คู่มือการใช้งานของเครื่องมือ
 - 4.3 ผลการตรวจสอบสารเคมี สารละลายมาตรฐาน พบว่าผ่านตามเกณฑ์การทดสอบที่ระบุไว้ในวิธีปฏิบัติงาน
5. วิธีปฏิบัติงาน เอกสารวิธีปฏิบัติงานเครื่องมือ ขั้นตอนวิธีการทดสอบ ตรวจสอบ มียุ่พร้อมใช้งาน และเป็นฉบับปัจจุบัน เพื่อให้เจ้าหน้าที่มั่นใจต่อการปฏิบัติงาน ให้เกิดประสิทธิผลตามหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติของห้องปฏิบัติการ
6. วิธีทดสอบ วิธีในการปฏิบัติการทดสอบเหมาะสมเป็นที่ยอมรับ และมีข้อมูลถูกต้องเพียงพอ เขียนไว้ในลักษณะที่เจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินการในห้องปฏิบัติการสามารถปฏิบัติได้ตามที่จัดพิมพ์
7. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ
 - 7.1 ช่วงใช้งาน และพิสูจน์ความเป็นเส้นตรง ของกราฟมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ครอบคลุมช่วง 1-250 1-100 และ 1-250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับมีค่า r เท่ากับ 0.99995 0.99993 และ 0.99985 ตามลำดับ
 - 7.2 เปรียบเทียบความชันการทำ matrix effect ของกราฟมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ครอบคลุมช่วงความเข้มข้น 1-250, 1-100 และ 1-250 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างที่ %RPD เท่ากับ 0.41, 0.71 และ 0.45 ตามลำดับ
 - 7.3 การหาค่า LOD ของแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 0.0068, 0.0025 และ 0.0036 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการประมาณค่า LOQ มีค่าเท่ากับ 0.0118, 0.0074 และ 0.0127 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
 - 7.4 พิสูจน์ความถูกต้อง และความเที่ยง ที่ระดับ LOQ ของแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด ผ่านเกณฑ์การยอมรับตาม AOAC (2016) ที่ %recovery 90-107 และมีค่า HorRat น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.3 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Table 1)

7.5 การพิสูจน์ความถูกต้อง และความเที่ยงที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ของแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด ผ่านเกณฑ์การยอมรับตาม AOAC (2016) ที่ %recovery 98-102 และมีค่า HorRat น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.3 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Table 1)

7.6 การพิสูจน์ความถูกต้อง และความเที่ยง ในตัวอย่างปุ๋ยที่มีลักษณะของเนื้อสารที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ของ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด ผ่านเกณฑ์การยอมรับตาม AOAC (2016) ที่ %recovery 98-102 และมีค่า HorRat น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.3 แสดงว่าผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Table 1)

8. การประมาณค่าความไม่แน่นอน ความไม่แน่นอนของแคลเซียมออกไซด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง มีค่าเท่ากับ 3.2 ± 0.1 , 32.2 ± 0.8 และ 52.0 ± 1.4 ตามลำดับ แมกนีเซียมออกไซด์ มีค่าเท่ากับ 3.0 ± 0.2 , 21.2 ± 0.4 และ 81.7 ± 1.6 ตามลำดับ และกำมะถันทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 0.73 ± 0.16 , 18.1 ± 0.5 และ 30.2 ± 0.7 ตามลำดับ

9. ควบคุมคุณภาพภายใน

- กราฟมาตรฐาน มีค่า correlation coefficient มากกว่า 0.995
- วิเคราะห์ method blank มีค่าน้อยกว่า LOD
- ความชันของ reslope แตกต่างจาก calibration curve ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์
- ค่า CCS วัดได้ไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์ ของค่าจริง
- ค่า CVS วัดได้ไม่เกิน ± 10 เปอร์เซ็นต์ ของค่าจริง
- การทำ duplicate analysis ผ่านเกณฑ์การพิจารณา relative percent difference (%RPD)
- การวัด CRM ผ่านเกณฑ์การยอมรับในช่วง 95-105 %recovery
- การวัด matrix spiked sample ผ่านเกณฑ์การยอมรับในช่วง 90-110 %recovery
- การวิเคราะห์ CVS ที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟได้

10. การควบคุมบันทึก รวบรวมและรักษาไว้ซึ่งบันทึกทั้งหมดจำนวน 74 เรื่อง แบ่งเป็น แบบบันทึก 57 เรื่อง สมุดบันทึก 17 เรื่อง

11. แผนภูมิควบคุม ข้อมูลได้รับการบันทึกไว้ในลักษณะที่สามารถตรวจสอบแนวโน้มได้ โดยใช้วิธีทางสถิติในการทบทวน ผลต่างๆ เพื่อเฝ้าระวังความใช้ได้ของผลทดสอบ

12. กิจกรรมทดสอบความชำนาญ หรือเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ กำมะถันทั้งหมด ได้ค่า Z-score เท่ากับ 0.67, 0.50 และ 1.40 ตามลำดับ ซึ่ง $|Z| \leq 2$ แสดงว่า ผลการวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับ (acceptable result) ตามเอกสารรายงานสรุปผลการทดสอบกิจกรรมเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 9

13. ตรวจสอบติดตามคุณภาพภายใน ผลการตรวจติดตามคุณภาพภายใน ครั้งที่ 1/2558 พบข้อบกพร่อง 2 ข้อ ข้อสังเกต 4 ข้อ และครั้งที่ 1/2559 พบข้อบกพร่อง 2 ข้อ ซึ่งได้แก้ไขเสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนด

14. ทบทวนระบบคุณภาพ ยังคงนโยบายคุณภาพและขั้นตอนการดำเนินงาน มีความมุ่งมั่นในการปฏิบัติงานอย่างมืออาชีพที่ดี

15. ยื่นขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ เอกสารระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ ครบถ้วน ตามที่หน่วยรับรองกรมวิทยาศาสตร์บริการ ร้องขอ

16. ตรวจสอบติดตามคุณภาพภายนอก ผลการตรวจติดตามคุณภาพภายนอก ครั้งที่ 1/2558 ไม่พบข้อบกพร่อง และครั้งที่ 1/2559 พบข้อสังเกต 2 ข้อ ซึ่งได้แก้ไขเสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนด

สรุปผลการทดลอง

ห้องปฏิบัติการได้ดำเนินการ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 : 2005 โดยยื่นขอรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ ในขอบข่ายการทดสอบกำมะถันทั้งหมดในปุ๋ยเคมี ช่วงของการทดสอบ 0.02 – 30.0 กรัม ต่อ 100 กรัม ซึ่งผ่านการประเมิน และได้รับการรับรอง เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2559 ส่วนขอบข่ายการทดสอบแคลเซียมออกไซด์ในปุ๋ยเคมี ช่วงของการทดสอบ 0.02 – 51.8 กรัม ต่อ 100 กรัม และรายการทดสอบแมกนีเซียมออกไซด์ในปุ๋ยเคมี ช่วงของการทดสอบ 0.02 – 81.0 กรัมต่อ 100 กรัม ผ่านการประเมิน และได้รับการรับรอง เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2560 หมายเลขการรับรองระบบงานที่ทดสอบ – 0028 อายุการรับรอง 3 ปี โดยห้องปฏิบัติการจะถูกตรวจติดตามปีละ 1 ครั้ง และถูกประเมินใหม่ทุก 3 ปี

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ได้รับการรับรองห้องปฏิบัติการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพธาตุอาหารรองในปุ๋ยเคมี ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ทำให้สามารถพัฒนาศักยภาพการวิเคราะห์ของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการให้เป็นที่ยอมรับในด้าน ทักษะ ความสามารถ สร้างความเชื่อมั่นด้านผลการตรวจวิเคราะห์ และควบคุมคุณภาพปุ๋ย ห้องปฏิบัติการมีมาตรฐานสามารถ ตรวจสอบย้อนกลับได้
2. เป็นห้องปฏิบัติการต้นแบบสำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองในปุ๋ยเคมี ในการให้คำแนะนำ สวพ.ทั้ง 8 แห่ง และการถ่าย โอนภารกิจให้กับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย

Table 1 Trueness and precision for calcium oxide magnesium oxide and sulfur

testing	10 replicate	CRM				CRM matrix spiked sample		
		low	middle	high	LOQ	low	middle	high
CaO	mean	3.22	30.10	52.36	0.0154	3.22	30.15	51.95
	SD	0.03	0.28	0.56	0.0012	0.02	0.43	0.51
	% recovery	101.87	100.50	101.07	106.81	101.87	100.66	100.29
	HorRat	0.24	0.28	0.49	1.01	0.20	0.42	0.45
MgO	mean	3.01	21.17	81.69	0.0142	2.99	21.16	81.68
	SD	0.04	0.20	0.67	0.0003	0.01	0.27	0.64
	% recovery	101.48	100.65	100.81	104.49	100.81	100.63	100.80
	HorRat	0.36	0.38	0.39	0.25	0.11	0.51	0.38
S	mean	0.73	18.11	29.79	0.0213	0.73	18.12	30.23
	SD	0.01	0.16	0.44	0.0012	0.01	0.20	0.55
	% recovery	99.06	101.80	99.19	96.38	99.06	101.85	100.66
	HorRat	0.52	0.53	0.93	1.20	0.53	0.64	1.15

เอกสารอ้างอิง

- ฝ่ายมาตรฐานวิธียาเคมีและชีวภาพ.2554. *Analytical Method Validation*. การอบรมเชิงปฏิบัติการ. ณ ห้อง 2-320 อาคารผดุงมาตร. สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ, 28-29 มีนาคม 2554.
- วันดี สือสายวงศ์. 2557. *การจัดทำ calibration curve และ quality control chart*. การอบรม. ณ อาคารสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรุงเทพฯ, 28 สิงหาคม 2557
- Ellison, SLR. and Williams, A. 2012. Eurachem/CITAC Guide CG 4 Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. 3 Ed. UK
- ISO/IEC 17025:2005. 2005. General Requirements for the Competence of Calibration and Testing Laboratories. ISO, Geneva.
- Latimer, G.W. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th Ed. AOAC International Gaithersburg, Maryland. USA.
- Magnusson, B., and Ornemark, U. 2014. Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods-A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. 2nd Ed. ISBN 978-91-87461-59-0. Available from: <http://www.eurachem.org>.

ศึกษาผลของปริมาณยูเรียต่อค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน

โดยวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ในปุ๋ยเคมี

Study on Effect of Urea on Ammonium Nitrogen Content

By Magnesium Oxide Method in Chemical Fertilizers

ทองจันทร์ พิมพ์เพชร วรรณรัตน์ ชุตติบุตร อาธิยา ปุ่นประโคน

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ผลของปริมาณยูเรียต่อค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน โดยวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ในปุ๋ยเคมี เป็นการศึกษาผลกระทบของปริมาณยูเรียต่อค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน เพื่อนำไปหาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนขั้นต่ำในปุ๋ยเคมีที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบ และยังคงให้ผลการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนตามวิธีแมกนีเซียมออกไซด์อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเกณฑ์ของปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนขั้นต่ำในการขึ้นทะเบียนปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้า โดยวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนตามวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ในตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้าที่ส่วนผสมของแอมโมเนียมไนโตรเจนและยูเรียไนโตรเจนในอัตราส่วน 0:1, 0.1:1, 0.3:1, 0.4:1, 0.7:1 และ 1:1 แล้วนำผลวิเคราะห์ที่ได้ไปคำนวณหาความคลาดเคลื่อนจากค่าจริง และนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คลาดเคลื่อนไนโตรเจนทั้งหมดตามที่ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์กำหนด จากการทดลอง พบว่า ปุ๋ยที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบจะทำให้ผลวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนมีความถูกต้องน้อยลง โดยปริมาณปุ๋ยยูเรียที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความแตกต่างระหว่างค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้กับค่าจริงเพิ่มขึ้นในเชิงบวก สำหรับปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนขั้นต่ำในปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้าที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบ และให้ผลการวิเคราะห์ตามวิธีแมกนีเซียมออกไซด์อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ สูตร 20-0-0, 25-0-0 และ 30-0-0 เท่ากับ 8%, 10% และ 15% ตามลำดับ

คำสำคัญ : แอมโมเนียมไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน ปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้า วิธีแมกนีเซียมออกไซด์ ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

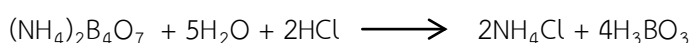
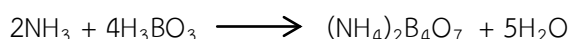
คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้ามากขึ้น โดยการนำปุ๋ยยูเรียปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และสารตัวเติม มาผสมกันแบบคลุกเคล้า ปุ๋ยดังกล่าวเมื่อนำไปขอขึ้นทะเบียน และออกใบสำคัญการขึ้นทะเบียน กับสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จะต้องแจ้งผลการวิเคราะห์ของไนโตรเจนในรูปยูเรียไนโตรเจน และแอมโมเนียมไนโตรเจนด้วย เพื่อเป็นการป้องกันการเอาเปรียบเกษตรกรจากการนำปุ๋ยยูเรียมาลดสูตรโดยการผสมปุ๋ยยูเรียกับสารตัวเติมเพียงอย่างเดียว แต่หากนำปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมาผสมกัน จะทำให้ปุ๋ยนั้นแตกต่างจากปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวเนื่องจากความแตกต่างกันของคุณสมบัติของปุ๋ยทั้งสองชนิดจึงไม่ถือเป็นการลดสูตรปุ๋ย อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในปริมาณมากจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ซึ่งจากข้อมูลปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2560 มีการนำเข้าปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปริมาณ 2,466,887 ตัน มูลค่า 20,467 ล้านบาท และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ปริมาณ 207,092 ตัน มูลค่า 927 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) เมื่อคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบของปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้าสูตร 20-0-0 พบว่า หากใช้ปุ๋ยยูเรียผสมกับสารตัวเติม จะมีต้นทุนเท่ากับ 3.65 บาท/กิโลกรัม แต่เมื่อใช้แอมโมเนียมซัลเฟตผสมกับสารตัวเติม จะมีต้นทุนเท่ากับ 4.32 บาท/กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าต้นทุนการผลิตเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยวแบบคลุกเคล้าจากแอมโมเนียมซัลเฟตมีค่าสูงกว่าต้นทุนการผลิตจากยูเรีย ประกอบกับยังไม่มีข้อกำหนดเกณฑ์ปริมาณขั้นต่ำของค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมซัลเฟต

และยูเรียในปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้า จึงมีผู้ประกอบการบางรายผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต เพียงปริมาณเล็กน้อยลงในปุ๋ยยูเรียเพียงเพื่อให้สามารถขึ้นทะเบียนได้เท่านั้น

แอมโมเนียมไนโตรเจน คือ ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์อยู่ในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) (ยงยุทธ, 2556) ที่มีประจุบวก (Cation) ซึ่งพืชสามารถดูดไปใช้ได้ทันที

วิธีแมกนีเซียมออกไซด์ เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559 ใช้เทคนิคการกลั่นตัวอย่างด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ ได้ก๊าซแอมโมเนียซึ่งถูกดักจับด้วยกรดบอริก ได้สารละลายแอมโมเนียมเตตระบอเรต และไทเทรตสารละลายที่ได้ด้วยกรดเกลือมาตรฐานเพื่อนำปริมาตรที่ได้มาคำนวณปริมาณไนโตรเจน ดังปฏิกิริยา



วิธีนี้ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ที่ไม่มีไนโตรเจนที่ย่อยสลายได้ง่ายเมื่อให้ความร้อน เช่น ยูเรีย แคลเซียมไซยาไนด์ เป็นส่วนประกอบ (OMAF, 1987 และ AOAC, 2016) การนำวิธีวิเคราะห์ดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์ตัวอย่างที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบ อาจทำให้ผลการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนคลาดเคลื่อนจากค่าจริงได้

อย่างไรก็ตาม หากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนและยูเรียไนโตรเจนอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม จะทำให้ผลวิเคราะห์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของยูเรียที่มีต่อผลวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน และศึกษาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนขั้นต่ำในปุ๋ยเคมีที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบ ที่ยังคงให้ผลการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนตามวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเกณฑ์ของปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนขั้นต่ำสำหรับผลิตปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้า

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยและกลั่นไนโตรเจน
2. เครื่องแก้ว และวัสดุวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์
3. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน
4. ตัวอย่างปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และสารตัวเติม

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้าสูตร 20-0-0, 25-0-0 และ 30-0-0 โดยนำปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และสารตัวเติม มาผสมแบบคลุกเคล้าให้เข้ากัน ให้มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน และยูเรียไนโตรเจน เท่ากับ 0:1, 0.1:1, 0.3:1, 0.4:1, 0.7:1 และ 1:1 ตามลำดับ

2. วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน โดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559 วิธีทดสอบ 1.05.02 และ 1.06.01 ตามลำดับ

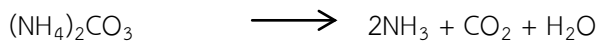
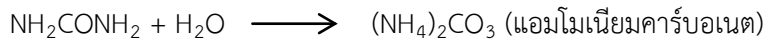
3. คำนวณร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ (Relative Percentage Difference : RPD (%)) ร้อยละความถูกต้อง (%Accuracy) ร้อยละความคลาดเคลื่อน (%Error) และความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Absolute Error) ของค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน

4. นำผลที่ได้มาพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณยูเรียและผลวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนของปุ๋ยแต่ละสูตร และประเมินการยอมรับผลการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน โดยเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ที่ได้กับเกณฑ์คลาดเคลื่อนของไนโตรเจน ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมีตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2552 ซึ่งค่าที่ได้จะต้องต่ำกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์คลาดเคลื่อนตามประกาศกระทรวงฯ

ผลการทดลองและวิจารณ์

ศึกษาผลของยูเรียที่มีต่อผลวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน

จากการทดลองพบว่า เมื่อผสมปุ๋ยโดยเพิ่มปริมาณปุ๋ยยูเรียต่อปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต จะทำให้ค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยวิธีการกลั่นด้วยแมกนีเซียมออกไซด์มีความถูกต้องของแอมโมเนียมไนโตรเจนลดลง (Figure 1) และมีค่าความแตกต่างระหว่างผลวิเคราะห์ที่ได้กับค่าจริงเพิ่มขึ้นในเชิงบวก (Figure 2) ทั้งนี้เนื่องจากยูเรียเป็นสารที่ละลายน้ำง่าย (ยงยุทธ และคณะ, 2556) เมื่อละลายน้ำจะแตกตัว ให้แอมโมเนียมคาร์บอเนตซึ่งเป็นเกลือที่ไม่มีเสถียรภาพ จึงสลายตัวได้แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ดังปฏิกิริยา



เมื่อนำปุ๋ยที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ตามวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ โดยนำตัวอย่างไปละลายน้ำ ต้มให้ร้อนด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ จะทำให้ยูเรียบางส่วนสลายตัวเป็นแอมโมเนีย และถูกดักจับด้วยกรดบอริก ทำให้ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าค่าจริง

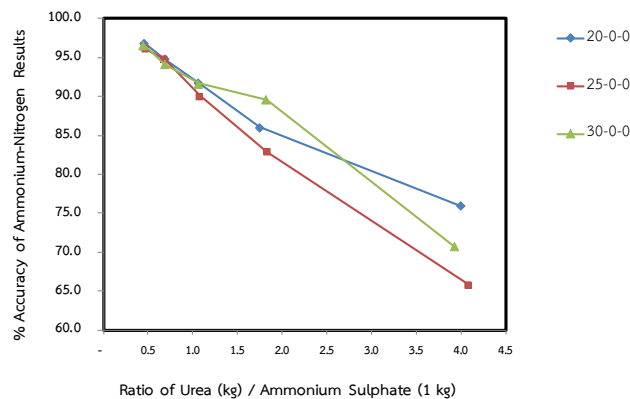


Figure 1 Relationship between the ratio of urea (kg) : ammonium sulphate (1 kg) and accuracy of ammonium Nitrogen (%)

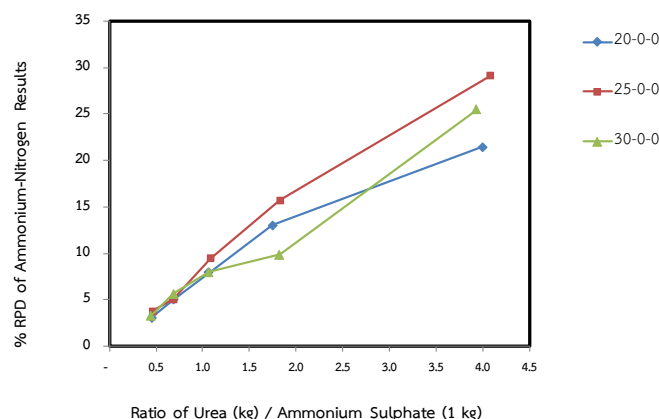


Figure 2 Relationship between the ratio of urea (kg) : ammonium sulphate (1 kg) and relative percentage difference of ammonium nitrogen (%)

ศึกษาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนขั้นต่ำในปุ๋ยเคมีที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบ ที่มีผลการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ

เมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ของค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน กับเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปุ๋ยไนโตรเจนเชิงเดี่ยว ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมี ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2552 พบว่าปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้า สูตร 20-0-0 และสูตร 25-0-0 ที่มีปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนต่อยูเรียไนโตรเจน เท่ากับ 0.7 : 1 และ 1:1 และปุ๋ยสูตร 30-0-0 ที่มียูเรียไนโตรเจนต่อแอมโมเนียมไนโตรเจน 1:1 มีผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ (Table1) แสดงว่าปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่มีความเหมาะสมในการนำไปกำหนดเกณฑ์สำหรับปริมาณขั้นต่ำปุ๋ยไนโตรเจนเชิงเดี่ยวแบบคลุกเคล้าสูตร 20-0-0, 25-0-0 และ 30-0-0 เท่ากับ 8%, 10% และ 15% ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

ปุ๋ยที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบจะทำให้ค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนมีความถูกต้องน้อยลง โดยปริมาณปุ๋ยยูเรียที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และมีค่าความแตกต่างระหว่างค่าวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้กับค่าจริงเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนขั้นต่ำในปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้าที่มียูเรียเป็นส่วนประกอบ และให้ผลการวิเคราะห์ตามวิธีแมกนีเซียมออกไซด์อยู่ในเกณฑ์การยอมรับในสูตร 20-0-0, 25-0-0 และ 30-0-0 เท่ากับ 8%, 10% และ 15% ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ได้ข้อมูลสำหรับใช้ในการกำหนดเกณฑ์ของปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนขั้นต่ำในการขึ้นทะเบียนปุ๋ยเชิงเดี่ยวไนโตรเจนแบบคลุกเคล้า และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบของไนโตรเจนในรูปต่างๆ (Fraction-Nitrogen) เพื่อหาค่า Factor ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณองค์ประกอบของไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการต่อไป

Table 1 Compared Absolute Error of Ammonium Nitrogen in Chemical Fertilizer with Accepted Error and Evaluated

Grade	Ammonium-N : Urea-N Ratio	% AN Theoretical	% AN Experimental	Absolute Error	Accepted Error*	Accept/ Reject**
20-0-0	0.0 : 1	-	0.9	0.9	-	-
	0.1 : 1	2.1	2.6	0.5	0.4	Reject
	0.3 : 1	4.2	4.8	0.6	0.4	Reject
	0.4 : 1	6.2	6.7	0.5	0.4	Reject
	0.7 : 1	8.3	8.7	0.4	0.5	Accept
	1.0 : 1	10.2	10.5	0.3	0.5	Accept
25-0-0	0.0 : 1	-	0.8	0.8	-	-
	0.1 : 1	2.6	3.4	0.9	0.4	Reject
	0.3 : 1	5.1	6.0	0.9	0.4	Reject
	0.4 : 1	7.6	8.4	0.8	0.5	Reject
	0.7 : 1	10.2	10.7	0.5	0.5	Accept
	1.0 : 1	12.7	13.2	0.5	0.5	Accept
30-0-0	0.0 : 1	-	0.9	0.9	-	-
	0.1 : 1	3.2	4.1	0.9	0.4	Reject
	0.3 : 1	6.2	6.8	0.6	0.4	Reject
	0.4 : 1	9.1	9.9	0.8	0.5	Reject
	0.7 : 1	12.3	13.0	0.7	0.5	Reject
	1.0 : 1	14.6	15.1	0.5	0.5	Accept

Remark : * Notification of Ministry of agriculture and cooperatives Re: Determination of tolerances of Chemical Fertilizers analysis under the fertilizer act B.E. 2518 amended by fertilizer act (no.2) B.E. 2550 B.E. 2552

** Accept means Absolute Error is equal or less than Accepted Error

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมี ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2552. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 63 ง 29 เมษายน 2552
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี พ.ศ. 2559. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 2 ง 4 มกราคม 2560
- ยงยุทธ โอสดสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2556. *ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 519 หน้า.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. *ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2555-2560*. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/Fertilizer_value49-54.html, 2 พฤษภาคม 2561.
- Association of Official Analytical Chemises (AOAC). 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International 20th ed. Gaithersburg Marry land, USA. Official Method 920.03. p.15
- Official Methods of Analysis of Fertilizers (OMAF). 1987. The National Institute of Agro-Environmental Sciences. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan. Official Method 4.1.2 p.10-11

ผลของปุ๋ยหมักเติมอากาศและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีต่อผลผลิต

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต้ม

Effect of Compost and Chemical Fertilizer Soil analysis to Yield

Muang Tam Waxy Corn

สรสเรณู เสียงใส^{1/} สรรเพชญ์ อัมพัฒน์^{1/} อุษฎา สุขจันทร์^{1/}
อรัญญ์ ชันดิยวิชัย^{1/} ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง^{2/}

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น^{1/}

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร^{2/}

บทคัดย่อ

ในการศึกษาผลของปุ๋ยหมักเติมอากาศและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต้ม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ย และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพด โดยศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักเติมอากาศต่อการเพิ่มศักยภาพของดินและลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดเฉพาะพื้นที่ วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัย การจัดการปุ๋ย มี 5 ระดับ ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยหมักเติมอากาศตามค่าวิเคราะห์ดิน (เฉพาะ N) 3) ใส่ปุ๋ยเคมี 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน 4) ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน+ปุ๋ยหมักเติมอากาศ 25 % (เฉพาะ N) ของอัตราธาตุอาหารที่ใส่ สุ่มเก็บตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพและเคมีของดินก่อนทำการทดลอง ไถเตรียมดิน 2 ครั้ง ไถพรวน 1 ครั้ง และปรับระดับพื้นที่ ให้แปลงย่อยขนาด 4.5x5.0 เมตร แปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักเติมอากาศและปุ๋ยเคมีก่อนทำการปลูกข้าวโพด ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต้ม ระยะปลูก 0.75x0.25 เมตร หยอด 2-3 เมล็ดต่อหลุม เมื่อข้าวโพดข้าวเหนียวอายุประมาณ 14 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยข้างแถวปลูกในอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี โดยด้านปุ๋ยเคมี แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวโพดข้าวเหนียวอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ทำการเก็บเกี่ยวฝักสดข้าวโพดข้าวเหนียวเมื่อมีอายุ 60-65 วัน หลังปลูกในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 3.0x3.5 เมตร พบว่า เมื่อดำเนินการหมักปุ๋ยที่เป็นระยะเวลา 60 วัน มีไนโตรเจนรวมร้อยละ 1.92 ตามลำดับ และมี C/N ratio ระหว่าง 12:1 ตามลำดับ กรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 100% ใส่ปุ๋ยเคมี 75% และใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักเติมอากาศ 25% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธี มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยหมักเติมอากาศเพียงอย่างเดียว โดยกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75% ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้องค์ประกอบผลผลิตสูงสุด น้ำหนักฝักรวมเปลือกสด 644 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักฝักสด 553 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวน 11,253 ฝักต่อไร่ และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักเติมอากาศ 25% ให้องค์ประกอบผลผลิตสูงสุด ได้แก่ น้ำหนักฝักรวมเปลือกสด 58.3 กรัมต่อฝัก น้ำหนักฝักสด 50.7 กรัมต่อฝัก

คำสำคัญ : ปุ๋ยหมักเติมอากาศ ปุ๋ยเคมี ค่าวิเคราะห์ดิน ข้าวโพดข้าวเหนียว

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรมมาตั้งแต่สมัยโบราณ ได้มีการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกพืชมาเป็นเวลานาน แต่ขาดการบำรุงปรับปรุง และดูแลรักษาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สมบัติของดินและศักยภาพในการให้ผลผลิตของดินต่ำลง ก่อให้เกิดการสูญเสียสมดุลธาตุอาหารพืชในดิน (กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา, 2546) ทั้งการระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ การดูดซับน้ำและแร่ธาตุอาหารพืช ส่วนการเจริญเติบโตของพืช ทั้งการเกาะยึดและการขนส่งของรากพืชลดลง ส่งผลให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มมากขึ้น และแพร่หลาย แต่ราคาปุ๋ยเคมีในปัจจุบันนั้นสูง เกิดการสูญเสียของธาตุอาหารไปจากดินง่าย หรือใช้ในอัตราที่เกินความต้องการของพืช จึงควรศึกษารูปแบบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และจัดการดินที่เหมาะสมร่วมกับปุ๋ยเคมี เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว หรือหันมาใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยหมัก ทำให้มีการสูญเสียปุ๋ยเคมีลดลง ส่งผลให้พืชใช้ธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพได้มากขึ้น ซึ่งปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนที่พืชได้รับ และปลดปล่อยไนโตรเจนที่ต่างกัน ปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้อย่างรวดเร็ว จึงมีโอกาสสูญเสียสูง ส่วนไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์อยู่ในรูปสารอินทรีย์ต้องผ่านการสลายตัวก่อน จึงจะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้ ดังนั้น ธาตุอาหารจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีโอกาสสูญเสียน้อย แต่มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี สำหรับปริมาณธาตุอาหารในแต่ละส่วนของข้าวโพด ในแต่ละฤดูปลูก จะติดไปกับผลผลิตเป็นเมล็ดและตอซังของข้าวโพดที่

นำออกไปจากพื้นที่ ปริมาณธาตุ N-P-K ที่ติดไปกับผลผลิตอยู่ระหว่าง 17.92 - 26.89 กิโลกรัม N ต่อไร่ 0.88 - 2.17 กิโลกรัม P ต่อไร่ และ 9.97 - 12.91 กิโลกรัม K ต่อไร่ ตามลำดับ (ศุภกาญจน์, ม.ป.ป.) สำหรับการจัดการดิน หากนำเศษซากพืชออกจากพื้นที่ จะทำให้ธาตุอาหารพืชสูญเสียไปจากพื้นที่เป็นปริมาณมากยิ่งขึ้น (Zublena, 1991)

ดังนั้น งานวิจัยและพัฒนาารูปแบบการจัดการดิน ปุ๋ย และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพด เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักเติมอากาศต่อการเพิ่มศักยภาพของดินและลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดเฉพาะพื้นที่ เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรได้มีเทคโนโลยีการจัดการดิน ปุ๋ย และได้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมในเนื้อดินกลุ่มดินร่วนปนทรายในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น จะสามารถรักษาศักยภาพ และความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตข้าวโพดต่อไปได้

วิธีการดำเนินการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์พื้นที่แปลงทดลอง ได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดิน เช่น จอบ เสียม ถุงพลาสติก ปากกาเคมี และกระดาษบันทึก
2. อุปกรณ์ในการจัดแปลงทดลองเปรียบเทียบผลของปุ๋ยหมักเติมอากาศ และปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีต่อผลผลิตข้าวโพด ข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต้ม ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต้ม ปุ๋ยเคมี เชือกฟาง และถุงตาข่ายเก็บผลผลิตฝักสด ข้าวโพดข้าวเหนียว

วิธีการ

1. วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย
ปัจจัย คือ การจัดการปุ๋ย มี 5 ระดับ ได้แก่
 - 1) ไม่ใส่ปุ๋ย
 - 2) ใส่ปุ๋ยหมักเติมอากาศตามค่าวิเคราะห์ดิน (เฉพาะ N)
 - 3) ใส่ปุ๋ยเคมี 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน
 - 4) ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน
 - 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน+ปุ๋ยหมักเติมอากาศ 25 % ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (เฉพาะ N)
2. สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากสถานที่ทำแปลงทดลอง เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพและเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ ก่อนทำการทดลอง
3. ไถเตรียมดิน 2 ครั้ง โดยไถตะ 1 ครั้ง ไถแปร 1 ครั้ง แล้ว ไถพรวน 1 ครั้งและปรับระดับพื้นที่
4. เตรียมแปลงทดลองขนาดแปลงย่อย 4.5x5 เมตร ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักเติมอากาศใส่ก่อนทำการปลูกข้าวโพด ทำการปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต้ม ระยะปลูก 0.75x0.25 เมตร หยอดเมล็ดพันธุ์จำนวน 2-3 เมล็ดต่อหลุม เมื่อต้นข้าวโพดข้าวเหนียวอายุประมาณ 14 วัน หลังงอก ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม โดยเลือกต้นที่สมบูรณ์ที่สุดไว้ ใส่ปุ๋ยเคมีข้างแถวปลูกในอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี โดยใส่ปุ๋ยเคมี แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อต้นข้าวโพดข้าวเหนียวอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์หลังงอก ดูแลกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช
5. ทำการเก็บเกี่ยวฝักสดข้าวโพดข้าวเหนียว เมื่อต้นอายุ 60-65 วัน ในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 3.0x3.5 เมตร (ไม่เก็บแถวข้างและหัวท้ายแปลง) สุ่มเก็บตัวอย่างต้นและฝักข้าวโพดในแต่ละกรรมวิธี มาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช
6. สุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยว โดยเก็บที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร จากผิวดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

การเก็บข้อมูล

1. บันทึกข้อมูลในภาคสนาม วันปลูก วันงอก วันเก็บเกี่ยว จำนวนต้นเก็บเกี่ยว ผลผลิตฝักสด (กิโลกรัมต่อไร่) ผลผลิตฝักทั้งเปลือก ผลผลิตฝักปอกเปลือก ซึ่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของฝัก เปลือกหุ้มฝัก และข้อมูลภูมิอากาศ
2. ข้อมูลผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกและหลังปลูกที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร สมบัติดินทางกายภาพและเคมี ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นของดิน ความเป็นกรด-ด่าง อินทรีย์วัตถุ ค่าการนำไฟฟ้า ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียม แมกนีเซียม และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC)
3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยหมักเติมอากาศ

4. ผลวิเคราะห์พีช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน (TN) ฟอสฟอรัส (TP) และโพแทสเซียมทั้งหมด (TK)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และการทดลองปลูกในสภาพแปลง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test

ระยะเวลาทดลอง เริ่มต้น มิ.ย. 2560 สิ้นสุด ต.ค. 2560

สถานที่ดำเนินการทดลอง ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากทดลองผลของปุ๋ยหมักเต็มอากาศและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต่ม โดยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักเต็มอากาศ ต่อการเพิ่มศักยภาพของดินและลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดเฉพาะพื้นที่จังหวัดขอนแก่น ใช้การจัดการปุ๋ย มี 5 ระดับ พบว่า วัตถุประสงค์ในการทำปุ๋ยหมักเต็มอากาศครั้งที่ 1 มีไนโตรเจนรวมร้อยละ 0.9-2.2 และมี C/N ratio ระหว่าง 30:1 ถึง 137:1 (Table 1) เมื่อดำเนินการหมักปุ๋ย สัดส่วนวัสดุอินทรีย์ คือ มูลไก่ปนเกล็ด : มูลวัว : หนุ่ยเนเปียร์ : ทางปาล์ม น้ำมัน เท่ากับ 4:2:1:1 มี C/N ratio เฉลี่ย 54:1 ส่งวิเคราะห์ที่กลุ่มวิเคราะห์ปุ๋ย กลุ่มเกษตรเคมี เมื่อหมักปุ๋ยที่ระยะเวลา 0 30 และ 60 วัน พบว่า มีไนโตรเจนรวมร้อยละ 3.03 2.95 และ 1.92 ตามลำดับ และมี C/N ratio ระหว่าง 7:1 8:1 และ 12:1 ตามลำดับ (Table 2) ด้านสมบัติดินของแปลงทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มี pH 6.1 อินทรีย์วัตถุ 0.67 เนื้อดินเป็นดินร่วนทราย และที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร มี pH 5.8 อินทรีย์วัตถุ 0.57 ส่วนด้านผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักฝักรวมเปลือกสด (กิโกรัมต่อไร่) น้ำหนักฝักสด (กิโกรัมต่อไร่) จำนวนฝักต่อไร่ น้ำหนักฝักรวมเปลือกสด (กรัมต่อฝัก) น้ำหนักฝักสด (กรัมต่อฝัก) เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก (เซนติเมตร) ความยาวฝัก (เซนติเมตร) น้ำหนักเฉลี่ยต้นสด (กรัม) และน้ำหนักรวมทั้งต้นสด (กิโกรัมต่อไร่) ในกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 100% ใส่ปุ๋ยเคมี 75% และใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักเต็มอากาศ 25% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธี มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยหมักเต็มอากาศเพียงอย่างเดียว โดยกรรมวิธีที่องค์ประกอบผลผลิตสูงสุด คือใส่ปุ๋ยเคมี 75% ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้น้ำหนักฝักรวมเปลือกสด 644 กิโกรัมต่อไร่ น้ำหนักฝักสด 553 กิโกรัมต่อไร่ มีจำนวน 11,253 ฝักต่อไร่ (Table 3) และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักเต็มอากาศ 25% ให้องค์ประกอบผลผลิตสูงสุด ได้แก่ น้ำหนักฝักรวมเปลือกสด 58.3 กรัมต่อฝัก น้ำหนักฝักสด 50.7 กรัมต่อฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก 3.64 เซนติเมตร (Table 4) น้ำหนักเฉลี่ยต้นสด 91.67 กรัม และน้ำหนักรวมทั้งต้นสด 1,812 กิโกรัมต่อไร่ (Table 5)

Table 1 Compost analysis to timing at 0 30 and 60 days

Time ^{1/} (day)	pH	EC (dS/m)	%MC ^{2/}	%TN	%TP	%TK	%OM ^{2/}	%OC	C/N ratio	%GI ^{2/}
0	8.5	5.61	-	3.03	3.02	2.45	34.63	20.09	7:1	-
30	9.0	4.75	-	2.95	4.62	2.44	42.77	24.81	8:1	-
60	9.0	5.03	48.5	1.92	3.10	2.38	50.25	29.15	12:1	78
standard	5.5-8.5	10	30	1	0.5	0.5	-	20	20:1	80

Note : ^{1/} Compost analysis to timing at 0 30 and 60 days (30 May 17, 25 April 17, 26 May 17)

^{2/} (-) : Analysis result is not available

Table 2 Soil analysis to yield trail Muang Tam waxy corn at Khon Kaen province 2017

Soil depth (cm)	pH	Lime (kg/rai)	EC (dS/m)	OM (%)	Avail P (mg/kg)	Avail K (mg/kg)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture
0-20	6.1	100	0.033	0.67	40	105	76	17.8	6.2	Sandy loam
20-40	5.8	100	0.026	0.57	32	47	76	17.8	6.2	Sandy loam

Table 3 Green weight (kg/rai) yellow weight (kg/rai) and No. green ear/rai to yield trail Muang Tam waxy corn at Khon Kaen province 2017

Methods	Green weight (kg/rai)	Yellow weight (kg/rai)	No. Green ear/rai
1) non-fertilizer	88b	61b	6,960b
2) compost to soil analysis (N)	112b	83b	7,200b
3) chemical fertilizer 100% to soil analysis (N)	597a	504a	11,094a
4) chemical fertilizer 75% to soil analysis (N)	644a	553a	11,253a
5) chemical fertilizer 75% and compost 25 % to soil analysis (N)	591a	513a	10,133a
C.V.(%)	47.36	54.9	16.98

Table 4 Green weight (g/ear) yellow weight (g/ear) ear diameter (cm) and ear length (cm) to yield trail Muang Tam waxy corn at Khon Kaen province 2017

Methods	Green weight (g/ear)	Yellow weight (g/ear)	Ear diameter (cm)	Ear length (cm)
1) non-fertilizer	12.7b	8.7b	2.36b	4.81b
2) compost to soil analysis (N)	15.6b	11.6b	2.30b	4.70b
3) chemical fertilizer 100% to soil analysis (N)	53.8a	45.4a	3.21a	9.88a
4) chemical fertilizer 75% to soil analysis (N)	57.2a	49.2a	3.38a	10.19a
5) chemical fertilizer 75% and compost 25 % to soil analysis (N)	58.3a	50.7a	3.64a	9.94a
C.V.(%)	25.54	27.98	9.69	12.85

Table 5 Weight/plant (g) and plant weight (kg/rai) to yield Trail Muang Tam waxy corn at Khon Kaen province 2017

Methods	Weight/plant (g)	Plant weight (kg/rai)
1) non-fertilizer	18.3b	352b
2) compost to soil analysis (N)	36.9b	574b
3) chemical fertilizer 100% to soil analysis (N)	88.6a	1,756a
4) chemical fertilizer 75% to soil analysis (N)	75.3a	1,654a
5) chemical fertilizer 75% and compost 25 % to soil analysis (N)	91.7a	1,812a
C.V.(%)	28.29	22.77

สรุปผลการทดลอง

จากทดลองผลของปุ๋ยหมักเติมอากาศและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงแต้มพบว่า ปุ๋ยหมักมีไนโตรเจนรวมร้อยละ 1.92 ตามลำดับ และมี C/N ratio ระหว่าง 12:1 ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 100% ใส่ปุ๋ยเคมี 75% และใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักเติมอากาศ 25% ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งทั้ง 3 กรรมวิธี มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยหมักเติมอากาศเพียงอย่างเดียว โดยกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75% ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้องค์ประกอบผลผลิตสูงสุด น้ำหนักฝักรวมเปลือกสด 644 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักฝักสด 553 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวน 11,253 ฝักต่อไร่ และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักเติมอากาศ 25% ให้องค์ประกอบผลผลิตสูงสุด ได้แก่ น้ำหนักฝักรวมเปลือกสด 58.3 กรัมต่อฝัก น้ำหนักฝักสด 50.7 กรัมต่อฝัก

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา. 2546. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2546. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สันติ อีราภรณ์ และชลุณี ละเอียด. ม.ป.ป. ผลงานวิจัย เรื่อง สมดุลธาตุอาหารพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพดชุดดิน สทบุรี. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

Zublena J.P. 1997. Nutrient removal by crops in North Carolina. Available Source: <http://www.soil.ncsu.edu/publications/Soilfacts/AG-439-16/>, 15 February 2014.

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลงในผลิตภัณฑ์
สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช : บuprofezin pyridaben เบตา-ไซฟลูทริน และอีทิโพรล
Method validation for determination of the active ingredients of
insecticide in pesticide products : buprofezin pyridaben
beta-cyfluthrin and ethiprole

พนิดา มงคลวุฒิกุล ดวงรัตน์ วิลาสินี พิเชษฐ์ ทองละเอียด ทศนี อัฐพรพงษ์

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลงในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยเทคนิค Gas-liquid chromatography (GLC) ชนิด Flame ionization detector (FID) สำหรับ buprofezin, pyridaben, เบตา-ไซฟลูทริน (beta-cyfluthrin) และเทคนิค High performance liquid chromatography (HPLC) ชนิด UV detector สำหรับอีทิโพรล (ethiprole) ตรวจสอบช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity) และช่วงของการวัด (Working range) ให้ช่วงความเข้มข้น 0.2–1.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับ buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และช่วงความเข้มข้น 0.02–0.18 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับ ethiprole ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) $r > 0.995$ อยู่ในเกณฑ์ยอมรับ ค่า $r \geq 0.995$ ตรวจสอบความเที่ยง (Precision) ทั้งแบบ Repeatability และ Within laboratory reproducibility ได้ค่า HORRAT อยู่ในช่วง 0.14–0.88 ตรวจสอบ Robustness และ Ruggedness ได้ค่า HORRAT อยู่ในช่วง 0.16–0.60 ซึ่งไม่เกิน 2 ตามเกณฑ์พิจารณาของ AOAC, EU และ Codex ตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy) ได้ค่า %recovery ของ buprofezin และ pyridaben อยู่ในช่วง 99.51–100.93 ตามช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ 98–102% พิจารณาสำหรับสารที่มีปริมาณมากกว่า 10% ของ AOAC และ ได้ค่า %recovery ของ beta-cyfluthrin และ ethiprole อยู่ในช่วง 99.99 – 102.40 ตามช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ 97–103% พิจารณาสำหรับสารที่มีปริมาณมากกว่า 1% ของ AOAC วิธีนี้มีความจำเพาะเจาะจง (specificity) ไม่มีการรบกวนของสารอื่น และประมาณค่าความไม่แน่นอนของ buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole เป็น 0.2, 1.2, 0.04 และ 0.13 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามลำดับ ดังนั้น ผลการทดสอบดังกล่าวมีคุณลักษณะเฉพาะของวิธีเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ วิธีนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์วัตถุมีพิษการเกษตรได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ

คำหลัก : ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี สารกำจัดแมลง บuprofezin pyridaben เบตา-ไซฟลูทริน อีทิโพรล

คำนำ

ประเทศไทยมีการใช้สารกำจัดแมลง (Insecticide) กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นประเทศเกษตรกรรม สารกำจัดแมลงที่ผลิตขึ้นจึงนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมและการทำลายศัตรูพืช เพื่อลดความเสียหายของผลผลิตการเกษตรที่เกษตรกรปลูก ปริมาณข้อมูลการนำเข้าสารกำจัดแมลงในระหว่างปี 2555–2558 พบว่า มีปริมาณนำเข้ามากกว่าสิบล้านกิโลกรัม และคิดเป็นมูลค่ามากกว่าพันล้านบาทในแต่ละปี (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2555–2558) โดยปริมาณและมูลค่าการนำเข้าค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่ามีการใช้สารกำจัดแมลงเป็นจำนวนมาก ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีคุณภาพและเกษตรกรนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนการนำเข้าประเทศจึงเป็นสิ่งสำคัญ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการให้บริการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ทั้งการขึ้นทะเบียน นำเข้า และส่งออก รวมทั้งควบคุมคุณภาพตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำและเป็นที่น่าเชื่อถือ ดังนั้น ห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นต้องมีการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ หรือการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method validation) เพื่อให้มั่นใจว่าวิธีวิเคราะห์ที่ใช้อยู่ถูกต้องเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ได้กำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวิธีในการ

ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี คือ ช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity) ตรวจสอบช่วงของการวัด (Working range) ความเที่ยง (Precision) ความทนของวิธี (Robustness/Ruggedness) ความถูกต้อง (Accuracy) และความจำเพาะเจาะจง (Specificity) (EURACHEM Guide, 1998; APVMA, 2004; CIPAC, 2003) แล้วนำมาประเมินด้วยวิธีทางสถิติว่าวิธีวิเคราะห์สามารถนำไปใช้งานได้หรือไม่ ดังนั้น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลงในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช : บูโพรเฟซีน (buprofezin), ไพริดาเบน (pyridaben), เบตา-ไซฟลูทริน (beta-cyfluthrin) และอีทิโพรล (ethiprole) ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี เพื่อให้วิธีวิเคราะห์มีความถูกต้องเหมาะสม สามารถใช้เป็นวิธีทดสอบในห้องปฏิบัติการ และนำไปขอการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 รวมทั้งเพิ่มสมรรถนะของห้องปฏิบัติการในการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร

วิธีดำเนินการ

1. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole

1.1 ตรวจสอบช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity) และช่วงของการวัด (Working range)

เตรียมสารละลายมาตรฐาน 6 ระดับความเข้มข้น ฉีดสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เข้าเครื่อง GC (สำหรับสารออกฤทธิ์ buprofezin, pyridaben และ beta-cyfluthrin) และ HPLC (สำหรับสารออกฤทธิ์ ethiprole) สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานกับ response พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรง คำนวณค่า correlation coefficient (r); $r \geq 0.995$

1.2 ตรวจสอบความเที่ยง (Precision)

ประเมิน Repeatability และ Within laboratory reproducibility โดยซังตัวอย่างที่ทราบปริมาณแน่นอน 3 ระดับความเข้มข้น ระดับละ 10 ซ้ำ ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน เทียบกับกราฟมาตรฐาน เข้าเครื่อง GC (สำหรับสารออกฤทธิ์ buprofezin, pyridaben และ beta-cyfluthrin) และ HPLC (สำหรับสารออกฤทธิ์ ethiprole) ประเมินด้วย HORRAT (ทิพวรรณ นิ่งน้อย, 2549) โดย HORRAT ต้องมีค่าไม่เกิน 2 ตามเกณฑ์พิจารณาของ AOAC, EU และ Codex

	HORRAT	=	$\%RSD_{exp} / \%RSD_{Horwitz}$
Predicted Horwitz RSD	$\%RSD_r$	=	$0.66 \times 2^{(1-0.5 \log C)}$ (สำหรับ repeatability)
	$\%RSD_R$	=	$2^{(1-0.5 \log C)}$ (สำหรับ reproducibility)
	C	=	Concentration ratio

1.3 ตรวจสอบ Robustness และ Ruggedness

วิเคราะห์ตัวอย่างเช่นเดียวกันกับข้อ 1.2 โดยทำการตรวจสอบ Robustness (เปลี่ยนอุณหภูมิ/อัตราการไหล) และตรวจสอบ Ruggedness (เปลี่ยนเครื่อง/คอลัมน์) ประเมินด้วย HORRAT โดย HORRAT ต้องมีค่าไม่เกิน 2 ตามเกณฑ์พิจารณาของ AOAC, EU และ Codex

1.4 ตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy)

เตรียมสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (สำหรับสารออกฤทธิ์ buprofezin, pyridaben และ beta-cyfluthrin) และสารละลายมาตรฐาน 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (สำหรับสารออกฤทธิ์ ethiprole) เพื่อหาค่า Origin จำนวน 10 ซ้ำ ฉีดสารละลายเข้าเครื่องโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐาน 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (สำหรับสารออกฤทธิ์ buprofezin, pyridaben และ beta-cyfluthrin) และสารละลายมาตรฐาน 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (สำหรับสารออกฤทธิ์ ethiprole) เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน 6 ระดับความเข้มข้น และหาค่า Spike โดยการเติมสารละลาย Stock standard 3 ระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ลงใน volumetric flask ที่มีสารละลาย Stock sample ฉีดสารละลายเข้าเครื่องโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน ประเมินค่า Accuracy จากค่า % recovery

$$\begin{aligned}\% \text{ Recovery} &= (C_{\text{spike}} - C_{\text{origin}}) \times 100 / C_{\text{add}} \\ C_{\text{spike}} &= \text{ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ในสารละลาย Spike} \\ C_{\text{origin}} &= \text{ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ในสารละลาย Origin} \\ C_{\text{add}} &= \text{ความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ที่เติมลงในสารละลาย Spike}\end{aligned}$$

1.5 ตรวจสอบความจำเพาะเจาะจง (Specificity)

ฉีด Blank สารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างเข้าเครื่อง GC (สำหรับสารออกฤทธิ์ buprofezin, pyridaben และ beta-cyfluthrin) และ HPLC (สำหรับสารออกฤทธิ์ ethiprole) พิจารณาโครมาโทแกรมดูว่ามีสารอื่นแปลกปลอมรบกวนสารออกฤทธิ์หรือไม่

2. ประเมินค่าความไม่แน่นอนของการหาปริมาณสารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลงในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole รายงานความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ตรวจสอบช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity) และช่วงของการวัด (Working range) พบว่า Linearity และ Working range ของ buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole ได้ค่า correlation coefficient (r) = 0.99997, 0.99994, 0.99988 และ 0.99998 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ยอมรับ $r \geq 0.995$

2. ตรวจสอบความเที่ยง (Precision) สำหรับ Repeatability และ Within laboratory reproducibility พบว่าการประเมินด้วย HORRAT ของ buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole มีค่า HORRAT ไม่เกิน 2 อยู่ในเกณฑ์การยอมรับตามเกณฑ์พิจารณาของ AOAC, EU และ Codex ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Precision of buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin and ethiprole at three concentration levels

Pesticide	Concentration (mg/ml)	Repeatability				Within laboratory reproducibility			
		mean	%RSD _{exp}	%RSD _{Horwitz}	HORRAT	mean	%RSD _{ex p}	%RSD _{Horwitz}	HORRAT
buprofezin	0.5	25.38	1.02	1.63	0.62	25.60	0.66	2.46	0.27
	1.0	25.30	0.84	1.63	0.52	25.37	0.72	2.46	0.29
	1.5	25.34	0.79	1.63	0.49	25.52	0.93	2.46	0.38
pyridaben	0.5	20.12	0.23	1.68	0.14	20.18	0.89	2.55	0.35
	1.0	19.97	0.61	1.68	0.36	20.01	1.92	2.55	0.75
	1.5	19.98	0.90	1.68	0.54	20.29	1.00	2.55	0.39
beta-cyfluthrin	0.5	2.50	0.68	2.30	0.30	2.47	0.56	3.48	0.16
	1.0	2.50	1.80	2.30	0.78	2.51	1.30	3.48	0.37
	1.5	2.55	1.44	2.30	0.63	2.49	0.88	3.48	0.25
ethiprole	0.05	9.97	1.64	1.87	0.88	9.96	0.98	2.83	0.35
	0.10	9.89	0.82	1.87	0.44	9.84	0.46	2.83	0.16
	0.15	9.85	0.65	1.87	0.35	9.82	0.68	2.83	0.24

3. ตรวจสอบ Robustness และ Ruggedness

พบว่าการประเมินด้วย HORRAT ของ buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole มีค่า HORRAT ไม่เกิน 2 อยู่ในเกณฑ์การยอมรับตามเกณฑ์พิจารณาของ AOAC, EU และ Codex ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Robustness and ruggedness of buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin and ethiprole at three concentration levels

Pesticide	Concentration (mg/ml)	Robustness				Ruggedness			
		mean	%RSD _{exp}	%RSD _{Horwitz}	HORRAT	mean	%RSD _{exp}	%RSD _{Horwitz}	HORRAT
buprofezin	0.5	24.83	1.20	2.46	0.49	25.31	1.35	2.46	0.55
	1.0	24.79	0.63	2.46	0.26	25.61	0.65	2.46	0.26
	1.5	25.01	0.63	2.46	0.26	25.42	1.03	2.46	0.42
pyridaben	0.5	20.13	0.81	2.55	0.32	20.24	0.42	2.55	0.16
	1.0	19.98	0.67	2.55	0.26	20.00	0.49	2.55	0.19
	1.5	19.84	0.75	2.55	0.29	20.20	0.59	2.55	0.23
beta-cyfluthrin	0.5	2.54	0.82	3.48	0.24	2.50	0.88	3.48	0.25
	1.0	2.49	0.96	3.48	0.27	2.51	1.20	3.48	0.35
	1.5	2.50	1.53	3.48	0.44	2.50	0.99	3.48	0.28
ethiprole	0.05	9.98	1.69	2.83	0.60	10.05	1.68	2.83	0.59
	0.10	9.90	0.90	2.83	0.32	9.98	0.81	2.83	0.29
	0.15	9.88	0.65	2.83	0.23	9.96	0.58	2.83	0.20

4. ตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy) จาก Table 3 พบว่า %recovery ของ buprofezin และ pyridaben อยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ 98-102% ตามเกณฑ์พิจารณาสำหรับสารที่มีปริมาณมากกว่า 10% ของ AOAC และ %recovery ของ beta-cyfluthrin และ ethiprole อยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ 97-103% ตามเกณฑ์พิจารณาสำหรับสารที่มีปริมาณมากกว่า 1% ของ AOAC (AOAC, 1993)

Table 3 Accuracy of buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin and ethiprole at three concentration levels

Pesticide	AI content (mg/25 ml)	%Recovery
buprofezin	10.0	99.51
	15.0	100.93
	20.0	100.83
pyridaben	10.0	100.51
	15.0	99.90
	20.0	100.72
beta- cyfluthrin	10.0	102.35
	15.0	102.21
	20.0	102.40
ethiprole	1.00	100.52
	1.50	99.99
	2.00	100.51

5. ตรวจสอบความจำเพาะเจาะจง (Specificity) จากการฉีด Blank สารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่าง buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole พบว่า โครมาโทแกรมของ Blank สารมาตรฐานและสารตัวอย่าง ไม่มี peak อื่นใดมารบกวน peak ของ buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole

6. ประเมินค่าความไม่แน่นอนของการหาปริมาณสารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลงในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช buprofezin, pyridaben, beta-cyfluthrin และ ethiprole พบว่าประมาณค่าความไม่แน่นอนเป็น 0.2, 1.2, 0.04 และ 0.13 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามลำดับ

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารกำจัดแมลงในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช บูโพรเฟซิน (buprofezin), ไพริดาเบน (pyridaben), เบตา-ไซฟลูทริน (beta-cyfluthrin) และอีทิโพรล (ethiprole) โดยพิสูจน์ความใช้ได้ของวิธีด้วยการหาคุณลักษณะเฉพาะต่างๆ ได้แก่ Linearity, Working range, Precision, Robustness, Ruggedness, Accuracy และ Specificity ตามลำดับ พบว่า คุณลักษณะเฉพาะของวิธีเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ ดังนั้น วิธีนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์วัตถุมีพิษการเกษตรได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ สร้างความน่าเชื่อถือแก่ผลการทดสอบ อีกทั้งเป็นที่ยอมรับในระดับสากล และสามารถนำไปขอการรับรองห้องปฏิบัติการตามระบบ ISO/IEC 17025 ได้

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีนี้สามารถใช้เป็นวิธีทดสอบของห้องปฏิบัติการในการให้บริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์วัตถุมีพิษการเกษตรตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 และใช้ในการขอรับรองห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 รวมถึงเผยแพร่ให้กับห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตรในส่วนภูมิภาคต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- สำนักควบคุมและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555-2558. “ข้อมูลสถิติการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.doa.go.th/ard/index.php?option=com_content&view=article&id=22:stat2535&catid=29:stat&Itemid=104 (พฤษภาคม 2558)
- EURACHEM Guide. 1998. *The Fitness for Purpose of Analytical Method: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. EURACHEM Working Group. United Kingdom.
- APVMA. 2004. *Guidelines for the Validation of Analytical Methods for Active Constituent, Agricultural and Veterinary Chemical Products*. Australian Pesticides & Veterinary Medicines Authority. Kingston. Australia.
- Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited. 2003. “Guidelines on method validation to be performed in support of analytical methods for agrochemical formulations” [On-line]. Available from <http://www.cipac.org/index.php/guidelines>
- ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. *แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว*. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- AOAC Peer Verified Methods Program. 1993. *Manual on Policies and Procedures*. Arlington. Virginia.

วิจัยการใช้เทคนิคที่แอลซีสมรรถนะสูง (HPTLC) ในการทำเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี ของสารสำคัญในหนอนตายหยาก

Study on HPTLC technique for providing fingerprint of active substances in *Stemona* spp.

ณัฐพร ฉันทศักดิ์ดา

พรรณนิภา อัดตนนท

ภัทรวรินทร์ ศานติศิริโรจน์

กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

วิจัยการใช้เทคนิคที่แอลซีสมรรถนะสูง High Performance Thin Layer Chromatography (HPTLC) เพื่อทำมาตรฐานเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของสารสำคัญในหนอนตายหยาก ซึ่งเป็นพืชที่มีศักยภาพในการกำจัดศัตรูพืช โดยเก็บตัวอย่างรากหนอนตายหยาก *Stemona phyllantha* Gagnep. จาก อ.จอมบึง จ.ราชบุรี สกัดรากหนอนตายหยากด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ คือ hexane, dichloromethane, ethyl acetate และ 50% ethanol ทดสอบประสิทธิภาพต่อหนอนใยผักโดยวิธี leaf dipping method พบว่า สารสกัดหยากจากตัวทำละลายชนิดต่างๆ มีผลทำให้หนอนใยผักวัย 2 ตายที่ 4 วัน เท่ากับ 89.2, 81.1, 49.3 และ 2.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่สารสกัดหยาก hexane และ dichloromethane ทำให้หนอนใยผักตายสูงสุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบกลุ่มสารทางพฤกษเคมีด้วยน้ำยาชนิดต่างๆ พบว่า สารสกัดหยาก hexane และ dichloromethane มีสารออกฤทธิ์กลุ่ม alkaloids และศึกษาหาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของสารกลุ่ม alkaloids ด้วยเทคนิค HPTLC บนแผ่น HPTLC plate silica gel 60 F₂₅₄ ขนาด 20x10 ซม. พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ วัฏภาคเคลื่อนที่: dichloromethane/ethyl acetate/methanol/ammonium hydroxide (50/45/4/0.1); ตัวตรวจสอบ: UV 254 nm, UV 366 nm และ white light; สแกนกลุ่มสารที่ความยาวคลื่น 226 nm; น้ำยาพ่น Dragendorff's reagent พบสารกลุ่ม alkaloids ในหนอนตายหยาก *Stemona phyllantha* Gagnep. ที่ R_f 2 ตำแหน่ง คือ 0.46, 0.67 *Stemona aphylla* Craib. ที่ R_f 1 ตำแหน่ง คือ 0.39 *Stemona* sp. (จ.ราชบุรี) ที่ R_f 1 ตำแหน่ง คือ 0.32 และ *Stemona* sp. (จ.ชุมพร) ที่ R_f 3 ตำแหน่ง คือ 0.26, 0.30, 0.67 และผลิตภัณฑ์พบสารกลุ่ม alkaloids ที่ R_f 1 ตำแหน่ง คือ 0.57 การตรวจวัดผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบจากรูปแบบ HPTLC fingerprint ในแต่ละชนิด สามารถควบคุมคุณภาพได้เบื้องต้น ซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็ว ไม่ยุ่งยาก และไม่สิ้นเปลืองสารละลาย

คำหลัก : เอกลักษณ์โครมาโทกราฟี หนอนตายหยาก หนอนใยผัก

คำนำ

ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้เกิดการใช้สารธรรมชาติทดแทน หรือลดการใช้สารเคมี เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคโดยการใช้สารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ เป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร หนอนตายหยาก เป็นพืชในสกุล *Stemona* วงศ์ Stemonaceae เป็นพืชที่มีศักยภาพในการกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร (ณัฐกานต์และคณะ, 2551) จึงมีผลิตภัณฑ์ และวัตถุดิบขายตามท้องตลาด เพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์สารสำคัญในผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาขาดมาตรฐาน และไม่สามารถหาซื้อได้ ดังนั้น เทคนิค HPTLC จึงเป็นเทคนิคที่น่าสนใจที่จะมาแก้ปัญหานี้ โดยเทคนิค HPTLC สามารถตรวจเอกลักษณ์ของสารสำคัญของวัตถุดิบสมุนไพรได้โดยไม่ใช้สารมาตรฐาน แต่อาศัยการเปรียบเทียบกับเอกลักษณ์มาตรฐาน จึงสามารถนำไปใช้ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์สมุนไพรได้เบื้องต้น (Kongkiatpaiboon et al., 2013) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของสารสำคัญในหนอนตายหยากสำหรับการทำเป็นมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพสารสำคัญ

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว ได้แก่ กรวยแยก, กรวยกรองบูชเนอร์, ขวดวัดปริมาตร, กรวยกรองแก้ว, ปีกเกอร์, ปิเปต, กระบอกตวง, ขวดก้านกลม, หลอดทดลอง, หลอดหยดสาร
2. สารเคมี ได้แก่ ethyl acetate, ethanol, methanol, chloroform, hexane, petroleum ether, Dragendorff's reagent, Mayer's reagent, ferric chloride, lead acetate, Salkowski's test, Benedict's reagent, Fehling's reagent, Barfoed's reagent เป็นต้น
3. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องบดตัวอย่างพืช, ตู้อบตัวอย่าง, เครื่องชั่งไฟฟ้า, เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator), เครื่องที่แอลซีสมรรถนะสูง (HPTLC)

วิธีการ

1. ศึกษาตัวอย่างหลายที่เหมาะสมในการสกัดรากหนอนตายหายาก ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนไผ่

นำผงรากหนอนตายหายากมาสกัดด้วย 95% ethanol กรองและระเหยแห้งได้สารสกัดหยาบนำมาละลายใน 50% น้ำ/ethanol แล้วสกัดโดยวิธีแยกสารด้วยการแบ่งส่วน (partition) ด้วย hexane, dichloromethane, ethyl acetate ระเหยส่วนที่ได้จากการสกัด นำสารสกัดหยาบที่ได้ทั้ง 4 ชนิด มาทดสอบประสิทธิภาพกับหนอนไผ่ด้วย 2 ในอัตราส่วน 2% (w/v) วิธี leaf dipping method โดยวางแผนการทดลอง CRD จำนวน 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี ดังนี้ สารสกัดหยาบ hexane, สารสกัดหยาบ dichloromethane, สารสกัดหยาบ ethyl acetate, สารสกัดหยาบ 50% ethanol โดยเป็นกรรมวิธีควบคุม 4 กรรมวิธี ดังนี้ hexane, dichloromethane, ethyl acetate และ 50% ethanol บันทึกผลการทดสอบ โดยตรวจนับเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนไผ่

2. ศึกษาชนิดของกลุ่มสารในสารสกัดชนิดต่างๆ โดยวิธีการทดสอบทางพิษเคมีด้วยน้ำยาทดสอบ (นพมาศและคณะ, 2554)

นำสารสกัดหยาบมาทดสอบด้วยน้ำยาทดสอบ ได้แก่ Dragendorff's reagent, Shinoda's reagent, ferric chloride, lead acetate, Salkowski's test, Benedict's reagent ผลจากการทดสอบ พบว่าสารสกัดหยาบ hexane และ dichloromethane มีสารกลุ่ม alkaloids เป็นสารหลัก จึงทำการศึกษากลุ่ม alkaloids ด้วย HPTLC ในขั้นตอนต่อไป

3. ศึกษาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของกลุ่มสาร alkaloids จากหนอนตายหายากด้วยเครื่อง High Performance Thin Layer (HPTLC)

หาสภาวะของเครื่อง HPTLC ในการทดสอบสารสกัดหนอนตายหายาก โดยนำข้อมูลกลุ่ม alkaloids ที่ได้จากข้อ 2. หาวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) และน้ำยาพ่น (spray reagent) ที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นวิธีตรวจวัดชนิดและตำแหน่ง (Rf) ของสารที่มีฤทธิ์ต่อหนอนไผ่ เตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ 8 ระบบ ดังนี้ chloroform/methanol อัตรา (9/1), (7/3), (7/1), toluene/chloroform/methanol อัตรา (6/3/1), chloroform/acetone/diethylamine อัตรา (25/20/5), dichloromethane/ethyl acetate/methanol/ammonium hydroxide อัตรา (70/25/5/1), (50/45/4/0.1), (50/45/4/0)

ศึกษาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของกลุ่มสารสำคัญจากหนอนตายหายาก 4 ชนิด ได้แก่ หนอนตายหายากจาก อ.จอมบึง จ.ราชบุรี (*Stemona phyllantha* Gagnep.), หนอนตายหายากจาก จ.ปราจีนบุรี (*Stemona aphylla* Craib.), หนอนตายหายากจาก อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี (*Stemona* sp.), หนอนตายหายากจาก จ.ชุมพร (*Stemona* sp.) และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยสกัดรากหนอนตายหายากและผลิตภัณฑ์ด้วย ethanol อัตราส่วน 10% w/v แล้วนำสารสกัดไปทดสอบด้วยเทคนิค HPTLC

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2559 สิ้นสุด กันยายน 2560

สถานที่ทดลอง กลุ่มงานวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตรจากสารธรรมชาติ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดรากหนอนตายหยาก ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผัก

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาก 4 ชนิด สารสกัดหยากรากหนอนตายหยากจากทุกตัวทำละลายได้สารสกัดหยาก 0.81-33.68 %w/w ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาก hexane มีลักษณะเป็นน้ำมันสีน้ำตาล มีตะกอนสีน้ำตาล สารสกัดหยาก dichloromethane มีลักษณะเป็นน้ำมันสีน้ำตาลเข้มหนืด สารสกัดหยาก ethyl acetate มีลักษณะเป็นน้ำมันสีน้ำตาล ไม่มีตะกอน สารสกัดหยาก 50% ethanol มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลอ่อนใส ผลการทดสอบประสิทธิภาพต่อหนอนใยผัก พบว่า สารสกัดหยาก hexane และสารสกัดหยาก dichloromethane มีผลทำให้หนอนตายมากที่สุด ซึ่งทั้งสองตัวทำละลายให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) และเมื่อทดสอบกลุ่มสารทางพิษเคมี พบว่า สารสกัดหยากที่ทำให้หนอนตายมากที่สุด มีสารกลุ่ม alkaloids ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaltenegegar et al. (2003)

Table 1 The percentages of diamondback moth mortality on laboratory tests.

Treatment	Average percentage of diamondback moth mortality
Hexane crude	89.2 a
Dichloromethane crude	81.1 ab
Ethyl acetate crude	49.3 b
50% ethanol crude	2.7 c
CV (%)	37.8

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different based on 95% confidence limits by DMRT

ศึกษาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของกลุ่มสาร alkaloids จากหนอนตายหยากด้วยเครื่อง High Performance Thin Layer (HPTLC)

ผลการศึกษาสภาวะ (conditions) และวัฏภาคเคลื่อนที่ที่เหมาะสมบนแผ่น TLC ชนิด HPTLC plate silica gel 60 F₂₅₄ size 20x10 cm ในการหาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของกลุ่มสาร alkaloids ในสารสกัดหยากรากหนอนตายหยากด้วย dichloromethane พบว่า ระบบ dichloromethane/ethyl acetate/methanol/ammonium hydroxide (50/45/4/0.1) สามารถแยกสารกลุ่ม alkaloids ได้โดยไม่ถูกรบกวนจากฟีดอื่น ซึ่งใช้เวลาในการ develop 10 นาที จึงเป็นระบบวัฏภาคของเหลวที่เหมาะสมที่สุด และความยาวคลื่น 226 nm ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูง และไม่ถูกรบกวนจากสารอื่น รวมถึง spray reagent ที่เหมาะสมกับสารกลุ่ม alkaloids คือ Dragendorff's spray reagent

ศึกษาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของกลุ่มสาร alkaloids ในรากหนอนตายหยาก 4 ชนิด ได้เอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของสารสกัด ethanol จากรากหนอนตายหยาก (*Stemona phyllantha* Gagnep.) อ.จอมบึง จ.ราชบุรี (ST1) พบ alkaloids ชัดเจน 2 ตำแหน่ง ที่ Rf 0.46, 0.67 ซึ่งกำหนดให้เป็น alkaloid A และ B ตามลำดับ ethanol จากรากหนอนตายหยาก (*Stemona aphylla* Craib.) จ.ปราจีนบุรี (ST2) และ (*Stemona* sp.) อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี (ST3) พบแถบสีส้ม 1 ตำแหน่ง ที่ Rf 0.39 และ 0.32 ตามลำดับ ซึ่งกำหนดให้เป็น alkaloid C และ D ตามลำดับ และจากรากหนอนตายหยาก (*Stemona* sp.) จ.ชุมพร (ST4) ภายใต้สภาวะเดียวกัน พบ alkaloids 3 ตำแหน่ง ที่ Rf 0.26, 0.30 และ 0.67 ซึ่งกำหนดให้เป็น alkaloid F, E และ A ตามลำดับ ดัง HPTLC fingerprint (Figure 1) และฟีดจาก HPTLC chromatogram (Figure 2)

ศึกษาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของกลุ่มสาร alkaloids ในผลิตภัณฑ์หนอนตายหยาก 2 ตัวอย่าง ได้เอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของสารสกัด ethanol จากผลิตภัณฑ์ยาแคปซูลสมุนไพรหนอนตายหยาก (*Stemona collinsae* Craib.) (SM1) พบ alkaloids จากการทดสอบด้วยน้ำยา Dragendorff's ที่เห็นชัดเจนที่ Rf 0.57 ซึ่งกำหนดให้เป็น alkaloid G ซึ่งเป็น alkaloids ในตำแหน่งที่แตกต่างจากหนอนตายหยากที่ศึกษาทั้ง 4 ชนิด จึงสรุปได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหนอนตายหยากชนิดอื่น สำหรับผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชสารสกัดสมุนไพรจากหนอนตายหยาก (SM2) ไม่พบแถบสีส้มจาก HPTLC fingerprint และไม่พบฟีดจาก HPTLC chromatogram อาจกล่าวได้ว่าไม่พบสารกลุ่ม alkaloids

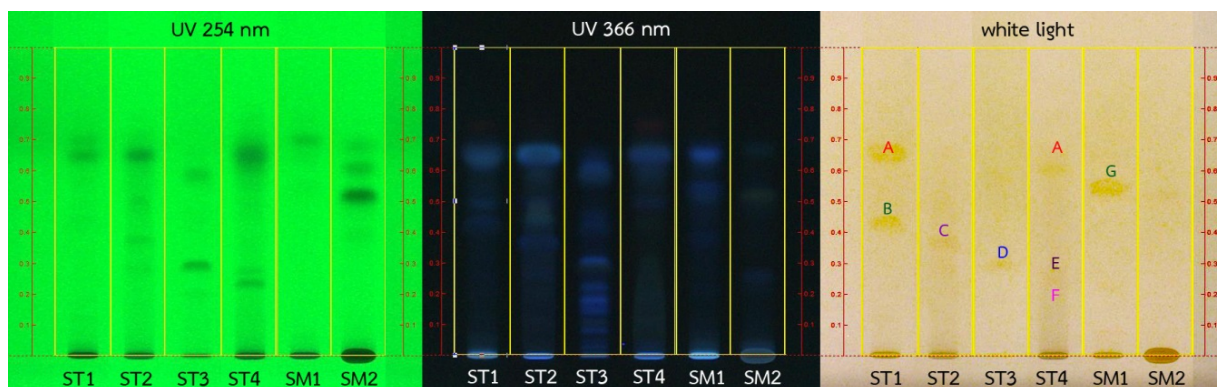


Figure 1 HPTLC fingerprint of ST1 : *Stemona phyllantha* Gagnep.; ST2 : *Stemona aphylla* Craib.; ST3 : *Stemona* sp. (Ratchaburi); ST4 : *Stemona* sp. (Chumphon); SM1 : Capsule product (*Stemona collinsae* Craib.); SM2 : plants extract product

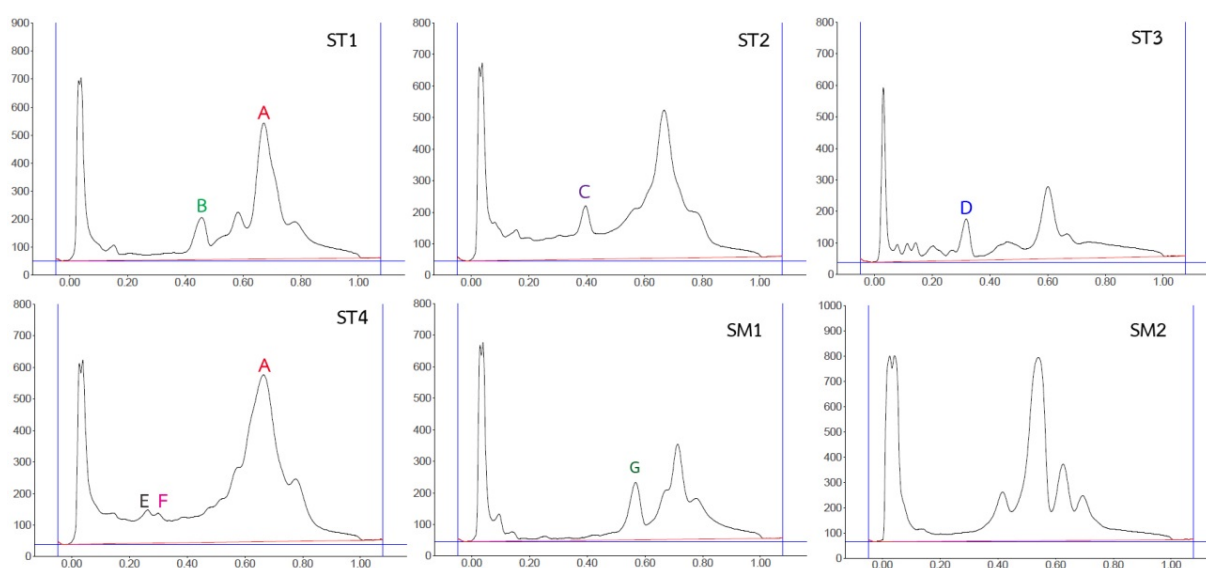


Figure 2 HPTLC chromatogram of ST1 : *Stemona phyllantha* Gagnep.; ST2 : *Stemona aphylla* Craib.; ST3 : *Stemona* sp. (Ratchaburi); ST4 : *Stemona* sp. (Chumphon); SM1 : Capsule product (*Stemona collinsae* Craib.); SM2 : plants extract product under 226 nm

สรุปผลการทดลอง

หนอนตายหยาก มีสารออกฤทธิ์กลุ่ม alkaloids การสกัดสารสกัดหนอนตายหยากด้วยตัวทำละลาย hexane และ dichloromethane เป็นตัวทำละลายที่มีฤทธิ์ต่อหนอนตายหยากมากที่สุด เมื่อทดสอบชนิดของกลุ่มสารทางพิษเคมี ด้วยน้ำยาทดสอบต่างๆ พบว่า สารสกัดหนอนตายหยาก dichloromethane มีสารกลุ่ม alkaloids เป็นหลัก และเมื่อตรวจหาตำแหน่งของสารกลุ่ม alkaloids ด้วยวิธี HPTLC ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 226 nm และตรวจสอบภายใต้แสง UV 254 nm, UV 366 nm และ white light ได้เอกลักษณ์โครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) หลังพ่นด้วยน้ำยา dragendorff's ของสารสกัดหนอนตายหยาก dichloromethane เมื่อพัฒนาด้วยวัฏภาคเคลื่อนที่ dichloromethane/ethyl acetate/methanol/ammonium hydroxide (50/45/4/0.1) พบสารกลุ่มหลักคือ alkaloids และจากการศึกษาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) ของหนอนตายหยาก 4 ชนิด ได้แก่ *Stemona phyllantha* Gagnep., *Stemona aphylla* Craib., *Stemona* sp. (จ.ราชบุรี) และ *Stemona* sp. (จ.ชุมพร) เพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หนอนตายหยาก พบว่า ผลิตภัณฑ์ให้เอกลักษณ์โครมาโทกราฟีที่ต่างจากทั้ง 4 ชนิด แต่อย่างไรก็ตาม ในผลิตภัณฑ์พบแถบสาร alkaloids ในตำแหน่ง Rf ที่ต่างออกไป แสดงว่าเป็นหนอนตายหยาก

คณะชนิด จากการศึกษาวิธีการตรวจสอบสารสำคัญจากหนอนตายหยากด้วย HPTLC โดยการเปรียบเทียบเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) สามารถใช้เปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์หนอนตายหยากได้เบื้องต้น

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ผลงานวิจัยนี้ ทำให้ทราบข้อมูลกลุ่มสารสำคัญ วิธีการสกัดและตรวจสอบสารที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผักจากรากหนอนตายหยาก ได้ข้อมูลเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีเป็นต้นแบบในการทำข้อมูลเอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของสารสำคัญในพืชที่มีศักยภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อเป็นมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพสารสำคัญในพืช ทั้งในรูปแบบของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สามารถวิจัยต่อยอดเพื่อสกัดสารบริสุทธิ์ เป็นฐานข้อมูลของสารสกัดในพืชที่มีศักยภาพทางด้านป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งจะเป็ปัจจัยสนับสนุนการผลิตผลิตภัณฑ์การเกษตรจากสารธรรมชาติ เพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคสินค้าเกษตร นอกจากนี้ในอนาคตสามารถศึกษาการสกัดสารบริสุทธิ์เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ นางสาวปจรรย์ อินทะชูป นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กลุ่มวิจัยพฤกษศาสตร์และพืชไร่พันธุ์พืช สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร และนางสาวกนกอร บุญพร นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่ให้คำปรึกษาการระบุชนิดหนอนตายหยาก

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐกานต์ ธิคำ, บงกชรัตน์ ปิตยนต์, สุรพล วิเศษสรรค์. 2551. การแยกสารสกัดบางส่วนจากหนอนตายหยากและผลของสารสกัดต่อหนอนกระทุ้ม. หน้า 253-261. ใน : รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- นพมาศ สุนทรเจริญนนท์, อุทัย โสธนะพันธุ์, ประไพ วงศ์สินคังมัน. 2554. ที่แอลซี:วิธีอย่างง่ายในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องยาไทย. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ. 468 หน้า.
- Kaltenegger, E., Brem, B., Mereiter, K., Kalchauer, H., Kahlig, H., Hofer, O., Vajrodaya, S. Greger, H. 2003. Insecticidal pyrido[1,2-a]azepine alkaloids and related derivatives from *Stemona* species. *Photochemistry* 63: 803-816
- Kongiatpaiboon, S., Keeratinijakal, V., Gritsanapan, Wandee. 2013. TLC-Image analysis of non-chromophoric tuberostemonine alkaloid derivatives in *Stemona* species. *Natural Product Communications* 8(8): 1065-1068

การเฝ้าระวังสารกำจัดวัชพืชพาราควอตที่ตกค้างในผัก

Monitoring of Paraquat Residue in Vegetables

จินตนา ภูมิภักดิ์ สุพัตร หนูสังข์ บุญทวีศักดิ์ บุญทวี ศศิณิภา คงเข้มดี ประพันธ์ เคนท้าว

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาการเฝ้าระวังการตกค้างของสารป้องกันกำจัดวัชพืชชนิดพาราควอตในผักที่นิยมบริโภค จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ กะเพรา กะหล่ำปลี คะน้า ชะอม ถั่วฝักยาว ตำลึง ใบบวบ และพริก ชนิดละ 20 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 160 ตัวอย่าง ในช่วงเดือน ธันวาคม 2560 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2561 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืชผักจากแหล่งจำหน่ายและโมเดิร์นเทรดในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และจังหวัดใกล้เคียง ตรวจวิเคราะห์พาราควอตที่ตกค้างด้วยเทคนิค LC-MS/MS โดยสกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS จากผลการตรวจวิเคราะห์ พบพาราควอตตกค้างจำนวน 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 4 ของตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณสารตกค้างไม่เกินค่ามาตรฐานปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างของประเทศไทย มาตรฐานของโคเด็กซ์ สหภาพยุโรป และญี่ปุ่นที่กำหนดให้มีได้ พบพาราควอตตกค้างในชะอม 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตำลึง 5 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนตัวอย่างกะเพรา กะหล่ำปลี คะน้า ถั่วฝักยาว ใบบวบ และพริก ไม่พบการตกค้างของพาราควอต คิดเป็นร้อยละ 96 ของตัวอย่างผักทั้งหมด ค่าต่ำสุดของการตรวจวัดเชิงปริมาณของพาราควอตเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ : พาราควอต ปริมาณสารพิษตกค้าง

คำนำ

จากยุทธศาสตร์ชาติที่ตั้งเป้าจะนำพาประเทศไทยก้าวไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน และการขับเคลื่อนประเทศด้านการเกษตร เน้นให้เป็นเกษตรกรรม 4.0 แต่อย่างไรก็ตาม สถานการณ์เกษตรกรรมไทยในปัจจุบันกำลังเผชิญกับปัญหาทั้งในด้านพื้นที่ทำการเกษตรที่ถูกจำกัด กลายเป็นแหล่งเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม ปัญหาแรงงานในภาคเกษตรที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ และอุปสรรคที่เกิดจากการกีดกันทางการค้า เกษตรกรต้องปรับเปลี่ยนวิธีเพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้ตรงกับความต้องการและเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค

ผักเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งเพราะเป็นพืชอาหาร สามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี แต่ผักเป็นพืชอายุสั้น ไม่ทนต่อโรคและแมลง จึงมักประสบกับปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช นอกจากนี้วัชพืชเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่สร้างความเสียหาย ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง เกษตรกรส่วนใหญ่จำเป็นต้องหาวิธีป้องกันและกำจัด การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือก เนื่องจากต้องการความสะดวกและประสิทธิภาพที่เห็นผลในเวลาอันรวดเร็ว ทั้งช่วยลดต้นทุนการจ้างแรงงานภาคการเกษตรที่ขาดแคลน จากรายงานสรุปการนำเข้าวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตรในระยะหลายปีที่ผ่านมา ปริมาณการนำเข้าและใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าเป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชมากกว่าร้อยละ 80 ของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด ภายในปี 2560 มีปริมาณนำเข้าสูงถึง 148,421 ตัน คิดเป็นมูลค่า 13,686 ล้านบาท สารป้องกันกำจัดวัชพืชที่ถูกนำเข้าเป็นอันดับต้นๆ ได้แก่ ไกลโฟเซต และพาราควอต ดังแสดงใน Figure 1 (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2560) และเป็นที่น่าคิดว่าปริมาณของการนำเข้าจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นต่อไป

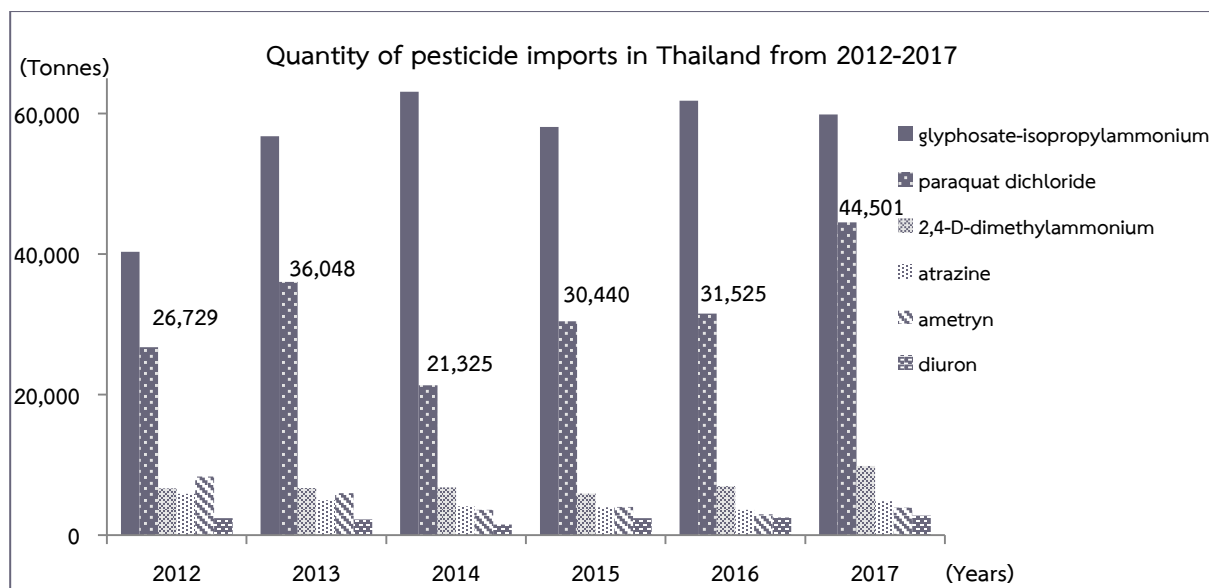


Figure 1 Quantity of pesticide imports in Thailand from 2012-2017

Source : [http://www.doa.go.th/ard/summary of the import of hazardous from 2012-2017](http://www.doa.go.th/ard/summary%20of%20the%20import%20of%20hazardous%20from%202012-2017)

ประเทศไทยรู้จักพาราควอตในชื่อ กรัสม็อกโซน (Gramoxone) จัดอยู่ในกลุ่มไบไพริดีเลียม โดยทั่วไปจะพบอยู่ในรูปเกลือไดคลอไรด์ มีชื่อทางเคมีตามระบบ IUPAC คือ 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium สูตรโมเลกุล $C_{12}H_{14}N_2Cl_2$ โมลโมเลกุลของพาราควอตไดคลอไรด์เท่ากับ 257.2 เป็นสารที่ไม่ระเหยและสามารถละลายน้ำได้ดี แสดงสูตรโครงสร้างดัง Figure 2 (FAO, 2004) และจากการทบทวนความเป็นพิษภายใต้ the Periodic Review Programme เพื่อกำหนดค่า ADI และ ARfD มีค่าเท่ากับ 0-0.005 และ 0.006 มิลลิกรัมของพาราควอตไอออนต่อน้ำหนักตัว ตามลำดับ (FAO, 2009) พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชแบบไม่เลือกทำลายชนิดสัมผัส (non-selective contact herbicide) ทำลายคลอโรฟิลล์ของพืชและเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ใบไหม้ แห้งตายในสภาพที่มีแสงแดดจัด (คำแนะนำการป้องกันกำจัดวัชพืช, 2547) พาราควอตไม่มีการเคลื่อนย้ายในดิน เมื่อพาราควอตลงสู่ดินเกิดพันธะกับประจุลบของอนุภาคในดินอย่างรวดเร็วจึงทำให้เสื่อมฤทธิ์ลง องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จำแนกความเป็นอันตรายของพาราควอตให้อยู่ในกลุ่ม Class II ซึ่งมีอันตรายปานกลาง (Moderately Hazardous) และให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า พาราควอตเมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลกระทบร้ายแรง มีความเป็นพิษต่ำหากใช้ตามคำแนะนำอย่างถูกต้อง พาราควอตที่เข้มข้นหากได้รับเข้าสู่ร่างกายทางปากหรือสัมผัสผิวหนังสามารถทำให้ถึงแก่ชีวิตเฉียบพลัน (WHO, 2009) เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 2008) ได้กำหนดให้พาราควอตต้องมีสีแตกต่างจากเครื่องดื่มทั่วไป เติมน้ำที่มีกลิ่นฉุนและสารกระตุ้นทำให้ไออาเจียน มีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4-8

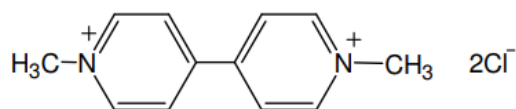


Figure 2 Chemical structure of paraquat dichloride

ด้วยคุณสมบัติของพาราควอตที่มีความเฉพาะตัวกว่าสารกำจัดวัชพืชชนิดสัมผัสอื่นๆ เกษตรกรนิยมใช้อย่างแพร่หลาย หากใช้อย่างไม่ถูกต้องต่อเนื่องเป็นเวลานาน นอกจากจะเป็นอันตรายโดยตรงต่อผู้ใช้ ยังก่อให้เกิดการปนเปื้อนไปสู่สิ่งแวดล้อมหรือตกค้างในผลผลิตได้ จากกระแสตื่นตัวที่ผู้บริโภคมีต่อความปลอดภัยทางด้านอาหาร ปริมาณสารพิษตกค้างที่อาจพบในผลผลิตทางการเกษตร สร้างความกังวลใจให้แก่ผู้บริโภค สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลายเป็นภัยเงียบต่อสังคม จนนำมาสู่การยื่นข้อเสนอมหาเพื่อขอให้ยกเลิกการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีความเสี่ยงสูงต่างๆ

กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัชพืชและการเกษตร ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการศึกษาเพื่อเฝ้าระวังการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชพาราควอตในผักที่นิยมบริโภคจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ กะเพรา กะหล่ำปลี คะน้า ชะอม ถั่วฝักยาว ตำลึง ใบบัวบก และพริก รวมทั้งสิ้น 160 ตัวอย่าง จากแหล่งจำหน่ายและโมเดิร์นเทรด เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์จริงและเป็นข้อมูล

สำหรับกรมวิชาการเกษตรประกอบการพิจารณาหรือกำหนดแนวทางสำหรับแก้ปัญหาด้านสารพิษตกค้าง สร้างความเชื่อมั่นและความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภคเป็นสำคัญ

วิธีดำเนินการ

ในการศึกษานี้ทำการสุ่มตัวอย่างพืชผักที่นิยมบริโภค จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ กะเพรา กะหล่ำปลี คื่นช่าย ชะอม ถั่วฝักยาว ตำลึง ใบบัวบก และพริก ชนิดละ 20 ตัวอย่าง จากแหล่งจำหน่าย 2 ประเภท ได้แก่ ตลาดสดและโมเดิร์นเทรดที่ตัวอย่างมีตราสัญลักษณ์ความปลอดภัย ทั้งในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และจังหวัดใกล้เคียง เก็บตัวอย่างพืชผักตามมาตรฐานของโคเดกซ์ (Codex) ในช่วงเดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2561 สกัดตัวอย่างผักด้วยวิธี QuEChERS (EURL-SRM, 2017) ตรวจพาราควอตที่ตกค้างด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ LC-MS/MS ณ ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ของกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างผักที่ประชาชนนิยมบริโภค จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ กะเพรา กะหล่ำปลี คื่นช่าย ชะอม ถั่วฝักยาว ตำลึง ใบบัวบก และพริก จากตลาดสดและห้างโมเดิร์นเทรดที่ตัวอย่างมีตราสัญลักษณ์ความปลอดภัยต่างๆ ในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล หรือจังหวัดใกล้เคียง ชนิดละ 20 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 160 ตัวอย่าง พบพาราควอตตกค้างจำนวน 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 4 ของตัวอย่างทั้งหมด พบพาราควอตตกค้างในชะอม 1 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตำลึง 5 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่ตรวจพบมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างของประเทศไทย (มกษ. 9002-2559) และมาตรฐานของโคเดกซ์ที่กำหนดในกลุ่มสินค้าเกษตรผักใบปริมาณเท่ากับ 0.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สหภาพยุโรปและญี่ปุ่นกำหนดเป็นค่าดีฟอลต์ (default limit) ที่ 0.02 และ 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างกะเพรา กะหล่ำปลี คื่นช่าย ถั่วฝักยาว ใบบัวบก และพริก ไม่พบการตกค้างของพาราควอต คิดเป็นร้อยละ 96 ของตัวอย่างผักทั้งหมด แสดงผลตรวจวิเคราะห์ดังใน Table 1

Table 1 The quantified residues of paraquat in consumed vegetables

Type	No. of samples analysed	No. of samples below or equal to the MRL	Quantified residues (mg/kg)	Maximum Residue Limits (MRLs)
Holy Basil	20	0	-	In the category leafy
Cabbage	20	0	-	vegetables, Thai MRLs and
Kale	20	0	-	Codex MRLs had been
Acacia shoots	20	1	0.02	applied at 0.07 mg/kg. The
Yard long bean	20	0	-	EU and JAPAN had strict the
Ivy gourd	20	5	0.01-0.02	MRL standard, thus using a
Pennywort	20	0	-	default limit of 0.02 and
Chili	20	0	-	0.05 mg/kg respectively.
Total samples	160	6	-	
Percentage	100	4	-	

ค่าต่ำสุดของการตรวจวัดเชิงปริมาณของวิธีวิเคราะห์ (Limit of Quantitation, LOQ) ของพาราควอตเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม งานวิจัยนี้ให้ผลเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับรายงานของ JMPR ที่เป็นคณะทำงานระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้มีการศึกษาพาราควอตที่ป้องกันก่อนวัชพืชของในผักกาดหอมและแครอทปลูกในดินร่วนปนทราย พบสารพาราควอต [$U-^{14}C$ -bipyridyl] paraquat ที่หลังการหว่าน โดยใช้อัตราสูง 13 เท่าของอัตราสูงสุดที่แนะนำ เก็บผลผลิตผักกาดหอมและแครอทที่ 65 และ 69 วัน หลังพ่น พบว่า ปริมาณพาราควอตกัมมันตรังสี (radioactive) ตกค้างบนใบผักกาดหอมและแครอทค่อนข้างต่ำเท่ากับ 0.0034 และ 0.0048 มิลลิกรัม

ต่ออีกโลกรัม ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ไม่เกิดการเคลื่อนย้ายของสารตกค้างพาราควอตจากดินไปสู่ใบของผักกาดหอมและหัวของแครอท นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการสลายตัวของพาราควอตที่ตกค้างในดินหลังปลูกพืชหมุนเวียน เช่น ข้าวสาลี ผักกาดหอม และแครอท โดยปลูกข้าวสาลี ผักกาดหอม และแครอทในดินที่พ่นพาราควอต [2,2,6,6-¹⁴C] paraquat เก็บตัวอย่างดินและพืชมาตรวจวิเคราะห์ที่ 0, 30, 120 และ 360 วัน หลังปลูก เพื่อหาปริมาณสารพิษตกค้างของไอโซโทป (total radioactive residues) พบพาราควอตตกค้างในตัวอย่างดินร้อยละ 99.2 ส่วนต่างๆ ของข้าวสาลี ได้แก่ เมล็ด ฟางและแกลบ พบปริมาณน้อยกว่า 0.0006-0.004 มิลลิกรัมต่ออีกโลกรัม ตัวอย่างผักกาดหอมพบ 0.0003 มิลลิกรัมต่ออีกโลกรัม ใบและหัวของแครอทพบ 0.0005 และ 0.0009 มิลลิกรัมต่ออีกโลกรัม ปริมาณที่พบการตกค้างน้อยมาก จากผลการทดลองนี้พบว่า พาราควอตไม่ดูดซึมเข้าสู่พืชที่ปลูกแม้จะใช้ดินที่พ่นพาราควอตตกค้างก็ตาม (FAO, 2004)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเพื่อเฝ้าระวังการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชชนิดพาราควอตในผักที่นิยมบริโภค รวมทั้งสิ้น 160 ตัวอย่าง เมื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง พบพาราควอตในชะอมและตำลึงรวม 6 ตัวอย่าง ปริมาณ 0.01-0.02 มิลลิกรัมต่ออีกโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 4 ของตัวอย่างผักทั้งหมด ส่วนในตัวอย่างกะเพรา กะหล่ำปลี กระเทียม ถั่วฝักยาว ใบบวบ และพริก ตรวจไม่พบการตกค้างของพาราควอต จากการเฝ้าระวังทำให้ทราบว่าพาราควอตสามารถสะสมและตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรได้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณที่ตรวจพบมีค่าน้อยมากเทียบกับค่าต่ำสุดของการตรวจวิเคราะห์งานวิจัยนี้จึงอาจเป็นเพียงจุดเริ่มต้นให้มีการศึกษาหรือการเฝ้าระวังเพิ่มเติมให้ครอบคลุมทั้งจำนวน ชนิดตัวอย่าง แหล่งจำหน่าย ช่วงเวลาของการสุ่มเก็บตัวอย่าง และนำผลที่ได้ประเมินความเสี่ยง และมีการจัดการพาราควอตที่เหมาะสมต่อไป

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ข้อมูลที่ได้จากเฝ้าระวังการตกค้างของสารกำจัดวัชพืชชนิดพาราควอตในตัวอย่างพืชผักที่นิยมบริโภค สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับกรมวิชาการเกษตรเพื่อกำหนดแนวทางการจัดการพาราควอต รวมไปถึงตรวจสอบการควบคุมการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (GAP) เพื่อรักษามาตรฐานในการผลิต

เอกสารอ้างอิง

- สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2560. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายปี (ประเภท) 2560. แหล่งข้อมูล : <http://www.doa.go.th/ard/FileUpload/hazard/Import.pdf>
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559 สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด PESTICIDE RESIDUES : MAXIMUM RESIDUE LIMITS สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 2547. คำแนะนำการป้องกันกำจัดวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Anastassiades, M. Kolberg, D. I. Benkenstein, A. Eichhorn, E. Zechmann, S. Mack, D. Wildgrube, C. Sigalov, I. Dörk, D. Barth, A. Quick Method for the Analysis of numerous Highly Polar Pesticides in Foods of Plant Origin via LC-MS/MS involving Simultaneous Extraction with Methanol (QuPPE-Method) Version 9.3 Pages 1-76 Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2004. List of Pesticides evaluated by JMPR and JMPS แหล่งข้อมูล : http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation04/paraquat.pdf 23 พฤษภาคม 2561
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009. List of Pesticides evaluated by JMPR and JMPS แหล่งข้อมูล : http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation09/Paraquat.pdf 23 พฤษภาคม 2561
- World Health Organization. 2009. The WHO Recommended Classification of Pesticide by Hazard and Guidelines to Classification แหล่งข้อมูล : http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf 23 พฤษภาคม 2561

ภาคผนวก



คำสั่ง กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ที่ ๕ /๒๕๖๑

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานจัดประชุมวิชาการประจำปี ๒๕๖๑

ด้วยกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กำหนดให้มีการจัดประชุมวิชาการประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๑ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิจัยเสนอผลงานวิจัยที่ได้ดำเนินการสิ้นสุดแล้วและรายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยที่อยู่ระหว่างดำเนินการในปีปัจจุบัน ตลอดจนได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์การทำงานระหว่างบุคลากรของหน่วยงาน

ดังนั้นเพื่อให้การประชุมวิชาการในครั้งนี้ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรจึงขอแต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานจัดประชุมวิชาการ พร้อมหน้าที่ความรับผิดชอบดังนี้

๑. คณะกรรมการอำนวยการจัดประชุม

นางสาวลมัย	ชูเกียรติวัฒนา	ผู้อำนวยการ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	ประธานกรรมการ
นายยงยุทธ	ไผ่แก้ว	ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุดิบทางการเกษตร	กรรมการ
นางปัญจพร	เลิศรัตน์	รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย	กรรมการ
นางสาวพินดา	ไชยยันต์บุรณ์	รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ	กรรมการ
นางสาวศุภกาญจน์	ล้วนมณี	ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา	กรรมการ
นางสาวจินตนา	ภูมังกุญชัย	ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร	กรรมการ
นางสาววรรณรัตน์	ชุตินุตร	ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี	กรรมการ
นางให้พร	กิตติกุล	ผู้อำนวยการกลุ่มบริหารโครงการวิจัย	กรรมการ
นางอุษฎา	สุขจันทร์	ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนา ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น	กรรมการ
นางสุจิตรา	สุรภาพไมตรี	หัวหน้าฝ่ายบริหารทั่วไป	กรรมการ
นางสุปราณี	มันหมาย	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	กรรมการและเลขานุการ
นางสาวณัฐธิดา	ทองนาค	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะกรรมการดังกล่าว มีหน้าที่รับผิดชอบ

- กำหนดแนวทางและวิธีการจัดการประชุมวิชาการ ตลอดจนอำนวยการ สั่งการ ให้คำปรึกษาแนะนำ เพื่อให้การประชุมวิชาการดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
- ควบคุม ดูแล และติดตามผลการปฏิบัติงานของคณะทำงานฝ่ายต่างๆ
- แต่งตั้งคณะทำงานได้ตามความเหมาะสม

๒. คณะ...

๒. คณะทำงานฝ่ายจัดการประชุม

นางสาวศุภกาญจน์	ล้วนมณี	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะทำงาน
นางสุปรานี	มันหมาย	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะทำงาน
นางสาววนิดา	โนบรرتها	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
นายพีรพงษ์	เขาวนพงษ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
นายอนุสรณ์	เทียนศิริฤกษ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
นางสาวสมฤทัย	ตันเจริญ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
นางสาธิตา	โพธิ์น้อย	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
นางผกาสินี	คล้ายมาลา	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
นายวิทยา	บัวศรี	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
นายอำนาจ	เอี่ยมวิจารณ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
นางสาวศิลดา	ประนาโส	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
นางสาวณัฐธิดา	ทองนาค	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะทำงาน
นางสาวกนกอร	บุญพา	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะทำงาน
นางสาวสุวลักษณ์	ไชยทอง	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
นางสาวศิริมล	สอนหอม	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงาน
นางพรนภัส	คล้องช้าง	พนักงานการเงินและบัญชี ส๓	คณะทำงาน
นางสาวเพ็ญศรี	จงศิรินบุตร	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงาน
นางสาวจรรยา	สุศรีวก	พนักงานประจำสำนักงาน	คณะทำงาน
นางสาวศศิชา	ภูตาคุม	พนักงานประจำห้องทดลอง	คณะทำงาน
นางสาวกัลยกร	โปรงจันทิก	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงานและเลขานุการ
นางสาวทิพวรรณ	แก้วหนู	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะทำงานดังกล่าวมีหน้าที่รับผิดชอบ

๑. ดำเนินการขออนุมัติจัดประชุมวิชาการและค่าใช้จ่าย จัดซื้อ/จัดจ้าง ตลอดจนเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายของการจัดประชุมวิชาการ
๒. กำหนดรูปแบบการประชุม วิทยากรบรรยายพิเศษ และจัดพิมพ์สูจิบัตร
๓. ดำเนินการด้านพิธีการ พิธีเปิด-ปิดการประชุมวิชาการ
๔. จัดเตรียมคำกล่าวพิธีเปิด-ปิดการประชุมวิชาการ
๕. รวบรวมรายชื่อผู้เข้าร่วมประชุมและจัดทำแฟ้มลงนาม พร้อมประสานงานกับคณะทำงานฝ่ายวิชาการเพื่อจัดรับลงทะเบียน และประสานกับคณะทำงานฝ่ายสถานที่ เพื่อจัดทำทะเบียนห้องพักและการโดยสารยานพาหนะ
๖. จัดทำหนังสือเชิญและรวบรวมประวัติวิทยากรบรรยายพิเศษ
๗. ประสานงานประธานพิธีเปิด-ปิด
๘. จัดหาของที่ระลึกประธานพิธีเปิด-ปิด วิทยากรบรรยายพิเศษ และผู้เกษียณ
๙. ดูแลต้อนรับประธานพิธีเปิด-ปิด วิทยากรบรรยายพิเศษ และแขกรับเชิญพิเศษ
๑๐. จัดหารางวัลสำหรับผู้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ที่ได้รับการคัดเลือกให้ได้รับรางวัล
๑๑. รายงานสรุปผลการประชุม
๑๒. งานอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมาย

๓. คณะทำงานฝ่ายวิชาการ

นางสาวจรีรัตน์	กุตลวิริยะวงศ์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะทำงาน
นางสาววนิดา	โนบรเทศา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะทำงาน
นางประไพ	ทองระอา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
นายสรเสรี	เสียงใส	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
นางสาวรัตนภรณ์	คชวงศ์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
นางสาวชฎาพร	คณาม	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
นางสาววนิดา	สุขประเสริฐ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
นางสาวสุพิศสา	ทองเขียว	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
นายบรรณพิชญ์	สัมฤทธิ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
นางธนิศา	คำอำนวย	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
นายอำนาจ	กะจันเทศ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
นางสาวอมรรัตน์	ใจยะเสน	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะทำงาน
นางสาวไสรยา	พลายพิชิต	นักวิทยาศาสตร์	คณะทำงาน
นายธนินทร์	สมแดง	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงาน
นางสาววรรณภา	แก้ปัญญา	พนักงานประจำสำนักงาน	คณะทำงาน
นางปองสุข	สว่างวงศ์	พนักงานพิมพ์ ส ๓	คณะทำงาน
นายพนอนันต์	สุพิทยานันท์	พนักงานประจำสำนักงาน	คณะทำงาน
นางสาวสุภา	โพธิจันทร์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงานและเลขานุการ
นางสาวปิยะนันท์	วิวัฒน์วิทยา	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะทำงานดังกล่าวมีหน้าที่รับผิดชอบ

- กำหนดรูปแบบเอกสารภาคบรรยาย ภาคโปสเตอร์ และจัดทำเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ
- จัดทำกำหนดการประชุมด้านวิชาการภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์
- กำหนดรายชื่อผู้ทำหน้าที่ประธานและเลขานุการการประชุมวิชาการภาคบรรยาย พร้อมทั้งรวบรวมประวัติประธาน เลขานุการ และผู้บรรยาย
- จัดหาพิธีกรดำเนินการประชุมวิชาการภาคบรรยาย
- แต่งตั้งคณะกรรมการประเมินผลการนำเสนอผลงานภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์
- จัดทำแบบประเมินการนำเสนอผลงานภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ และสรุปผล
- จัดทำแบบประเมินผลการประชุมวิชาการ วิเคราะห์ และสรุปผล
- จัดรับลงทะเบียน และแจกเอกสารประกอบการประชุม
- จัดเตรียมประกาศนียบัตรสำหรับผู้ได้รับรางวัลการนำเสนอผลงานภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์
- จัดทำจัดซื้อ/จัดจ้างทำเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ และวัสดุที่เกี่ยวข้อง
- งานอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมาย

๔. คณะทำงานฝ่ายสารสนเทศและโสตทัศนูปกรณ์

นางมลิสา	เวชยานนท์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะทำงาน
นางสาวลักษมี	เดชาบุรุษกุล	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะทำงาน
นายพิรพงษ์	เชาวนพงษ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน

นาย...

นายอธิปัตย์	คลังบุญครอง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะกรรมการ
นายอรัญญ์	ขันตยวิชัย	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะกรรมการ
นางสาวนันทกานต์	ขุนโหร	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะกรรมการ
นายอนุชา	ผลไสว	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นางสาวจิตติรัตน์	ชูชาติ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นายรัฐกร	สืบคำ	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นายณัฐพงศ์	ศรีสมบัติ	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นายวรวิทย์	อริยทรัพย์เจริญ	นักวิชาการเกษตร	คณะกรรมการ
นางสาวภัทรกร	จิรัชกุลวาร์	นักวิชาการพัสดุ	คณะกรรมการ
นายวัชรกร	อยู่จ้อย	เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล	คณะกรรมการ
นายมรเชษฐ์	ปาจันทร์	พนักงานประจำสำนักงาน	คณะกรรมการ
นายอเนก	พรรคพวก	คณงานทดลองการเกษตร	คณะกรรมการ
นางศิริกาญจน์	บุญเปลี่ยน	คณงานทดลองการเกษตร	คณะกรรมการ
นางดารารัตน์	ธรรมเกษร	คณงานทดลองการเกษตร	คณะกรรมการ
นายวิทยา	บัวศรี	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะกรรมการและเลขานุการ
นางสาวปฐมาภรณ์	จินจาคาม	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะกรรมการดังกล่าวมีหน้าที่รับผิดชอบ

๑. จัดทำวิสัยทัศน์ผลงานเด่นของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
๒. จัดทำวิสัยทัศน์ประวัติผู้เกษียณ
๓. จัดเตรียมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ พรินเตอร์ ประสานงานเจ้าหน้าที่สถานที่จัดประชุม ตรวจสอบความเรียบร้อยของโสตทัศนูปกรณ์ตลอดการประชุมวิชาการและงานเลี้ยง
๔. บันทึกภาพนิ่งการจัดประชุมวิชาการและงานเลี้ยง
๕. จัดเตรียมและตรวจสอบความพร้อมของไฟล์ข้อมูลการนำเสนอภาคบรรยาย

๔. คณะทำงานฝ่ายสถานที่ อาหาร เครื่องดื่ม และทัศนศึกษา

นางสุปรานี	มันหมาย	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะกรรมการ
นายอนุสรณ์	เทียนศิริฤกษ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะกรรมการ
นางสาวสมฤทัย	ตันเจริญ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะกรรมการ
นางผกาสินี	คล้ายมาลา	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	คณะกรรมการ
นายประชาธิปไตย	พงศ์ภิญโญ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	คณะกรรมการ
นางศรีสุดา	รินเจริญ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะกรรมการ
นางสาวสุกานันท์	จันทร์ประอบ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นายสมพงษ์	บัววรรณงาม	พนักงานห้องปฏิบัติการ ส ๒	คณะกรรมการ
นางสาวนงรัตน์	โอฬารศาสตร์	พนักงานการเงินและบัญชี ส ๓	คณะกรรมการ
นางเอี่ยมสำอางค์	โพธิ์สุวรรณ	คณงานทดลองการเกษตร	คณะกรรมการ

นาง...

นางสงกรานต์	มะลิสอน	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะกรรมการ
นายพิเชษฐ์	ทองละเอียด	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะกรรมการ
นายสนธยา	คำดีบ	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นางสาวสายน้ำ	อุดพ้วย	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นางสาวเจนจิรา	เทเวศร์วรกุล	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นางพยอม	เนียมจ้อย	นักจัดการงานทั่วไปปฏิบัติการ	คณะกรรมการ
นางมณฑาทิพย์	คล้ายดวงแข	เจ้าพนักงานธุรการชำนาญงาน	คณะกรรมการ
นางสาวชลธิชา	จันประทีป	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะกรรมการ
นางพรนภัส	คล่องช้าง	พนักงานการเงินและบัญชี ส๓	คณะกรรมการ
นายวันชัย	ศรีอรุณ	เจ้าพนักงานธุรการชำนาญงาน	คณะกรรมการ
นางสาวฤทัยรัตน์	น้อยจาด	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	คณะกรรมการ
นางสาวพัชรินทร์	นามวงษ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะกรรมการและเลขานุการ
นางสาวบุญทริก	ฉิมชาติ	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะกรรมการดังกล่าวมีหน้าที่รับผิดชอบ

๑. ติดต่อประสานงาน การจัดเตรียม ตกแต่งสถานที่ประชุมวิชาการและงานเลี้ยงรับรอง
๒. ดำเนินการเรื่องห้องพัก จัดทำรายชื่อและการลงทะเบียนการเข้า-ออกที่พักรวม กำหนดผู้เข้าพัก
๓. ดำเนินการเรื่องอาหารและเครื่องดื่มของผู้เข้าร่วมประชุมและงานเลี้ยงรับรอง
๔. จัดเตรียมยานพาหนะสำหรับผู้เข้าร่วมประชุม วิทยากรบรรยายพิเศษ คณะจัดงาน และการไปทัศนศึกษา
๕. จัดจ้างยานพาหนะ
๖. ดำเนินการด้านพิธีการและการจัดแสดงในงานเลี้ยง
๗. งานอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๖ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๑



(นางสาวลมัย ชูเกียรติวัฒนา)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร



กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
กระทรวงสาธารณสุข