



การสัมมนาวิชาการ

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ประจำปี ๒๕๖๐

“วิจัยปัจจัยการผลิตต้นสู่ประเทศไทย ๔.๐”



๓-๕ กรกฎาคม ๒๕๖๐

ณ โรงแรมคลาสสิก คามิโอ อโยธยา

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

คำนำ

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร มีบทบาทหน้าที่ ค้นคว้า วิจัย พัฒนาวิชาการด้านปัจจัยการผลิตทางการเกษตรและให้บริการวิเคราะห์ ตรวจสอบ ออกคำแนะนำ ตลอดจนรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตต่างๆ ได้แก่ ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุมีพิษการเกษตร วัสดุการเกษตร วัตถุเคมีการเกษตรและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้สร้างงานวิจัย และงานบริการ ด้านปัจจัยการผลิตที่มีคุณค่าให้กับการพัฒนาการเกษตรของประเทศ ทั้งนี้ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรจัดให้มีการสัมมนาวิชาการอย่างต่อเนื่องทุกปี เพื่อให้ นักวิจัย ได้มีโอกาสนำเสนอผลงานวิจัย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนักวิจัยภายในหน่วยงาน รวมทั้งเป็นการต่อยอดงานวิจัย เพื่อพัฒนาปรับเปลี่ยนระบบการผลิตทางการเกษตรอย่างมีคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช นอกจากนี้ผลงานวิจัยที่ได้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง สำหรับในปีงบประมาณ 2560 กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรได้จัดสัมมนาวิชาการระหว่างวันที่ 3 - 5 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ณ โรงแรมคลาสสิค คาเมิโอ อยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภายใต้หัวข้อ “วิจัยปัจจัยการผลิต นำสู่ประเทศไทย 4.0” เพื่อให้เกิดความร่วมมือร่วมใจของนักวิจัย ในการสร้างสรรค์ผลงานวิจัยด้านปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพ สู่การนำไปใช้ประโยชน์

ในการสัมมนาวิชาการครั้งนี้ ได้มีการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งในภาคบรรยาย จำนวน 23 เรื่อง และภาคโปสเตอร์ จำนวน 14 เรื่อง โดยได้จัดทำเอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ สำหรับใช้ในการติดตามความก้าวหน้าผลการดำเนินงานวิจัยและนำไปใช้ประโยชน์สู่การพัฒนาระบบการจัดการปัจจัยการผลิตทางการเกษตรได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิต สามารถแข่งขันในตลาดได้อย่างยั่งยืนทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร หวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2560 ฉบับนี้จะมีคุณค่า และเป็นประโยชน์กับผู้ที่สนใจนำไปพัฒนา และประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาการเกษตรของประเทศต่อไป



(นายภัชชญ์ หมื่นแจ้ง)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

มิถุนายน 2560

สารบัญ

หน้า

กำหนดการ

ก – จ

ภาคบรรยาย

เรื่องที่ 1	วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างแมนโคเซบ (Mancozeb) ในลำไย เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL)	1
เรื่องที่ 2	ศึกษาวิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชสูตร Emulsifiable concentrate (EC) โดยเทคนิค NIRs	12
เรื่องที่ 3	วิจัยหากลุ่มสารสำคัญในสารสกัดจากแมงลักป่าในการควบคุมวัชพืช	19
เรื่องที่ 4	การพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของไกลโฟเซตในดินและน้ำ ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography	30
เรื่องที่ 5	ผลการใช้โคโคซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อลดปุ๋ยเคมีในการผลิตมะเขือเทศ	39
เรื่องที่ 6	การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณ ประสิทธิภาพ และการจัดจำแนกชนิดของไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	48
เรื่องที่ 7	ผลระยะยาวของการจัดการดินและปุ๋ยต่อสมบัติของดินและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย จ.นครราชสีมา	58
เรื่องที่ 8	ผลของการจัดการดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน	72
เรื่องที่ 9	การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทุ ในการผลิตข้าว	83
เรื่องที่ 10	ผลของไบโอชาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ดินร่วนปนทรายและดินเหนียวในสภาพโรงเรือน	96
เรื่องที่ 11	การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวไวแสงพื้นที่แปลงใหญ่ข้าวในจังหวัดขอนแก่น	105
เรื่องที่ 12	พัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์	114
เรื่องที่ 13	พัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดยเทคนิคเฟลมโฟโตเมทรี	123
เรื่องที่ 14	การพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน	134
เรื่องที่ 15	ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซาดิแรคตินในสะเดา	144
เรื่องที่ 16	รายงานผลการปฏิบัติงานกิจกรรมผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต	151
เรื่องที่ 17	โครงการวิจัยศึกษาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และการใช้กากขาน้ำมันเพื่อกำจัดศัตรูพืช	157
เรื่องที่ 18	การประกันคุณภาพภายนอกของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ยผ่านกิจกรรมทดสอบความชำนาญ	175
เรื่องที่ 19	การจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุดิบทรายทางการเกษตรเพื่อลดต้นทุนเพิ่มปริมาณคุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตพืช	185

เรื่องที่ 20	งานบริการตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ	193
เรื่องที่ 21	กิจกรรมนำร่องดูแลสุขภาพดินและน้ำ	201
เรื่องที่ 22	การบริการตรวจวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ปีงบประมาณ 2560 (ตุลาคม 2559 – พฤษภาคม 2560)	211
เรื่องที่ 23	งานบริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืช	217

สารบัญ (ต่อ)

ภาคโปสเตอร์	หน้า
เรื่องที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายยาสูบต่อการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในแปลงเกษตรกร	223
เรื่องที่ 2 การเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย	229
เรื่องที่ 3 วิจัยหาส่วนผสมสารสำคัญในสารสกัดน้อยหน่าที่มีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนใยผัก	232
เรื่องที่ 4 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารป้องกันกำจัดโรคพืชในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช: คาร์เบนดาซิม (carbendazim) และ โทลโคลฟอส – เมทิล (tolclofos-methyl)	238
เรื่องที่ 5 ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดหวานในดินร่วน-ร่วนปนทราย : ชุดดินท่าม่วง	243
เรื่องที่ 6 ความหลากหลายของราดินและแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร	250
เรื่องที่ 7 ความก้าวหน้าของกิจกรรมการบริหารความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร	256
เรื่องที่ 8 การใช้สารอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของรากต้นกล้วยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	262
เรื่องที่ 9 การใช้สารสกัดสำหรับยีสี่เชื้อราเงินร่วมกับปุ๋ยทางใบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้วยน้ำว้า ‘ปากช่อง50’ จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ	267
เรื่องที่ 10 การประเมินความต้องการธาตุอาหารของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์สปันต้า	273
เรื่องที่ 11 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ 6-เบนซิลอะมิโนพิวรีนและเมพิควอตคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยเทคนิค HPLC	277
เรื่องที่ 12 การวิจัยและพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต เพื่อประเมินคุณภาพน้ำทางการเกษตร	282
เรื่องที่ 13 คุณค่าทางโภชนาการของผักพื้นบ้านไทย	287
เรื่องที่ 14 ศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีโดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้	292

ภาคผนวก

คำสั่งกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ที่ 28/2560 เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานจัดประชุมวิชาการประจำปี 2560

กำหนดการ
การสัมมนาวิชาการ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ประจำปี ๒๕๖๐
เรื่อง “วิจัยปัจจัยการผลิต นำสู่ประเทศไทย ๔.๐”
วันที่ ๓-๕ กรกฎาคม ๒๕๖๐
ณ โรงแรมคลาสสิก คามิโอ อโยธยา อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา

วันจันทร์ ที่ ๓ กรกฎาคม ๒๕๖๐

ภาคเช้า

- ๐๖.๓๐ – ๐๘.๐๐ น. ออกเดินทางจากกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
- ๐๘.๐๐ – ๑๐.๐๐ น. ลงทะเบียน ณ โรงแรมคลาสสิก คามิโอ อโยธยา
- ๑๐.๐๐ – ๑๐.๓๐ น. พัก – อาหารว่างและเครื่องดื่ม
- ๑๐.๓๐ – ๑๑.๐๐ น. พิธีเปิดการสัมมนา โดย นายสุวิทย์ ชัยเกียรติยศ อธิบดีกรมวิชาการเกษตร
- ❖ ชมภาพนิ่งประกอบการบรรยายผลการดำเนินงานของ กปผ.
- ๑๑.๐๐ – ๑๒.๐๐ น. การเสวนา “มุมมองการทำงานของข้าราชการรุ่นใหม่”
- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| โดย นายอรรถวิทย์ ชันติวิชัย | นักวิชาการเกษตรชำนาญการ | ศปผ.ขก. |
| นางสาวณัฐธิดา ทองนาค | นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ | กบว. |
| นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ | นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ | กกค. |
| นายประพันธ์ เคนท้าว | นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ | กวพ. |
| นางสาวอมรรรัตน์ ไชยะเสน | นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ | กปว. |
| นางสาวศิริมล สอนหอม | เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน | ฝบพ. |
- ดำเนินการเสวนาโดย นายวิทยา บัวศรี นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ กวพ.
- ๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐ น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

ภาคบ่าย

- ๑๓.๐๐ – ๑๕.๐๐ น. การเสวนา “การพัฒนางานวิจัยด้านปัจจัยการผลิตทางการเกษตร”
- โดย นายกสมาคมอารักขาพืชไทย
- | | | |
|---------------------|--|--|
| นายสุภักดิ์ เหล่าดี | ผู้แทนสมาคมผู้ค้าปุ๋ยและธุรกิจการเกษตร | |
| นายสุภรณ์ สันขวรรณะ | เกษตรกรผู้ปลูกอ้อย | |
- ดำเนินการเสวนาโดย นายภัสชญภณ หมื่นแจ้ง ผอ.กปผ.
- ๑๕.๐๐ – ๑๕.๒๐ น. พัก – อาหารว่างและเครื่องดื่ม
- ๑๕.๒๐ – ๑๗.๐๐ น. บรรยายพิเศษ “ทิศทางการดำเนินงานวิจัย มุ่งสู่ กปผ. ๔.๐”
- | | | |
|---------------------------|---|--|
| โดย นายยงยุทธ ไม้แก้ว | ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร | |
| นางปัญจพร เลิศรัตน์ | รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย | |
| นางสาวพนิดา ไชยยันต์บุรณ์ | รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ | |
- ๑๘.๐๐ น. รับประทานอาหารเย็น

วันอังคาร ที่ ๔ กรกฎาคม ๒๕๖๐

ภาคเช้า

๐๘.๕๐ – ๐๙.๐๕ น.	การนำเสนอผลงานวิจัย : กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร ประธาน นางสาวจรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ เลขานุการ นางสาวเพชรรัตน์ ศิริวิ นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
๐๙.๐๕ – ๐๙.๒๐ น.	เรื่อง วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างแมนโคเซบ (Mancozeb) ในลำไย เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL) โดย นางสาวสุพัตร์ หนูสังข์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
๐๙.๒๐ – ๐๙.๒๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอนะ
๐๙.๒๕ – ๐๙.๔๐ น.	เรื่อง ศึกษาวิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชสูตร Emulsifiable concentrate (EC) โดยเทคนิค NIRs โดย นายพิเชษฐ์ ทองละเอียด นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
๐๙.๔๐ – ๐๙.๔๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอนะ
๐๙.๔๕ – ๑๐.๐๐ น.	เรื่อง วิจัยหาปริมาณสารสำคัญในสารสกัดจากแมงลักป่าในการควบคุมวัชพืช โดย นางสาวศิริพร สอนท่าโก นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
๑๐.๐๐ – ๑๐.๐๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอนะ
๑๐.๐๕ – ๑๐.๒๐ น.	เรื่อง การพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของไกลโฟเซตในดินและน้ำ ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography โดย นางผกาสิณี คล้ายมาลา นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
๑๐.๒๐ – ๑๐.๒๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอนะ
๑๐.๒๕ – ๑๐.๔๕ น.	พัก – อาหารว่างและเครื่องดื่ม
๑๐.๔๕ – ๑๑.๐๐ น.	การนำเสนอผลงานวิจัย : กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา ประธาน นายยงยุทธ ไม้แก้ว ผช.ด้านวัตถุดิบทรายทางการเกษตร เลขานุการ นางสาววาเลนไทน์ เจือสกุล นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
๑๑.๐๐ – ๑๑.๑๕ น.	เรื่อง ผลการใช้โคโคซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อลดปุ๋ยเคมีในการผลิตมะเขือเทศ โดย นางสาวกัลยากร โปร่งจันทิก นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
๑๑.๑๕ – ๑๑.๒๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอนะ
๑๑.๒๐ – ๑๑.๓๕ น.	เรื่อง การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณ ประสิทธิภาพ และการจัด จำแนกชนิดของไรโซเปียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเปียม โดย นางสาวอมรรัตน์ ใจยะเสน นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
๑๑.๓๕ – ๑๑.๔๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอนะ
๑๑.๔๐ – ๑๑.๕๕ น.	เรื่อง ผลระยะยาวของการจัดการดินและปุ๋ยต่อสมบัติของดินและการให้ผลผลิต ของมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย จ.นครราชสีมา โดย นางสาวสมฤทัย ตันเจริญ นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
๑๑.๕๕ – ๑๒.๐๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอนะ
๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐ น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน

ภาคบำย

๑๓.๐๐ – ๑๓.๑๕ น.	การนำเสนอผลงานวิจัย : กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี และศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น
	ประธาน นางอุษฎา สุขจันทร์ ผอ.ศปผ.ชก.
	เลขานุการ นางสาวพรนภัส วิชานนธนา นักรวิทยาการเกษตรปฏิบัติการ
๑๓.๑๕ – ๑๓.๓๐ น.	เรื่อง ผลของการจัดการดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน โดย นางสาววนิดา โนบรรเทา นักรวิทยาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
๑๓.๓๐ – ๑๓.๓๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๓.๓๕ – ๑๓.๕๐ น.	เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ในการผลิตข้าว โดย นางสาวสรัดนา เสนาะ นักรวิทยาการเกษตรชำนาญการ
๑๓.๕๐ – ๑๓.๕๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๓.๕๕ – ๑๔.๑๐ น.	เรื่อง ผลของไบโอชาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ดินร่วนปนทรายและดินเหนียวในสภาพโรงเรือน โดย นางสาวชัชชนพร เกื้อหนู นักรวิทยาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
๑๔.๑๐ – ๑๔.๑๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๔.๑๕ – ๑๔.๓๐ น.	เรื่อง การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวไวแสงพื้นที่แปลงใหญ่ข้าวในจังหวัดขอนแก่น โดย นายสรสรเสริญ เสี่ยงใส นักรวิทยาการเกษตรชำนาญการ
๑๔.๓๐ – ๑๔.๓๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๔.๓๕ – ๑๔.๕๕ น.	พัก – อาหารว่างและเครื่องดื่ม
๑๔.๕๕ – ๑๕.๑๐ น.	การนำเสนอผลงานวิจัย : กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี
	ประธาน นางปัญจพร เลิศรัตน์ รักษาการ ผชช.ด้านดินและปุ๋ย
	เลขานุการ นางสาวกนกอร บุญพา นักรวิทยาการเกษตรปฏิบัติการ
๑๕.๑๐ – ๑๕.๒๕ น.	เรื่อง พัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ โดย นางทองจันทร์ พิมพ์เพชร นักรวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
๑๕.๒๕ – ๑๕.๓๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๕.๓๐ – ๑๕.๔๕ น.	เรื่อง พัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดยเทคนิคเฟลมโฟโตเมทรี โดย นางรัตนภรณ์ คชวงศ์ นักรวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
๑๕.๔๕ – ๑๕.๕๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๕.๕๐ – ๑๖.๐๕ น.	เรื่อง การพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน โดย นางสาวสุภา ไพธิจันทร์ นักรวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
๑๖.๐๕ – ๑๖.๑๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๖.๑๐ – ๑๖.๒๕ น.	เรื่อง ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซาดิแรคตินในสะเดา โดย นางสาวสุภาณันท์ จันทร์ประอบ นักรวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
๑๖.๒๕ – ๑๖.๓๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ

๑๖.๓๐ – ๑๖.๔๕ น.	เรื่อง รายงานผลการปฏิบัติงานกิจกรรมผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต โดย นายสนธยา ขำดีบ นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
๑๖.๔๕ – ๑๖.๕๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๘.๐๐ น.	รับประทานอาหารเย็น

วันพุธ ที่ ๕ กรกฎาคม ๒๕๖๐

ภาคเช้า

๐๘.๕๕ – ๐๙.๑๐ น.	การนำเสนอผลงานวิจัยที่ได้รับรางวัล ประจำปี ๒๕๕๙ กรมวิชาการเกษตร และผลงานวิจัยใช้ประโยชน์ ของ กปผ. ประธาน นางสาวพนิดา ไชยยันต์บุรณ์ รักษาการ ผชช.ด้านวิเคราะห์และ ทดสอบ เลขานุการ นางสาวอมรรัตน์ ไชยเสน นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
๐๙.๑๐ – ๐๙.๒๕ น.	<u>ประเภทงานวิจัยประยุกต์ ระดับดี</u> เรื่อง โครงการวิจัยศึกษาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และการใช้กากขี้มูล เพื่อกำจัดศัตรูพืช โดย นางสาวณัฐพร ฉันทศักดิ์ดา นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
๐๙.๒๕ – ๐๙.๓๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๐๙.๓๐ – ๐๙.๔๕ น.	<u>ประเภทงานบริการวิชาการ ระดับชมเชย</u> เรื่อง การประกันคุณภาพภายนอกของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย ผ่านกิจกรรมทดสอบความชำนาญ โดย นางสาวกรรณต์ มะลิสอน นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
๐๙.๔๕ – ๐๙.๕๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๐๙.๕๐ – ๑๐.๐๕ น.	เรื่อง การจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพื่อลดต้นทุนเพิ่มปริมาณ คุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตพืช โดย นางอุษฎา สุขจันทร์ ผอ.ศปผ.ชก.
๑๐.๐๕ – ๑๐.๑๐ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๐.๑๐ – ๑๐.๓๐ น.	พัก – อาหารว่างและเครื่องดื่ม
๑๐.๓๐ – ๑๐.๔๕ น.	การนำเสนอผลงานบริการวิชาการ ประธาน นางสาวศุภกาญจน์ ล้วนมณี ผอ.กปว. เลขานุการ นางสาวสุรรัตน์ ไตรสิทธิ์ นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
๑๐.๔๕ – ๑๑.๐๐ น.	เรื่อง งานบริการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพ โดย นายอำนาจ เอี่ยมวิจารณ์ นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
๑๑.๐๐ – ๑๑.๐๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๑.๐๕ – ๑๑.๒๐ น.	เรื่อง กิจกรรมนำร่องดูแลสุขภาพดินและน้ำ โดย นางสาวจรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ
๑๑.๒๐ – ๑๑.๒๕ น.	ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ

๑๑.๒๕ – ๑๑.๔๐ น.	เรื่อง	การบริการตรวจวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ปีงบประมาณ ๒๕๖๐ (ตุลาคม ๒๕๕๙ – พฤษภาคม ๒๕๖๐) โดย นายอนุชา ผลไสว นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
๑๑.๔๐ – ๑๑.๕๕ น.	เรื่อง	งานบริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืช โดย นางสาววะนิดา สุขประเสริฐ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ
๑๑.๕๕ – ๑๒.๐๐ น.		ซัก – ถามปัญหาและข้อเสนอแนะ
๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐ น.		พักรับประทานอาหารกลางวัน

ภาคบ่าย

๑๓.๐๐ – ๑๔.๓๐ น.	ผู้บริหาร กปผ. พบนักวิจัย
๑๔.๓๐ – ๑๕.๐๐ น.	พัก – อาหารว่างและเครื่องดื่ม
๑๕.๐๐ – ๑๕.๓๐ น.	สรุปผลการสัมมนาวิชาการ ประจำปี ๒๕๖๐ กปผ.
๑๕.๓๐ – ๑๖.๐๐ น.	พิธีมอบรางวัลผู้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์
๑๖.๐๐ – ๑๖.๓๐ น.	พิธีปิดการสัมมนาวิชาการ
๑๖.๓๐ น.	เดินทางกลับกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ภาคบรรยาย

วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างแมนโคเซบ (mancozeb) ในลำไยเพื่อกำหนด ค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL)

Residue Trials of Mancozeb in Longan to Establish Maximum Residue Limit (MRL)

สุพัตร์ หนูสังข์ จินตนา ภู่มงกุฎชัย พนิดา ไชยยันต์บุรณ์ บุญทวีศักดิ์ บุญทวี
ศศิณิภา คงเข้มดี ประพันธ์ เคนท้าว

กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

.....

บทคัดย่อ

ศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้างแมนโคเซบ (mancozeb) ในลำไย เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง ทำการทดลองในแปลงลำไยทั้งหมด 6 แปลงทดลอง โดยทดลองในช่วงเดือนตุลาคม 2558 ถึง สิงหาคม 2559 แบ่งแปลงทดลองออกเป็น 2 แปลงย่อย คือแปลงควบคุม (ไม่พ่นวัตถุมีพิษ) และแปลงที่มีการพ่นสาร mancozeb โดยพ่น mancozeb 80% W/W ตามอัตราแนะนำในลำไย คือ 60 g/ น้ำ 20 L อัตราการใช้น้ำ 1000 L/Ha พ่น mancozeb ในลำไย 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน ภายหลังจากการพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างลำไยไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง mancozeb ที่ระยะเวลา 0, 3, 7, 14 และ 21 วัน โดยวิเคราะห์หา carbon disulfide (CS₂) ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) จากการศึกษา พบว่า ที่ระยะเวลาเก็บที่ 0 วัน ตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือกมีปริมาณสารพิษตกค้าง CS₂ ระหว่าง 11.93-29.08 mg/kg ตัวอย่างเนื้อพบ 0.65-2.39 mg/kg และในตัวอย่างเปลือกพบ 38.82-109.24 mg/kg โดยปริมาณ CS₂ ในตัวอย่างจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงวันที่ 14 พบในปริมาณ 2.25-7.04, 0.19-1.58 และ 14.09-35.92 mg/kg ในตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก ตัวอย่างเนื้อ และตัวอย่างเปลือก ตามลำดับ และที่ระยะเวลา 21 วัน CS₂ จะลดลงจากวันที่ 14 เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ETU ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ พบว่า mancozeb สามารถสลายตัวไปเป็นสาร ETU ได้น้อย โดยจะพบ ETU ในเปลือกมากกว่าเนื้อ จากการทดลองในครั้งนี้ได้นำค่าปริมาณสารพิษตกค้างดังกล่าวเสนอต่อหน่วยงาน Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) ของสาธารณรัฐเกาหลี เพื่อกำหนดค่า Import Tolerance MRL สำหรับ mancozeb ในลำไย ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการพิจารณา

คำสำคัญ : ลำไย แมนโคเซบ สารพิษตกค้าง CS₂ ETU

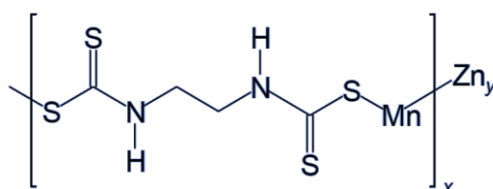
คำนำ

ลำไย (Longan) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dimocarpus longan* Lour. อยู่ในวงศ์ Sapindaceae มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายเกือบทุกภาคของไทย ลำไยเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่นิยมนำมารับประทาน และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ มีศักยภาพในการผลิตและการตลาดสูงโดยเฉพาะตลาดส่งออก ทั้งในรูปผลไม้สด ผลไม้แช่แข็ง และผลิตภัณฑ์แปรรูป การส่งออกลำไยโดยเฉพาะลำไยสด มักเกิดปัญหาด้านการตลาดที่ค่อนข้างแคบ เนื่องจากในหลายประเทศกลัวปัญหาเรื่องโรคและแมลงที่จะติดไปกับผลลำไย ดังนั้นการผลิตลำไยจึงต้องมีขบวนการผลิตอย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มาตรฐาน มีสุขอนามัย และสุขอนามัยพืช สามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก สำหรับตลาดต่างประเทศสำคัญของลำไย ได้แก่ เกาหลี จีน ฮองกง อินโดนีเซีย แคนาดา อังกฤษ และเนเธอร์แลนด์ (บุษบง, 2557)

โรคศัตรูพืชที่สำคัญที่พบบ่อยในลำไย ได้แก่ โรคราเน่าผ่นหรือโรคผลเน่า โรครากเน่า โคนเน่า และใบไหม้ เป็นต้น การใช้สารเคมีทางการเกษตร เป็นวิธีการหนึ่งที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้เพื่อป้องกันและกำจัดปัญหาโรคดังกล่าว

เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก เห็นผลเร็ว สามารถทำได้ในพื้นที่กว้างขวางได้อย่างรวดเร็ว โดยวัตถุดิบตรงรายการเกษตรที่เกษตรกรส่วนใหญ่นำมาใช้ ได้แก่ สารป้องกันกำจัดเชื้อรา (Fungicide) สารป้องกันกำจัดเชื้อราเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติป้องกันหรือกำจัดโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา ซึ่งสารกลุ่ม ethylenebisdithiocarbamates (EBDC) เป็นสารกำจัดเชื้อรากลุ่มหนึ่งที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง สารในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ ได้แก่ แมนโคเซบ (mancozeb) (Nakamura *et al.*, 2010)

แมนโคเซบ (mancozeb) เป็นสารป้องกันกำจัดเชื้อราในพืชต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ได้แก่ ไม้ผล ไม้ดอก ชา กาแฟ ยาสูบ ผัก ฝ้าย ข้าว ข้าวโพด และถั่ว รวมทั้งใช้ในการคลุกเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อเก็บรักษาเมล็ดก่อนการปลูก ซึ่งในลำไยใช้ในการกำจัดโรครากเน่า โคนเน่า โรคราน้ำฝน และโรคใบจุด mancozeb มีชื่อทางเคมีว่า [1,2-ethaznediybis(carbamodithio)(2-)]manganese zinc salt มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ไม่มีกลิ่น มีจุดหลอมเหลวที่ 192 °C ละลายได้ดีในน้ำที่ 6-20 mg/mL ที่ 25 °C ลักษณะโครงสร้างของสาร mancozeb ดังภาพที่ 1 โดย mancozeb สามารถสลายตัวเป็นสารอนุพันธ์ ได้แก่ ethylenethiourea (ETU) (European Food Safety Authority, 2010) ซึ่งในการพิจารณาปริมาณสารพิษตกค้างเทียบกับค่า MRL ใช้ปริมาณสารพิษตกค้างของ carbon disulfide (CS₂) ที่เกิดจาก mancozeb เพียงอย่างเดียว ส่วนการประเมินความเป็นพิษ (estimation of daily intake) ของ mancozeb ที่ตกค้างในผลผลิตประเมินจาก CS₂ และ ETU ดังนั้นการศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้าง mancozeb จำเป็นต้องตรวจวิเคราะห์ทั้ง CS₂ และ ETU



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของ mancozeb

การศึกษาการสลายตัวของสารพิษตกค้าง mancozeb ในลำไย เพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดค่ามาตรฐาน โดยนำข้อมูลที่ได้เสนอต่อหน่วยงาน Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) ของสาธารณรัฐเกาหลี เพื่อให้ทางสาธารณรัฐเกาหลีพิจารณากำหนดค่า Import Tolerance MRL สำหรับสาร mancozeb ในลำไย เพื่อป้องกันผลกระทบต่อการส่งออกลำไยจากประเทศไทยไปสาธารณรัฐเกาหลี นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษายังใช้ในการกำหนดค่า MRL และ PHI ของประเทศไทย สำหรับสาร mancozeb ในลำไย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค รวมทั้งการใช้วัตถุดิบที่ถูกต้องและปลอดภัย สามารถให้คำแนะนำการใช้วัตถุดิบพืชที่ถูกต้องแก่เกษตรกรด้วย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องแก้วต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ หลอดปั่นเหวี่ยง (centrifuge tube) ขนาด 15 และ 50 ml ขวดบรรจุสาร (vial) ขนาด 1.5 และ 15 mL กระบอกตวง (cylinder) ปีกเกอร์ (beaker) ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) และตัวกรองชนิด PTFE (PTFE syringe filter) ขนาด 0.2 µm
2. ขวดแก้วปริมาตร 250 mL ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 mm พร้อมจุกปิดขวด
3. ที่บีบฝาขวด (crimper) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 mm
4. เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องซั่ง 2 และ 5 ตำแหน่ง ที่ผ่านการสอบเทียบ เครื่องปั่นตัวอย่าง (food processor) ไมโครปิเปต (micro pipette) ขนาด 100-5,000 µL เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer) เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)

5. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
6. เข็มฉีดยาที่เป็นแก๊ส (gas type syringe) ขนาด 100 μ L
7. เครื่องตรวจวิเคราะห์วัตถุที่มีพิษ ชนิด Gas Chromatography Mass Spectrometer (GC/MS) และคอลัมน์ชนิด DB-5 MS ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 mm ความยาว 30 m เคลือบฟิล์มหนา 0.25 μ m
8. เครื่องตรวจวิเคราะห์วัตถุที่มีพิษ ชนิด Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometer (LC-MS/MS) และคอลัมน์ชนิด Kinetex[®] 2.6 μ m HILIC 100 A ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.1 mm ความยาว 100 mm
9. เครื่องพ่นสารเคมีแบบแรงดันน้ำสูง (high pressure pump sprayer)
10. อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแปลงทดลอง ได้แก่ นาฬิกาจับเวลา เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เครื่องวัดความเร็วลม ชุดป้องกันสารพิษ เชือกฟางและหมุดหัวน็อต

สารเคมี

1. สารมาตรฐานวัตถุที่มีพิษแมนโคเซบ (mancozeb) ซึ่งมีความบริสุทธิ์ 76.9% และวัตถุที่มีพิษ mancozeb ชนิด 80% WP นำไปตรวจวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ ได้ 80 %
2. สารมาตรฐาน ethylenethiourea (ETU) มีความบริสุทธิ์ 98.5%
3. สารเคมี ได้แก่ carbon disulfide (CS_2), tin (II) chloride (SnCl_2), กรด HCl 37% w/w, iso-octane (PR grade) acetonitrile (HPLC grade), formic acid, ammonium formate, water (HPLC grade), sodium chloride (NaCl), magnesium sulphate (MgSO_4), primary secondary amine (PSA)

ขั้นตอนดำเนินการ

1. การทำแปลงทดลอง

1.1 เลือกพื้นที่ทำแปลงทดลองลำไยจำนวน 6 แปลง แต่ละแปลงห่างกันไม่น้อยกว่า 30 km โดยทดลองในพื้นที่ภาคตะวันออก จำนวน 3 แปลง และภาคเหนืออีก 3 แปลง ได้แก่ แปลงที่ 1 อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี แปลงที่ 2 อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยอง แปลงที่ 3 อำเภอชะเมา จังหวัดจันทบุรี แปลงที่ 4 อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ แปลงที่ 5 อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ และแปลงที่ 6 อำเภอเวียงหนองล่อง จังหวัดลำพูน

1.2 การทดลองในแต่ละแปลงทดลองแบ่งออกเป็น 2 แปลงทดลองย่อย คือ แปลงควบคุม (Untreated) เป็นแปลงที่ไม่ได้พ่น mancozeb และแปลงที่พ่น mancozeb (Treated, T) โดยพ่นตามอัตราแนะนำ คือใช้ mancozeb 80% W/P ในอัตรา 60 g /น้ำ 20 L (240 g a.i./hl) และอัตราการใช้น้ำ 1000 L/Ha

1.3 ก่อนการพ่น mancozeb ทำการ calibrate เครื่องพ่นวัตถุอันตราย เพื่อหา flow rate ของเครื่องคำนวณเวลาที่ใช้ และปรับเวลาการเดินของผู้พ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตร เพื่อควบคุมให้การพ่นสารมีความสม่ำเสมอ และปริมาณน้ำต่อต้น/พื้นที่ เป็นไปตามที่กำหนด

1.4 แต่ละแปลงทดลอง (Treated) พ่น mancozeb รวม 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน โดยแปลงที่ 1 พ่นในวันที่ 28 ตุลาคม 3 และ 11 พฤศจิกายน 2558 แปลงที่ 2 วันที่ 17, 24 พฤศจิกายน และ 1 ธันวาคม 2558 แปลงที่ 3 วันที่ 8, 15 และ 22 ธันวาคม 2558 แปลงที่ 4 วันที่ 29 มิถุนายน 7 และ 14 กรกฎาคม 2559 แปลงที่ 5 วันที่ 30 มิถุนายน 7 และ 14 กรกฎาคม 2559 ส่วนแปลงที่ 6 ฉีดพ่นในวันที่ 30 มิถุนายน 7 และ 14 กรกฎาคม 2559

1.5 ภายหลังการพ่นสารครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บตัวอย่างที่ 0 (หลังฉีดพ่น 2 ชม.), 3, 7, 14 และ 21 วัน เพื่อนำมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง mancozeb โดยแปลง treated สุ่มเก็บตัวอย่างลำไยให้ได้น้ำหนักอย่างน้อย 2 kg แปลงละ 2 ซ้ำ และแปลงควบคุมสุ่มเก็บตัวอย่างที่ 0 และ 14 วัน แปลงทดลอง จ.จันทบุรี นำตัวอย่างแช่ในตู้แช่ -20 °C ที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร สำหรับแปลงทดลอง จ.เชียงใหม่ นำตัวอย่างแช่ในตู้แช่ -20 °C ที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร ก่อนส่งห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุที่มีพิษการเกษตร กรุงเทพฯ โดยใส่น้ำแข็งแห้งรักษาความเย็นขณะขนส่ง

2. การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง โดยนำเมล็ดออก ปั่นตัวอย่างกับน้ำแข็งแห้งให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นตัวอย่าง และเก็บไว้ในอุณหภูมิ -20 ± 5 °C ที่ไว้ 3 วัน เพื่อให้ น้ำแข็งแห้งระเหิด วิเคราะห์ตัวอย่างโดยแยกเป็น 3 ส่วน คือ ตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก (flesh with peel) ตัวอย่างเนื้อ (flesh) และตัวอย่างเปลือก (peel) (ยกเว้น ตัวอย่างจากแปลงที่ 1 และ 3 ไม่ได้วิเคราะห์แบบแยกเนื้อ และเปลือก) ซึ่งตัวอย่างลำไย ตัวอย่างละ 5 g สำหรับตัวอย่างเปลือก ซึ่ง 2.5 g ลงในขวดแก้วปริมาตร 250 mL ก่อนนำไปสกัดและตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง สำหรับการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ETU ซึ่งตัวอย่าง 10 g ใน centrifuge tube ขนาด 50 mL

2.2 การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ mancozeb สกัดตามวิธีการของ Netherlands (Ministry of Cultural affairs, the Netherlands. 1988) โดยการเติมสารมาตรฐาน mancozeb 0.1% ในตัวอย่างลำไย ได้แก่ ตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก ตัวอย่างเนื้อ และตัวอย่างเปลือก ให้มีความเข้มข้นของแก๊ส carbon disulfide (CS_2) ในตัวอย่าง เท่ากับ 0.10, 1.0 และ 10 mg/kg ทำการทดลองความเข้มข้นละ 6 ซ้ำ โดยผลของ %recovery ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ 70-120% (SANCO, 2013)

การสกัดสารพิษตกค้าง mancozeb โดยเติมสารละลาย tin (II) chloride ความเข้มข้น 1.5% ลงในขวดตัวอย่างที่ชั่งไว้ ปิดฝาให้สนิท นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 80 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เขย่าสารละลายทุก ๆ 20 นาที ตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปตรวจวิเคราะห์ โดยฉีดแก๊สที่อยู่เหนือสารละลายเข้าเครื่อง GC/MS ปริมาตร 10 μ L การวิเคราะห์สาร mancozeb จะวิเคราะห์ออกมาในรูปแก๊ส carbon disulfide (CS_2)

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง CS_2 ด้วยเครื่อง GC/MS โดยเติมสารละลายมาตรฐาน CS_2 ให้มีความเข้มข้นใน matrix เท่ากับ 0.05-30 mg/kg นำไปสกัด และฉีด CS_2 แต่ละความเข้มข้นเข้าเครื่อง GC-MS เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve)

สภาวะการทำงานของเครื่อง GC/MS เพื่อตรวจวิเคราะห์ carbon disulfide (CS_2) ดังนี้

Column : DB-5 MS, 0.25 μ m thickness, 30 m length, 0.25 mm. id.

Temperature : oven 40 °C, inlet 200 °C และ detector 200 °C

Inject mode : split

Pressure : 7.0699 psi

Total flow : 54 mL/min

Injection volume : 10 μ L

Sim Parameters : Ion Mass 76, 77 , 78

Run time : 5 min

2.3 การวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ETU สามารถสกัดได้ด้วยวิธี QuEChERS โดยใช้ตัวทำละลาย acetonitrile สาร sodium chloride (NaCl) และ magnesium sulphate ($MgSO_4$) ในขั้นตอนการสกัด ก่อน clean up ด้วย PSA และ $MgSO_4$ และนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS/MS (Zhou *et al.*, 2013) เตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.01-0.50 μ g/mL ในตัวทำละลาย acetonitrile เพื่อสร้าง calibration curve

สภาวะการทำงานของเครื่อง LC-MS/MS เพื่อตรวจวิเคราะห์ ethylene thiourea (ETU) ดังนี้

การเตรียมสภาวะเครื่อง LC

Column : Kinetex® 2.6 μ m HILIC 100A, 100 mm $\times$ 2.1 mm

Column Temperature : 25 °C

Flow rate : 0.4 mL/min

Injection Volume : 5 μ L

Mobile phase : 5mM ammonium formate in H₂O (A) and ACN (B)

อัตราส่วนการชะสารออกจากคอลัมน์แบบ Gradient

Time (min)	Flow rate	Solvent A (%)	Solvent B(%)
0.0	0.4	3	97
1.0	0.4	10	90
3.0	0.4	70	30
9.0	0.4	3	97

การเตรียมสถานะเครื่อง Triple Quadrupole Mass Spectrometer ดังนี้

Ion mode : Positive ESI
Nebulizer : 45 psi
Drying gas flow : 10 L/min
Capillary : 4000V
Drying gas temp : 350 °

Parameter ต่างๆ ของ mass spectrometer ที่เหมาะสม

Precursor	Product ion	Dwell time	Fragmentor	Collision
103	86	100	100	35
103	60	100	100	35
103	44	100	100	15

จากการหาสถานะที่เหมาะสมของเครื่อง GC/MS ในการตรวจวิเคราะห์ CS₂ พบว่า CS₂ มีค่า retention time (t_R) เท่ากับ 1.67 นาที และในการตรวจวิเคราะห์ ETU ด้วย LC-MS/MS พบว่า สาร ETU มีค่า t_R เท่ากับ 0.62 นาที

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลา

เริ่มเดือนตุลาคม 2558 และสิ้นสุดเดือนกันยายน 2559 รวมระยะเวลา 1 ปี

สถานที่ดำเนินการ

1. แปลงทดลอง อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี อำเภอนิคมน้ำจืด จังหวัดระยอง อำเภอชะเมา จังหวัดจันทบุรี อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ และ อำเภอเวียงหนองล่อง จังหวัดลำพูน
2. ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร จังหวัดจันทบุรี
3. ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร จังหวัดเชียงใหม่
4. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การทำแปลงทดลอง

การทำแปลงทดลองสารพิษตกค้างจากการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรชนิด mancozeb ในลำไย โดยพื้นที่ทั้งหมด 6 แปลง แปลงละ 3 ครั้ง ใช้น้ำปริมาณ 4.2-7.4 L/ต้น

2. การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

2.1 การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ สามารถพิสูจน์ความแม่นยำ (accuracy) ประเมินจากค่า %recovery โดยการเติมสารมาตรฐาน mancozeb ลงในตัวอย่างลำไย ให้ความเข้มข้นของ CS₂ ในตัวอย่าง เท่ากับ 0.10, 1.0, และ 10 mg/kg พบว่าในตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก ตัวอย่างเนื้อ และตัวอย่างเปลือก ให้ %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 92-98%, 95-112% และ 82-99% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ (70-120%) สำหรับการพิสูจน์ความเที่ยง (precision) ประเมินจากค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) พบว่า อยู่ในช่วง 7-9%, 3-13% และ 8-12% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ $\leq 20\%$ (ตารางที่ 1) ดังนั้นวิธีการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถนำมาสกัดตัวอย่างลำไยจากแปลงทดลองได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ โดยมีค่าต่ำสุดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ) เท่ากับ 0.10 mg/kg

2.2 การหาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวิเคราะห์ ETU โดยการเติมสารมาตรฐาน ETU ในตัวอย่างลำไย ให้ความเข้มข้น เท่ากับ 0.01-0.50 mg/kg พบว่าในตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก ตัวอย่างเนื้อ และตัวอย่างเปลือก ให้ %recovery เฉลี่ยอยู่ในช่วง 72-99%, 77-95% และ 74-97% ให้ %RSD <20% ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับของ SANCO โดยมีค่า LOQ เท่ากับ 0.01 mg/kg (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ %recovery ของการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง mancozeb ในลำไย
(ตรวจวัดในรูปของ CS₂)

Crop Fraction	Fortification level of mancozeb as CS ₂ (mg/kg)	% Recovery	Average % Recovery	%RSD
flesh with peel	0.10	100, 95, 95, 95, 110, 90	98	7
	1.00	108, 87, 105, 89, 93, 89	95	9
	10.0	87, 102, 95, 88, 86, 94	92	7
flesh	0.10	110, 90, 80, 90, 90, 110	95	13
	1.00	115, 118, 96, 117, 110, 116	112	7
	10.0	102, 95, 103, 102, 103, 97	100	3
peel	0.10	80, 80, 80, 80, 70, 100	82	12
	1.00	108, 91, 92, 108, 90, 103	99	8
	10.0	86, 103, 95, 86, 101, 99	95	8

Limit of Quantitation (LOQ) = 0.10 mg/kg

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ %recovery ของการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ETU ในลำไย

Crop Fraction	Fortification level (mg/kg)	% Recovery	Average % Recovery	%RSD
flesh with peel	0.01	101, 104, 98, 98, 94	99	4
	0.10	71, 72, 70, 72, 73	72	2
	0.50	72, 72, 72, 73, 70	72	2
flesh	0.01	93, 94, 96, 97	95	2
	0.02	88, 87, 85, 85	86	2
	0.05	77, 76, 77, 78	77	1
peel	0.01	99, 83, 89, 118, 98	97	14
	0.10	85, 86, 80, 81, 80	82	3
	0.50	77, 75, 73, 72, 73	74	3

Limit of Quantitation (LOQ) = 0.01 mg/kg

2.3 การศึกษาปริมาณสารพิษตกค้าง mancozeb ในรูปของ CS₂ ทั้ง 6 แปลงทดลอง พบว่า ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ 0 วัน ตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือกมีปริมาณสารพิษตกค้าง CS₂ อยู่ในช่วง 11.93-29.08 mg/kg ตัวอย่างเนื้อพบ 0.65-2.39 mg/kg และในตัวอย่างเปลือกพบ 38.82-109.24 mg/kg โดยสารพิษตกค้าง CS₂ ในตัวอย่าง จะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงวันที่ 14 ซึ่งพบอยู่ในช่วง 2.25-7.04, 0.19-1.58 และ 14.09-35.92 mg/kg ในตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก ตัวอย่างเนื้อ และตัวอย่างเปลือก ตามลำดับ สำหรับวันที่ 21 พบว่า CS₂ ลดลงจากวันที่ 14 เพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยตัวอย่างเปลือกพบสารพิษตกค้างมากกว่าตัวอย่างเนื้อ 16-152 เท่า และมากกว่าตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก 2-6 เท่า

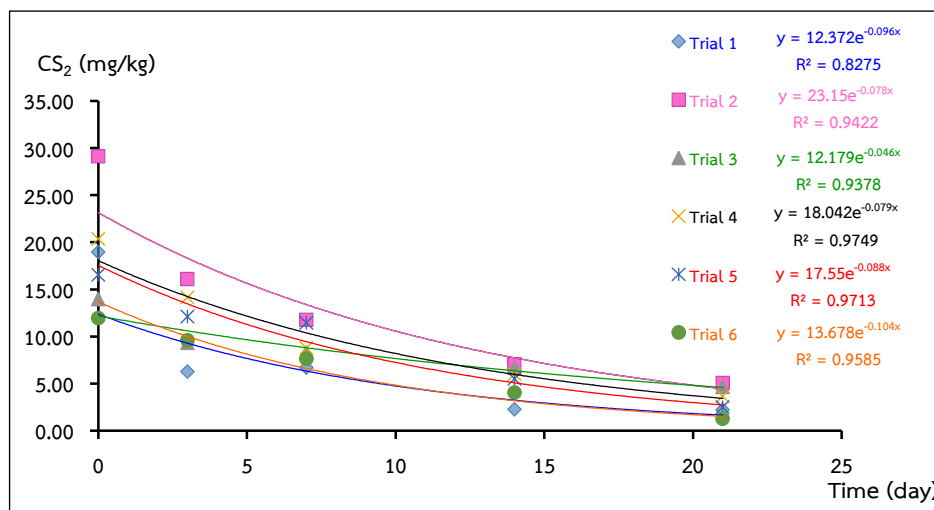
สำหรับแปลงควบคุมตรวจพบสาร CS₂ น้อยกว่า 0.10 mg/kg ซึ่งเป็นค่า LOQ ยกเว้นตัวอย่างแปลงที่ 2 พบปริมาณ CS₂ ในตัวอย่างเนื้อรวมเปลือกที่ 0 และ 14 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 0.18 และ 0.09 mg/kg และในตัวอย่างเปลือกพบปริมาณ 0.32 และ 0.54 mg/kg ตามลำดับ

2.4 การศึกษาปริมาณสารอนุพันธ์ ETU ที่ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง 0, 3, 7, 14 และ 21 วัน แสดงดังตารางที่ 3-5 จากการศึกษพบว่าสารพิษตกค้าง mancozeb สามารถสลายไปเป็นสารอนุพันธ์ ETU ได้น้อยมาก ซึ่งที่ 0 วัน พบสารพิษตกค้าง ETU ในตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก ตัวอย่างเนื้อ และตัวอย่างเปลือก เท่ากับ 0.01-0.07, 0.01-0.05 และ 0.33-0.59 mg/kg ตามลำดับ และเมื่อผ่านไป 21 วัน ตรวจพบสารพิษตกค้าง ETU ในเนื้อน้อยกว่า 0.01 mg/kg (<LOQ) สำหรับตัวอย่างเปลือกจะพบสารพิษตกค้างมากกว่าตัวอย่างเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ CS₂

ตารางที่ 3 ปริมาณสารพิษตกค้างในลำไย (รวมเนื้อและเปลือก) จากการทดลอง 6 แปลง

Trial	Pesticides	Pesticide residues in longan (flesh with peel) , (mg/kg)				
		0 (2 hr.)	3	7	14	21
01	CS ₂	18.93	6.25	6.68	2.25	2.20
	ETU	0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01
02	CS ₂	29.08	16.07	11.76	7.04	5.05
	ETU	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.01
03	CS ₂	13.95	9.31	8.28	6.68	4.63
	ETU	0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01
04	CS ₂	20.33	14.13	8.76	5.98	3.64
	ETU	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01
05	CS ₂	16.52	12.09	11.43	5.49	2.48
	ETU	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01
06	CS ₂	11.93	9.58	7.62	4.03	1.26
	ETU	0.07	0.06	0.04	0.02	0.01

Residue of CS₂ and ETU from untreated plot trial 01, 03, 04, 05 and 06 < LOQ (0.10 and 0.01 mg/kg)
trial 02; 0 day=0.18 mg/kg, 14 day=0.08 mg/kg

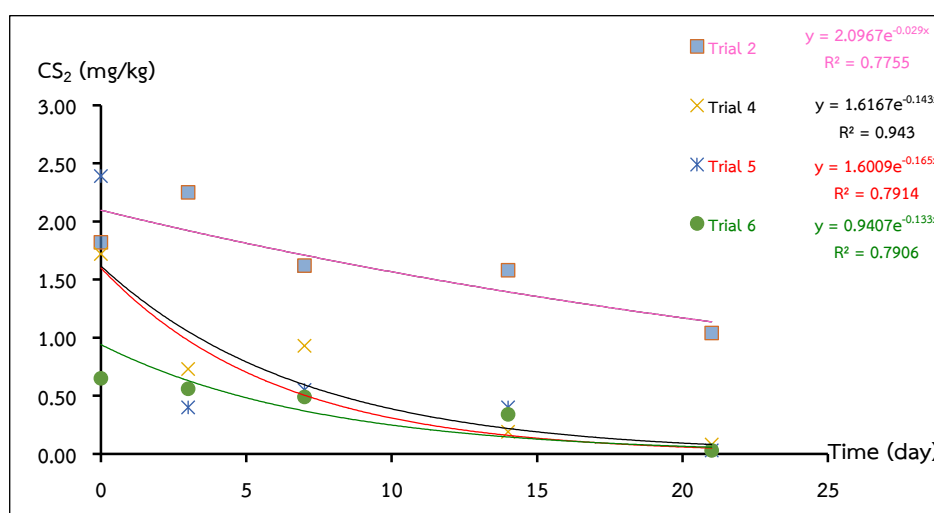


ภาพที่ 2 แนวโน้มการสลายตัวของ CS₂ ในลำไย (รวมเนื้อและเปลือก) จากการทดลองทั้ง 6 แปลง

ตารางที่ 4 ปริมาณสารพิษตกค้าง ในลำไย (เนื้อ) จากการทดลอง 4 แปลง

Trial	Pesticides	Pesticide residues in longan (flesh), (mg/kg)				
		0 (2 hr.)	3	7	14	21
02	CS ₂	1.82	2.25	1.62	1.58	1.04
	ETU	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
04	CS ₂	1.72	0.73	0.93	0.19	0.08
	ETU	0.05	0.04	0.03	0.01	<0.01
05	CS ₂	2.39	0.40	0.55	0.40	<0.10
	ETU	0.05	0.04	0.02	0.01	<0.01
06	CS ₂	0.65	0.56	0.49	0.34	<0.10
	ETU	0.04	0.03	0.02	0.01	<0.01

Residue of CS₂ and ETU from untreated plot trial 02, 04, 05 and 06 < LOQ (0.10 and 0.01 mg/kg)



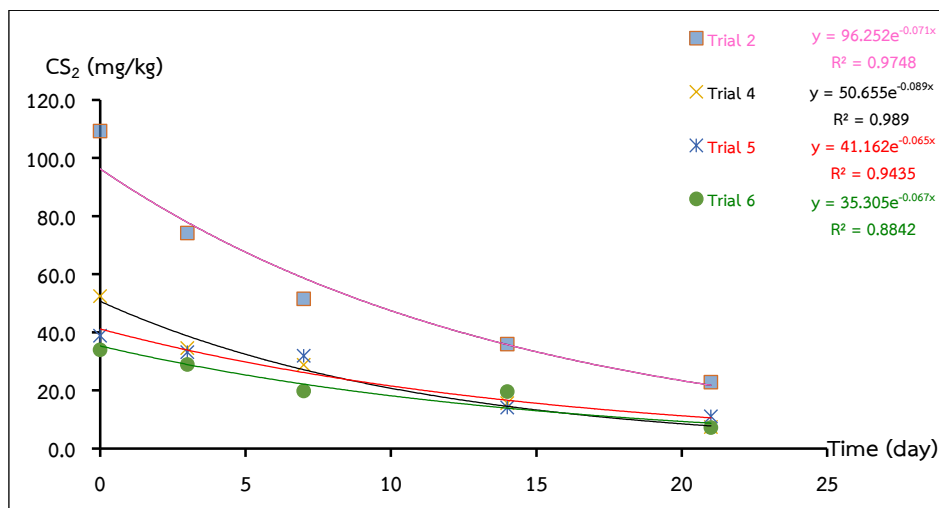
ภาพที่ 3 แนวโน้มการสลายตัวของ CS₂ ในลำไย (เนื้อ) จากการทดลองทั้ง 4 แปลง

ตารางที่ 5 ปริมาณสารพิษตกค้างในลำไย (เปลือก) จากการทดลอง 4 แปลง

Trial	Pesticides	Pesticide residues in longan (peel) , (mg/kg)				
		0 (2 hr.)	3	7	14	21
02	CS ₂	109.24	74.15	51.50	35.92	22.82
	ETU	0.33	0.21	0.12	0.09	0.04
04	CS ₂	52.42	34.56	28.79	15.60	7.38
	ETU	0.56	0.47	0.33	0.13	0.09
05	CS ₂	38.82	33.14	31.91	14.09	11.06
	ETU	0.46	0.32	0.29	0.14	0.08
06	CS ₂	33.96	28.91	19.79	19.59	7.21
	ETU	0.59	0.56	0.38	0.16	0.06

Residue of CS₂ and ETU from untreated plot trial 01, 03, 04, 05 and 06 < LOQ (0.10 and 0.01 mg/kg)

trial 02; 0 day=0.32 mg/kg, 14 day=0.54 mg/kg



ภาพที่ 4 แนวโน้มการสลายตัวของ CS₂ ในลำไย (เปลือก) จากการทดลองทั้ง 4 แปลง

จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้าง ทั้งในตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก ตัวอย่างเนื้อ และตัวอย่างเปลือก พบเส้นแนวโน้มการสลายตัวที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ มีการสลายตัวและปริมาณมีแนวโน้มลดลงเมื่อถึงระยะเก็บตัวอย่างมากขึ้น

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การพ่นวัตถุอันตรายทางการเกษตรชนิด mancozeb ในลำไย ใช้น้ำปริมาณ 4.2-7.4 L/ต้น
2. การหาประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ CS₂ ในตัวอย่างลำไย พบว่า %recovery ทั้งในตัวอย่างรวมเนื้อและเปลือก ตัวอย่างเนื้อ และตัวอย่างเปลือก อยู่ในช่วงตั้งแต่ 82-112% มี %RSD เท่ากับ 3-13% และการตรวจวิเคราะห์ ETU พบ %recovery อยู่ในช่วง 72-99% มี %RSD เท่ากับ 1-14% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ดังกล่าวมีความถูกต้อง และแม่นยำ
3. การวิจัยสารพิษตกค้าง mancozeb ในลำไย พบว่ามีการสลายตัวเมื่อถึงระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมากขึ้น เมื่อถึงระยะเก็บไปจนถึง 14 วัน พบว่า ตัวอย่างรวมเนื้อเปลือก และตัวอย่างเนื้อ มีปริมาณ CS₂ น้อยกว่า 7 mg/kg และเมื่อถึงระยะเก็บไปจนถึง 21 วัน พบปริมาณ CS₂ น้อยกว่า 5 mg/kg ทั้งนี้ยังไม่มีกำหนดค่า MRL สำหรับสาร mancozeb ในตัวอย่างลำไย แต่สำหรับ Codex มีการกำหนดค่า MRLs ของสารกลุ่ม dithiocarbamate ใน stone fruits เท่ากับ 7 mg/kg ใน grapes และ cranberry เท่ากับ 5 mg/kg

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการสลายตัวของวัตถุอันตราย mancozeb ในลำไย เสนอต่อหน่วยงาน Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) ของสาธารณรัฐเกาหลี เพื่อให้ทางสาธารณสุขเกาหลีพิจารณา กำหนดค่า Import Tolerance MRLs สำหรับสาร mancozeb ในลำไย เพื่อป้องกันผลกระทบต่อการส่งออกลำไยจากประเทศไทยไปสาธารณรัฐเกาหลี
2. นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL) ของ Codex, ASEAN และ ของประเทศไทย เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคสำหรับใช้เป็นค่ามาตรฐานสากล
3. การทดลอง การสลายตัวของ mancozeb พ่นแปลงลำไยในสภาพพื้นที่ที่มีภูมิอากาศของประเทศไทย ทำให้ทราบถึงการสลายตัวของ mancozeb ที่แท้จริง และสามารถนำไปตรวจสอบกับค่า Pre Harvest Interval, PHI

ที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำไว้บนฉลากข้างภาชนะบรรจุนั้นว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งข้อมูลจากการศึกษานี้บริษัทผู้ผลิตสามารถนำไปพิจารณาเปลี่ยนแปลงแก้ไขคำแนะนำบนฉลากข้างภาชนะบรรจุได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- บุษบง มนัสมันคง. 2557. *แมลงศัตรูไม้ผล*. กลุ่มบริหารศัตรูพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 152 หน้า.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2010. Modification of the existing MRLs for mancozeb in fresh peas (without pods). *EFSA Journal*, 8(1):1451: 1-27.
- Ministry of Cultural affairs, the Netherlands. 1988. Dithiocarbamate Analytical Methods for Residues of Pesticides. 5th edition, part II, 81-84. SDU publishers, The Hague, NL. ISBN90 12 06712 5.
- Liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 138: 1355-1359.
- Nakamura, M., Noda, S., Kosugi, M., Ishiduka, N., Mizukoshi, K., Taniguchi, K., and Nemoto, S., 2010. Determination of Dithiocarbamates and Milne Residues in Foods by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Food Hyg. Saf. Sci.* Vol. 51, No. 5: 213-219.
- SANCO. 2013. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. European Union, Health and Consumer Protection Directorate General.
- Zhou, L., Liu, X., Kang, S., Zhang, F., and Pan, C. 2013. A rapid determination method for ethylenethiourea in potato and cucumber by modified QuEChERS-High performance

ศึกษาวิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช สูตร Emulsifiable concentrate (EC) โดยเทคนิค NIRs

The Study of Analytical of Water Content for Emulsifiable Concentrate (EC) in Pesticide Formulations by NIRs

พินิตนันต์ สรวายเอี่ยม และ สุกัญญา คำคง

กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การหาปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ชนิดสูตร EC ด้วยเทคนิคต้องวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน มีขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยาก และใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย และเป็นวิธีที่ต้องทำลายตัวอย่าง จึงได้นำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Near Infrared Spectroscopy, NIRs) ซึ่งไม่ต้องทำลายตัวอย่างมาใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำ เพื่อลดเวลา ลดค่าใช้จ่าย และได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ สุ่มตัวอย่าง 65 ตัวอย่าง วัดสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 800-2000 nm ตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณน้ำด้วยวิธีมาตรฐาน พบว่าปริมาณน้ำอยู่ในช่วง 0.15-0.60% นำค่าที่ได้มาสร้างสมการทำนายปริมาณน้ำด้วยเทคนิคทางสถิติวิธี Partial Least Squares Regression (PLSR) พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.97, ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard error of prediction, SEP) = 0.10% และมีปัจจัย (F) ที่เกี่ยวข้อง 10 ปัจจัย ดังนั้นในการหาปริมาณน้ำ สามารถนำสมการที่ได้มาใช้ในการตรวจวัดเพื่อให้สามารถใช้ทำนายได้

คำสำคัญ : เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี Near Infrared Spectroscopy ปริมาณน้ำ Emulsifiable concentrate

คำนำ

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ด้วยเทคนิค Karl Fisher ต้องใช้สารเคมีในการวิเคราะห์ ทำให้เกิดของเสียอันตรายปริมาณมาก ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการกำจัด รวมทั้งใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน ดังนั้น เทคนิค NIRs (Near Infrared Spectroscopy) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์ โดยไม่ทำลายตัวอย่าง มีความรวดเร็ว ประหยัด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แสงอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared) คือ แสงในช่วงความยาวคลื่น 700-2500 nm อาศัยหลักการสั่นสะเทือนของสารที่ประกอบด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งแสง NIR มีผลต่อการสั่นของพันธะในโมเลกุล และการดูดกลืนแสงที่ต่างกัน จึงทำให้สามารถวิเคราะห์สารได้ ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ปัจจุบันแสงอินฟราเรดย่านใกล้ถูกนำมาใช้ในวงการต่าง ๆ เช่น ทางแพทย์ ทางด้านการอาหาร ทางด้านสิ่งแวดล้อม และทางการเกษตร (Sirinnapa et al., 2009) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ที่สามารถประเมินค่าทางเคมีได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ประหยัดเวลา และลดต้นทุนในการใช้สารเคมี

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ผลิตภัณฑ์วัตถุดิบอันตรายทางการเกษตร สูตร EC
2. เครื่อง FT-IR Spectrometers NIR GUN (Bruker Vector 33, Germany) ความยาวคลื่น 800-2500 nm
3. เครื่อง Karl Fischer Titrator
4. ปีกเกอร์ ขนาด 100 ml
5. Methanol dried 99.9% (Merck, Germany)
6. CombiTitrant5 (Merck, Germany)
7. น้ำกลั่น (distilled water)

วิธีการ

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัตถุดิบอันตรายทางการเกษตร สูตร EC จำนวน 65 ตัวอย่าง วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง FT-IR Spectrometers ใช้ระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (Reflection mode) ที่ความยาวคลื่น 800-2500 nm โดยเทตัวอย่างปริมาตร 40 ml ลงในปีกเกอร์ ขนาด 100 ml และทำการสแกนตัวอย่างด้วย NIR GUN วัดค่าการดูดซับแสง NIR ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปสเปกตรัม (Spectrum) และบันทึกค่าสเปกตรัมที่ได้ด้วยโปรแกรม OPUS version 6.5

จากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางเคมีทันที เพื่อหาปริมาณน้ำ (Water Content) ด้วยวิธี Karl Fischer (CIPAC J, 2000) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการอ้างอิงเปรียบเทียบ โดยชั่งตัวอย่างให้ได้ปริมาตร 0.5–0.6 g และนำเข้าเครื่อง Karl Fischer Titrator เพื่อหาจุดยุติ (Endpoint) และบันทึกผลการวิเคราะห์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

นำข้อมูลสเปกตรัมและค่าทางเคมี จำนวน 65 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression) แบบ Partial Least Square (PLS) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler version 9.8 (CAMO, Oslo, Norway) และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมด แบบ Full cross validation สมการที่ได้นำมาทดสอบทางสถิติ เพื่อพิจารณาความแม่นยำของสมการ โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard error of prediction, SEP) และเปรียบเทียบสมการที่ได้กับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ของการวิเคราะห์ทางเคมี

นำสมการทำนายที่ได้มาประเมินค่าปริมาณน้ำในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช สูตร Emulsifiable concentrate (EC) จำนวน 20 ตัวอย่าง และเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสมการ

ระยะเวลา เดือน ตุลาคม 2556 ถึงเดือน กันยายน 2558

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบพืชการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเทคนิค Karl Fisher

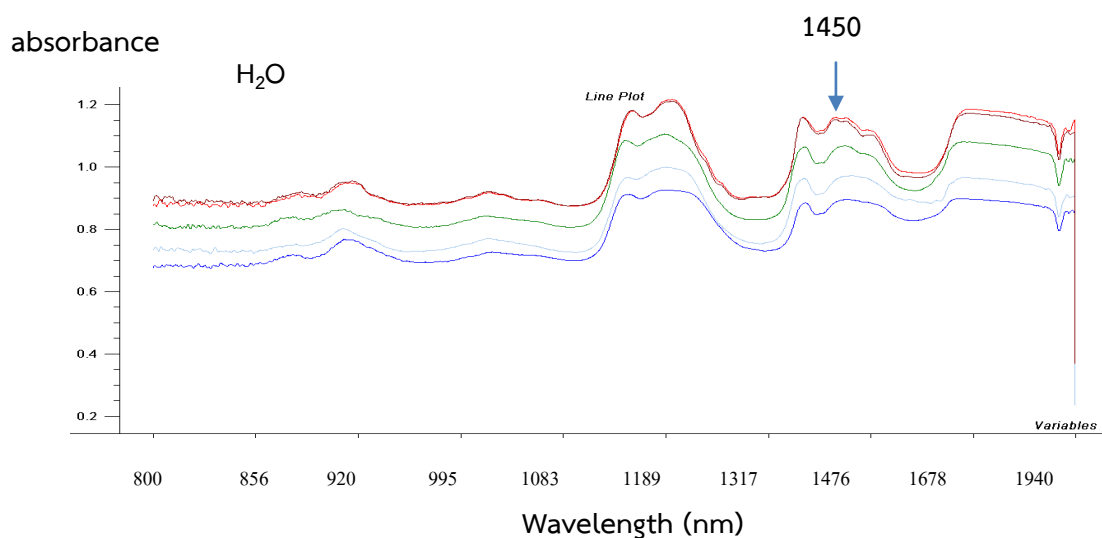
จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำของตัวอย่างวัตถุดิบทรายทางการเกษตร สูตร EC พบว่า อยู่ในช่วง 0.0785-1.3228 % และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) = 0.28 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำ (Water Content) ด้วยวิธี Karl Fischer

Chemical characteristics	No. of sample	Range (%)	Mean value (%)	SD (%)
Water Content	65	0.0785 – 1.3228	0.352	0.28

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิค NIRs

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในตัวอย่างวัตถุดิบทรายทางการเกษตร สูตร EC พบว่า เทคนิค NIR Spectroscopy ให้สเปกตรัมการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดย่านใกล้ในช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม 800-2000 nm และมีค่าการดูดกลืนแสง ($\log 1/R$) มากที่ 1450 nm เนื่องจากการดูดกลืนแสงของน้ำ (H_2O) แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 Original NIR spectrum ของตัวอย่างในช่วงคลื่น 800-2000 nm

การทำ Calibration ด้วย PLS regression

นำผลวิเคราะห์ทางเคมี และข้อมูลสเปกตรัมมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม The Unscrambler version 9.8 (CAMO, Oslo, Norway) เพื่อสร้างสมการ PLS regression (Partial Least Square Regression) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Full cross validation พบว่า สมการจาก original spectra มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.97, ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard error of prediction, SEP) = 0.10% และมีปัจจัย (F) ที่เกี่ยวข้อง 10 ปัจจัย แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณและค่าทางสถิติในช่วงความยาวคลื่น 800-2000 nm

Chemical characteristics	F	r-cal	SEC	r-val	SEP (SECV)	Bias
Water Content	10	0.97	0.06	0.92	0.10	-0.0003

F: The number of factors used in the calibration equation

r-cal: Correlation coefficients of Calibration

r-val: Correlation coefficients of Validation

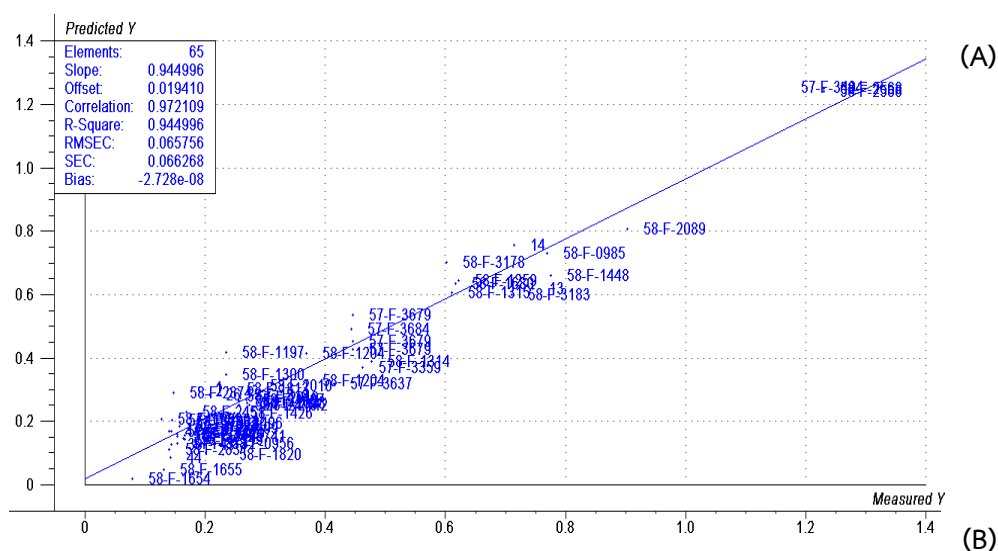
SEC: Standard error of calibration

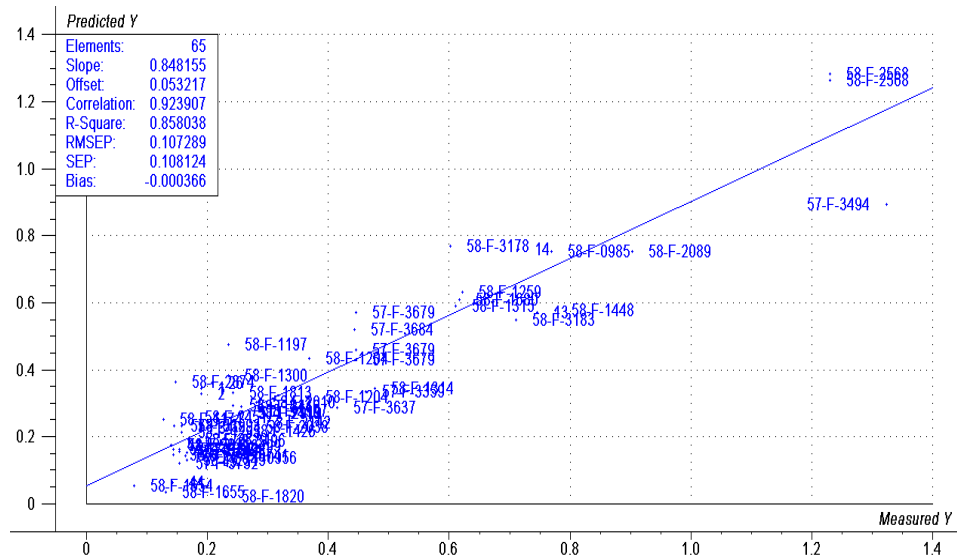
SEP: Standard error of prediction

SECV: Standard error in cross validation

Bias: The average of difference between actual value and NIR value

เมื่อพิจารณาค่า r-val ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นในการทำนายผล พบว่า สมการที่สร้างขึ้น สามารถทำนายปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์วัตถุดิบธัญพืชทางการเกษตร สูตร EC ได้ค่อนข้างแม่นยำ ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard error of prediction, SEP) ต่ำ = 0.10% แสดงดังรูปที่ 2

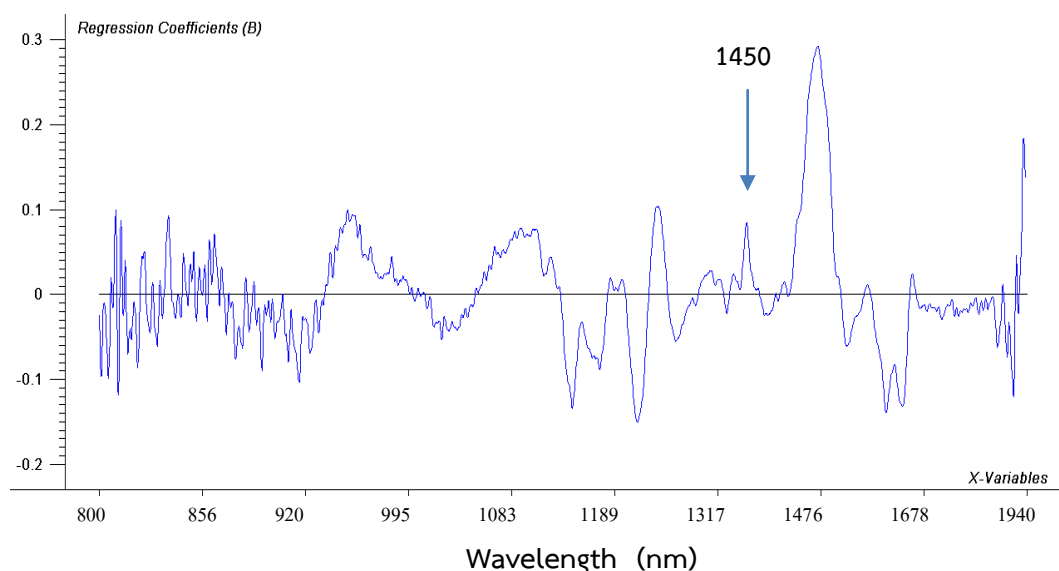




รูปที่ 2 Scatter plot ระหว่างค่าที่วิเคราะห์ทางเคมี (Actual value) และค่าจากการทำนาย (Predicted value) ของตัวอย่างวัตถุอันตรายทางการเกษตร สูตร EC ที่ทำ Calibration (A) และ Validation (B) ด้วยวิธี PLS regression

จากสมการที่ได้ จะเห็นว่า ช่วงคลื่นแสง 800-2000 nm เหมาะสมที่จะใช้ในการประเมินปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช สูตร Emulsifiable concentrate (EC) โดยมีค่า SECV หรือ SEP ต่ำกว่าค่า SD ของผลวิเคราะห์ทางเคมี แสดงว่า เมื่อใช้สมการทำนายผล จะให้ค่าความถูกต้องในการประเมินสูง เพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SEP) ต่ำ

Regression coefficient ของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร สูตร EC ตำแหน่งความยาวคลื่นที่มีค่า regression coefficient สูง ที่ความยาวคลื่น 1450 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร สูตร EC แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Regression coefficient plot ของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร สูตร EC ช่วงความยาวคลื่น 800-2000 nm

การนำสมการทำนายมาประเมินผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เมื่อนำสมการที่สร้างขึ้น มาทำการประเมินค่าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช สูตร Emulsifiable concentrate (EC) จำนวน 20 ตัวอย่าง พบว่า สามารถนำไปใช้ในการประเมินได้ค่อนข้างแม่นยำ ในช่วง 0.15-0.60% แสดงดังตารางที่ 3 อย่างไรก็ตาม ถ้าตัวอย่างที่นำมาประเมินไม่อยู่ในช่วงที่กล่าวมานั้น จะประเมินได้ไม่ดี เนื่องจากตัวอย่างส่วนใหญ่ที่นำมาวิเคราะห์ เพื่อสร้างสมการ มีข้อมูลครอบคลุมอยู่ในช่วงดังกล่าว

ตารางที่ 3 การใช้สมการทำนายผลวิเคราะห์ปริมาณน้ำ

Samples Name	Predicted	Deviation	Ref. lab
57-F-3494	1.254	8.85E-02	1.3228
57-F-3364	0.437	7.19E-02	0.4811
57-F-3684	0.491	8.24E-02	0.4439
57-F-3749	0.160	6.94E-02	0.154
58-F-0936	-6.34E-02	8.59E-02	0.0628
58-F-0017	0.986	0.116	0.8669
58-F-1259	0.645	5.66E-02	0.6218
58-F-1605	1.352	0.275	2.4193
6	0.138	0.144	0.118
5	0.160	0.128	0.1188
58-F-2400	0.624	0.127	0.6215
24	0.175	0.208	0.155
33	0.167	0.202	0.153
58-F-1204	0.328	0.13	0.369
58-F-2568	1.242	7.96E-02	1.2294
58-F-2874	0.289	7.81E-02	0.1477
58-F-3050	1.557	0.147	1.2211
58-F-3216	0.609	0.15	0.5639
58-F-3199	0.174	0.184	0.2123
58-F-3204	0.201	0.154	0.2034

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เทคนิค NIR สามารถนำมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ชนิดสูตร EC ได้ ค่อนข้างแม่นยำ ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SEP) ต่ำที่ 0.10% โดยช่วงคลื่นแสงเหมาะสมที่ใช้ประเมิน คือ 800-2000 nm และมีตำแหน่งการดูดกลืนแสงของปริมาณน้ำตรงกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม สมการทำนายสามารถใช้ในการประเมินค่าปริมาณน้ำได้ดีในช่วง 0.15-0.60% เนื่องจาก ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ส่วนใหญ่มีข้อมูลครอบคลุมอยู่ในช่วงดังกล่าว ดังนั้น จึงควรมีการเก็บรวบรวมตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NIR เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีค่าหลากหลาย สามารถนำมาสร้างสมการที่ใช้ประเมินค่าปริมาณน้ำได้ครอบคลุม และกว้างมากขึ้น

การนำไปใช้ประโยชน์

สามารถนำสมการทำนายที่ได้มาใช้ในการประเมินผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช สูตร Emulsifiable concentrate (EC) แทนการใช้วิธีวิเคราะห์ทางเคมี (Karl Fisher) ที่มีการใช้สารเคมีในการตรวจวิเคราะห์ ทำให้เกิดของเสียอันตราย และสิ้นเปลืองงบประมาณในการกำจัด รวมทั้งใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน

เอกสารอ้างอิง

- จรรุวรรณ บางแวก อรรวรรณ จิตต์ธรรม อรณิชา สุวรรณโณ และจรรุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. 2552. *การประเมินคุณภาพผลผลิตเกษตรโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy*. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2552. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.
- รศ.ดร.อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. 2552. *การตรวจสอบสินค้าเกษตรโดยไม่ทำลายด้วยวิธี NIR*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม.
- วารุณี ณะแพสย์ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และธงชัย สุวรรณสิขณน์. 2545. *การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก*. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- Saranwong, S. Kasemsumran, S. Thanapase, W. and Williams, P. 2009. Near Infrared Spectroscopy. *Proceedings of the 14th International Conference*. Bangkok.

วิจัยหากลุ่มสารสำคัญในสารสกัดจากแมงลักป่าในการควบคุมวัชพืช

นางสาวศิริพร สอนท่าโก

นางพรรณนิภา อัดตนนธ์

นางธนิศา คำอำนวย

นางอัมมยสา พรพมา¹

กลุ่มวิจัยวัชพืชการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยหากลุ่มสารสำคัญในสารสกัดจากแมงลักป่าในการควบคุมวัชพืช ได้ทำการศึกษาเก็บตัวอย่างแมงลักป่าจากจังหวัดกาญจนบุรี ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2558 – ธันวาคม 2559 นำมาแยกส่วน แบ่งตัวอย่างพืชเป็นแบบพืชสด แบบพืชตากแห้ง และพืชแบบต้นแห้ง ซึ่งการสกัดแมงลักป่าโดยใช้ต้นแห้งให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด คือ 3.76 กรัมต่อ กิโลกรัมพืช พบกลุ่มเทอร์พีนอยด์เป็นกลุ่มสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดจากส่วนต่างๆ ของแมงลักป่า สารที่พบมากและเป็นองค์หลักในน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละพื้นที่ที่ได้จากโครมาโทแกรม ได้แก่ sabinene (1.58-18.32 เปอร์เซ็นต์), β -pinene (0.76-5.83 เปอร์เซ็นต์) 1,8-cineole (4.63-24.44 เปอร์เซ็นต์), trans-caryophyllene (8.45-30.64 เปอร์เซ็นต์), caryophyllene oxide (0-8.37 เปอร์เซ็นต์), abietatriene (2.15-9.83 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น เมื่อนำสาร sabinene, 1,8-cineol, trans-caryophyllene ที่พบมาศึกษาการยับยั้งการงอกของวัชพืชเบื้องต้น พบว่าสาร 1,8-cineol สามารถยับยั้งการงอก ยับยั้งเจริญของราก และยับยั้งการเจริญของลำต้นของเมล็ดไมยราบยักษ์ ได้มากที่สุด เมื่อศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดใบดอกแมงลักป่าที่มีต่อการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นไมยราบยักษ์ในเบื้องต้น ควบคู่กับการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสาร sabinene, 1,8-cineol, trans-caryophyllene พบว่าปริมาณความเข้มข้น sabinene และ 1,8-cineol มีผลต่อการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นไมยราบยักษ์ อย่างไรก็ตามอาจมีสารสำคัญตัวอื่นๆที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนช่วยให้สามารถยับยั้งการงอกของวัชพืชได้เช่นกัน

คำสำคัญ : *Hyptis suaveolens*(L.) Poit., sabinene, β -pinene, 1,8-cineole, trans-caryophyllene, caryophyllene oxide and abietatriene

คำนำ

โครงการวิจัยวัชพืชการเกษตรจากสารธรรมชาติในพืช เป็นโครงการที่ขานรับนโยบายของรัฐบาล เรื่องวางกรอบแนวทางการปฏิรูปภาคเกษตร 7 ส่วน ส่งเสริมการลดต้นทุนการผลิต พร้อมพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางการเกษตรเพื่อให้ชาวนามีชีวิตที่ดีขึ้น โดยการลดการใช้สารเคมี ซึ่งโครงการนี้สนับสนุนการลดการใช้สารเคมีในการผลิตพืชอาหารปลอดภัย เป็นโครงการวิจัยเพื่อหาสารธรรมชาติเพื่อลดหรือทดแทนสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช อีกทั้งเป็นแนวทางที่รวมถึงการใช้ปัจจัยการผลิตที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมคือ การผลิตสารธรรมชาติ โดยการใช้สารสกัดจากพืชเพื่อทดแทนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นทางเลือกในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งจะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีคุณภาพ ปลอดภัยต่อการบริโภคและสิ่งแวดล้อมและเป็นการสนับสนุนให้เกษตรกรใช้เป็นทางเลือกที่ดีและปลอดภัย ซึ่งเป็นไปตามยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559) ยุทธศาสตร์ที่ 3 ความเข้มแข็งภาคเกษตร ความมั่นคงของอาหารและพลังงาน ในหัวข้อการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นฐานการผลิตภาคเกษตรให้เข้มแข็งและยั่งยืน และสอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ.2555-2559) ยุทธศาสตร์ที่ 2 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนาทางเศรษฐกิจ กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 สร้างมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร และพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและพึ่งพาตนเอง

¹ กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

ของสินค้าเกษตร แผนงานวิจัยที่ 1.6 การวิจัยเกี่ยวกับการผลิตอาหารปลอดภัยในประเด็นการบริหารสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเหมาะสมและยั่งยืน และการเชื่อมต่อภูมิปัญญาท้องถิ่นกับองค์ความรู้ใหม่ให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ นอกจากนั้นจากผลการประชุมสุดยอดอาเซียน-ญี่ปุ่น สมัยพิเศษ ระหว่างวันที่ 13-15 ธ.ค.2556 ได้มีถ้อยแถลงวิสัยทัศน์ว่าด้วยมิตรภาพและความร่วมมืออาเซียน-ญี่ปุ่น มีประเด็นที่เป็นหุ้นส่วนเพื่อความมั่นคงส่งเสริมความร่วมมือในด้านความปลอดภัยทางอาหาร

ปัญหาจากการเร่งผลผลิตทางการเกษตรโดยการขยายพื้นที่การเกษตร และการใช้สารเคมีอย่างไม่ถูกต้องและเกินความจำเป็นของเกษตรกร ทำให้มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่สูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณการนำเข้า 109,969 ตันและในปี 2555 มีการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชปริมาณ 134,480 ตัน คิดเป็นมูลค่า 19,379 ล้านบาท ซึ่งมีปริมาณสารกำจัดวัชพืชสูงถึง 106,860 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11,293 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) และในปี 2555 มีรายงานผู้ป่วยที่ได้รับสารพิษจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากการทำงานและสิ่งแวดล้อม จำนวน 1,509 ราย อัตราป่วย 2.35 ต่อประชากรแสนคน นอกจากนี้ภาครัฐได้ส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาทำเกษตรอินทรีย์หลังจากที่กลุ่มประเทศผู้นำเข้าสินค้าเกษตรของไทยเริ่มตรวจสอบคุณภาพสินค้าอย่างเข้มงวด เนื่องจากพบว่ามีสารเคมีปนเปื้อนซึ่งสร้างความเสียหายให้กับภาคเกษตรเป็นอย่างมาก เมื่อเร็ว ๆ นี้ สหภาพยุโรปได้มีการแจ้งระเบียบการคณะกรรมการ (EU) ตามหมายเลข 212/2010 ของวันที่ 12 มีนาคม 2553 ให้มีการแก้ไขเพิ่มเติมในระเบียบการ (EC) หมายเลข 882/2004 มีการเพิ่มมาตรฐานความเข้มงวดในการควบคุมสินค้านำเข้าประเภทอาหารและอาหารสัตว์ที่ไม่ได้ทำจากเนื้อสัตว์ (พืช) รวมไปถึงการแจ้งเตือนในระบบการแจ้งเตือนเร่งด่วน (Rapid Alert System) สำหรับอาหารและอาหารสัตว์พบว่า ประเทศไทยยังคงมีการฝ่าฝืนกฎระเบียบอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของสารพิษตกค้างในผัก อาทิ ถั่วฝักยาว มะเขือยาว ผักในตระกูลกะหล่ำ เช่น ผักกาดขาว ที่ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกนั้นได้เพิ่มระดับการควบคุมอย่างเข้มงวดอีก 50% ทั้งการตรวจสอบลักษณะ (identity check) และทางกายภาพ (physical check).

จากสภาพปัญหาของการใช้สารเคมีทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคและการตกค้างของสารพิษในสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อภาคการส่งออกมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมาแล้วในอดีต กำลังเกิดอยู่ในขณะนี้ และคาดว่าจะเกิดต่อไปในอนาคต จึงเป็นปัญหาเร่งด่วน ที่มีความจำเป็นต้องวิจัยหาสารธรรมชาติจากพืชเพื่อทดแทนหรือลดการใช้สารเคมี เพราะถ้าไม่ทำวิจัยปัญหานี้ก็จะขยายตัวและเกิดความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งการไม่ได้แก้ไขให้เป็นระบบอย่างจริงจัง ทำให้ประเทศไทยสูญเสียงบประมาณทางสาธารณสุข สถิติการเจ็บป่วยจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีการประเมินว่าอาจมีจำนวนผู้ป่วยที่แท้จริงมากถึง 200,000-400,000 คนต่อปี และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณการนำเข้าสารเคมีในประเทศ นอกจากนี้ยังกระทบต่อเศรษฐกิจด้านการลงทุนและส่งออก ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชในประเทศ

ประเทศไทยมีพืชหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและวัชพืช เช่น สะเดา หางไหล หรือโล่ตีน หนอนตายหยาก สาบเสือ ซึ่งนักวิจัยสาขาเกษตร และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ทำการทดลองค้นคว้าหาสารทดแทนสารเคมีเกษตร พบว่า สามารถนำเอาส่วนที่สำคัญต่างๆ เช่น ต้น ราก ใบ ดอก และผล มาสกัดเพื่อให้ได้สารสำคัญจากพืชนั้นๆ มาใช้ควบคุมศัตรูพืชแทนสารเคมีได้ดี โดยไม่มีพิษตกค้าง เนื่องจากสารธรรมชาติส่วนใหญ่จะสลายตัวได้เร็ว นอกจากนี้สารสกัดจากพืชยังมีสารที่เป็นองค์ประกอบอยู่มากมาย ซึ่งผลจะต้องใช้เวลาอย่างมากในการสร้างความต้านทานต่อองค์ประกอบต่างๆในสารสกัดเหล่านั้น นอกจากพืชต่างๆเหล่านี้แล้ว ยังมีพืชและสมุนไพรอีกหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและวัชพืชได้ แมงลักป่าหรือแมงลักคาหรือกะเพราผี (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2555) เป็นวัชพืชชนิดหนึ่งที่มีแนวโน้มว่ามีศักยภาพในการควบคุมวัชพืช โดยช่อมและศิริพร(2550) รายงานว่าการสกัดสารจากแมงลักป่าด้วยน้ำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าข้าวนกได้ และการพ่นสารสกัดแมงลักป่าก่อนวัชพืชงอก 7 วัน ทำให้ผักโขมหนามมีความสูงลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ และที่ 4 สัปดาห์หลังพ่นสารฯ ผักเบี้ยหินมีน้ำหนักแห้งลดลง 15 เปอร์เซ็นต์ (ช่อมและศิริพร, 2551)

นอกจากนี้ ศิริกันยา (2544) พบว่าสารสกัดกระเพราที่เทียบเท่าน้ำหนักแห้ง 10.00 กรัม มีประสิทธิภาพในการควบคุมหัวหมูก่อนงอกและหัวหมูที่งอกแล้วใกล้เคียงกับอิมมาเซทาไพร์ 90 เปอร์เซ็นต์ แมงลักคา เป็นพืชสมุนไพร ใช้รักษาอาการติดเชื้อในทางเดินอาหาร เกร็งปวด และ อาการผิวหนังติดเชื้อ แมงลักคามีฤทธิ์แรงต่อเชื้อราในโรงเก็บอาหาร (Mishra and Dubey, 1994) มีฤทธิ์ต้าน bacteria ทั้ง gram-negative และ gram-positive (Asekun et al., 1999; Nantitanon et al., 2007) ควบคุม เพลี้ย *Aphis gossypii* Glov. และ *Orthaga* sp. (กนก อุไรสกุล, 2540) ควบคุม American ballworms (*Heliothis armigera* Hubn.) (รัชดาภรณ์ พิทักษ์ธรรม, 2544) แมลงในโรงเก็บผลิตผล (Palsson and Jaeson, 1999) สารสกัดจากแมงลักคาด้วยไอน้ำและปิโตรเลียมอีเธอร์มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลงชนิดเพื่อย่อนของพริกและหนอนห่อใบมะม่วง (ทวีศักดิ์และคณะ, 2540) ประชาชนพื้นเมืองในหลายพื้นที่ของโลกใช้ใบแมงลักคาวัดไฟให้เกิดควันไล่แมลง (Aycard et al., 1993) ใน essential oil สกัดจากแมงลักคามีสารประกอบหลักคือ 1,8-cineole, β -pinene, sabinene, β -caryophyllene, α -pinene, 4-terpinenol, α -bergamotene, limonene, bicyclogermacrene, β -phellandrene and, α -copaene, β -elemene และ eugenol จากการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ พบว่าพืชมีคุณสมบัติในการออกฤทธิ์ควบคุมและกำจัดแมลงต่างๆ ได้ อีกทั้งแมงลักปายังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของวัชพืชบางชนิดได้

โครงการวิจัยนี้จึงเป็นโครงการวิจัยที่สนับสนุนนโยบายของรัฐบาลในการลดการใช้ สารเคมีเกษตร และส่งเสริมให้มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังส่งเสริมการใช้พืชท้องถิ่นของไทยซึ่งมีจำนวนมากและหลากหลายมาทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชท้องถิ่นของไทย และสามารถแข่งขันทางด้านพัฒนาวิจัยสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมกับประเทศในอาเซียนสำหรับการเข้าสู่เออีซี(ASEAN Economic Community : AEC)

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์ สารเคมี เครื่องแก้ว และเครื่องมือวิทยาศาสตร์

1. เครื่องแก้ว ได้แก่ Volumetric flask, Pipette, Flat bottom flask, Glass cylinder และ Beaker
2. สารเคมี ได้แก่ Methanol(LC grade), Hexane(AR grade), Ethanol(AR grade), Anhydrous sodium sulfate(AR grade)
3. สารมาตรฐาน ได้แก่ 1,8-cineol, trans-caryophyllene, sabinene
4. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่อง Ultrasonic bath, เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 และ 2 ตำแหน่ง, เครื่องลดปริมาตร Rotary evaporator และเครื่อง Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

วิธีการ

1. สํารวจ เก็บตัวอย่างพืชแมงลักป่า และการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่า โดยวิธีการกลั่นแบบ Hydrodistillation

สํารวจตัวอย่างแมงลักป่าที่จังหวัดกาญจนบุรี และเก็บตัวอย่างพืชเพื่อใช้สำหรับสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งต้น นำตัวอย่างมาทำการแยกแต่ละส่วนของพืชโดยแบ่งเป็น 1) ใบและดอก 2) ใบ 3) กิ่งและลำต้น และแบ่งตัวอย่างพืชเป็นแบบพืชสด แบบพืชตากแห้ง และพืชแบบต้นแห้ง เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันแต่ละส่วน ทำการสับตัวอย่างพอละเอียด ชั่งตัวอย่างและบันทึกน้ำหนัก นำมากลั่นแบบ Hydrodistillation เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บันทึกปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ แล้วนำน้ำมันหอมระเหยมากรอง ทำให้บริสุทธิ์ กรองผ่าน Anhydrous Sodium sulfate เก็บข้อมูลปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้

2. ศึกษาสารสำคัญในสารสกัดจากแมงลักป่านำสารสกัดจากแมงลักป่ามาศึกษาหากลุ่มสารสำคัญและวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญด้วยเครื่อง GC-MS

เตรียมสารมาตรฐาน sabinene, 1,8-cineol, trans-caryophyllene, ที่มีระดับความเข้มข้น 50, 100, 250, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เจือจางด้วยเมทานอล และเตรียมตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่า ให้อยู่ในช่วงความเข้มข้นของสารมาตรฐาน แล้วเจือจางด้วยตัวทำละลายเมทานอล กรองด้วย filter membrane ขนาด 0.22 ไมครอน นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ตามสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับศึกษาหาสารกลุ่มสารสำคัญ

3. ศึกษาสาร sabinene, 1,8-cineol, trans-caryophyllene, ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ที่มีต่อการยับยั้งการงอกเมล็ดพืช

3.1 เตรียมตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากใบดอก แบบสด ตากแห้ง และต้นแห้ง ให้มีปริมาณน้ำมันเทียบเท่าสารสกัด 25, 50, 75 และ 100 กรัม

3.2 เตรียมสารสำคัญ ได้แก่ 1,8-cineol, trans-caryophyllene, sabinene ให้มีปริมาณน้ำมันสารละ 25, 50, 75 และ 100 กรัม

3.3 เตรียมเมล็ดไมยราบยักษ์ นำเมล็ดแช่ในน้ำร้อน และปล่อยให้เย็นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง เลือกเมล็ดฟองเต่ง ไม่มีร่องรอยแมลงกัดกิน จำนวน 50 เมล็ด ใส่ในจานแก้วที่ใส่สารสกัดจากส่วนต่างๆ จากข้อ 3.1 และ 3.2 ของแมงลักป่าที่เตรียมไว้ เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ปิดฝา วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกจำนวนเมล็ดงอก สุ่มวัดความยาวรากและต้น จำนวนซ้ำละ 10 ต้น หลังเริ่มทดลอง 7 วัน นำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยไปคำนวณประสิทธิภาพการยับยั้งการงอกและการเจริญ

ระยะเวลา ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2559

สถานที่ ห้องปฏิบัติการ กลุ่มงานวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตรจากธรรมชาติ
กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิจัยพืช สำนักรับผิดชอบการอารักขาพืช

ผลการทดลองและวิจารณ์

การสำรวจ เก็บตัวอย่างพืชแมงลักป่า และการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่า โดยวิธีการกลั่นแบบ Hydrodistillation

สำรวจตัวอย่างและเก็บตัวอย่างแมงลักป่าที่จังหวัดกาญจนบุรี ช่วงเดือน พฤศจิกายน 2558- สิงหาคม 2559 นำมาแยกแต่ละส่วนของพืชโดยแบ่งเป็น 1) ใบและดอก 2) ใบ 3) กิ่งและลำต้น และแบ่งตัวอย่างพืชเป็นแบบพืชสด แบบพืชตากแห้ง และพืชแบบต้นแห้ง นำตัวอย่างมาสับ แล้วทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นแบบ Hydrodistillation จากตารางที่ 1 พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากส่วนของใบและดอก ให้ปริมาณมากที่สุดคือแบบพืชสด 1.60 กรัมต่อกิโลกรัม แบบพืชตากแห้ง 1.32 กรัมต่อกิโลกรัม และแบบพืชต้นแห้ง 3.76 กรัมต่อกิโลกรัม และส่วนของพืชจากกิ่งและลำต้น มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉพาะส่วนของใบและดอก วิธีการสกัดพืชโดยใช้แบบพืชต้นแห้งให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 3.76 กรัมต่อกิโลกรัม เห็นได้ว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยแต่ละส่วนให้ปริมาณที่แตกต่างกัน รวมทั้งขั้นตอนการสกัดแบบสดและแห้งมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ได้เช่นกัน

ศึกษาสารสำคัญในสารสกัดจากแมงลักป่านำสารสกัดจากแมงลักปามาศึกษาหาสารกลุ่มสารสำคัญและวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญด้วยเครื่อง GC-MS

จากการศึกษาสภาวะสำหรับการหาสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหย โดยการเก็บตัวอย่างพืชแมงลักป่ามาจากแหล่งที่เดียวกัน คือบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี มาศึกษาปริมาณสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหย โดยแยกเป็นส่วนของดอกใบ(เนื่องจากดอกไม่สามารถแยกจากใบได้) และส่วนใบ(ซึ่งเป็นระยะที่พืชยังไม่ออกดอก)ของพืชแมงลักป่า นำพืชทั้งแบบสด ตากแห้ง และต้นแห้ง มาศึกษาชนิดและปริมาณสารประกอบในน้ำมันหอมระเหย ทำให้ได้สภาวะเหมาะสมที่ใช้ในการหาสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่าโดยใช้เครื่องGC-MS ได้สภาวะที่เหมาะสมในการศึกษา คือ

Column : Optima-5MS-0.25 um, 30 m x 0.25 mm ID

Carrier gas : Helium (1.0 ml/min)

Injector temperature : 280°C

Detector temperature : 280°C

Programming : 50°C – 250°C ที่ 5°C/min, hold 15 min

จากสภาวะดังกล่าวเมื่อนำตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยมาวิเคราะห์ทำให้ได้โครมาโทแกรมตามรูปที่ 1-5 และจากตารางที่ 2 ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันส่วนดอกใบแบบสด แบบแห้ง แบบต้นแห้ง และส่วนของใบแบบสด แบบแห้ง พบกลุ่มสารประกอบในน้ำมันหอมระเหยของแมงลักป่ามากกว่า 30 ชนิด เป็นสารกลุ่มเทอร์พีนอยด์ ได้แก่ เทอร์พีนอยด์ชนิด monoterpenes, sesquiterpenes, diterpenes และกลุ่มอื่นๆ เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยของแมงลักป่า กลุ่มสารเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) หรือ terpenes เป็นสารที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ พบได้ทั้งในพืชและสัตว์ เทอร์พีนอยด์ ประกอบด้วยหน่วยที่เล็กที่สุด เรียกว่า isoprene unit ซึ่งเป็น branch chain ของคาร์บอน 5 อะตอม และมีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง ชนิดของเทอร์พีนอยด์แบ่งตาม isoprene unit ที่มาประกอบเป็นเทอร์พีนอยด์ (นพมาศ, 2544) สำหรับชนิดของเทอร์พีนอยด์ที่พบมากและเป็นองค์ประกอบหลักมีปริมาณสูงในน้ำมันหอมระเหยแมงลักป่าคือ เทอร์พีนอยด์ชนิด monoterpenes, sesquiterpenes และ diterpenes ซึ่งสารที่พบปริมาณมากจากส่วนต่างของแมงลักป่า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละพื้นที่ที่ได้จากโครมาโทแกรม จัดเป็นกลุ่ม monoterpenes ได้แก่ Sabinene(1.58-18.32 เปอร์เซ็นต์), β -pinene(0.76-5.83 เปอร์เซ็นต์) และ 1,8-cineole(4.63-24.44 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น กลุ่ม sesquiterpenes ได้แก่ trans-caryophyllene(8.45-30.64 เปอร์เซ็นต์), caryophyllene oxide(0-8.37 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น และกลุ่ม diterpenes ได้แก่ abietatriene (2.15-9.83 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น

ศึกษาสาร sabinene, 1,8-cineol, trans-caryophyllene, ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ที่มีต่อการยับยั้งการออกเมล็ดตัวพืช

เมื่อนำสาร sabinene, 1,8-cineol, trans-caryophyllene ที่พบในน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นองค์ประกอบ และคาดว่าจะมีผลต่อการยับยั้งการงอกของพืช มาทดสอบเบื้องต้นกับเมล็ดไมยราบยักษ์ ได้แก่ สาร sabinene, 1,8-cineole และ trans-caryophyllene จากตารางที่ 3 เห็นได้ว่าสารทั้ง 3 ชนิดมีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดไมยราบยักษ์ แต่ให้ผลการยับยั้งที่ต่างกัน ซึ่งสารที่สามารถยับยั้งการงอกมากที่สุดคือ 1,8-cineole ร้อยละ 80.81 ที่ปริมาณน้ำมัน 100 กรัม สารที่สามารถยับยั้งการเจริญของรากที่สุด คือ 1,8-cineole ร้อยละ 69.19 ที่ปริมาณน้ำมัน 100 กรัม และสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของลำต้นมากที่สุด คือ 1,8-cineole ร้อยละ 73.25 ที่ปริมาณน้ำมัน 100 กรัม

จากตารางที่ 4 ทดสอบน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดใบดอก โดยใช้พืชสด ตากแห้ง และต้นแห้ง ของแมงลักป่า ที่มีผลต่อการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นไมยราบยักษ์ในเบื้องต้น ซึ่งใบดอกแบบต้นแห้งสามารถยับยั้งการงอกมากที่สุดคือ ร้อยละ 96.25 ที่ปริมาณน้ำมันเทียบเท่าสารสกัด 100 กรัม ใบดอกแบบต้นแห้งสามารถยับยั้งการเจริญของรากมากที่สุดคือ ร้อยละ 100.00 ที่ปริมาณน้ำมันเทียบเท่าสารสกัด 100 กรัม ใบดอกแบบต้นแห้งสามารถยับยั้งการเจริญของลำต้นมากที่สุดคือ ร้อยละ 100.00 ที่ปริมาณน้ำมันเทียบเท่าสารสกัด 100 กรัม

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดดอกใบ(พืชสด ตากแห้ง และต้นแห้ง) มาวิเคราะห์หาปริมาณที่แน่นอนของสาร จากการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของสารในตารางที่ 5 พบ sabinene, 1,8-cineole และ trans-caryophyllene ส่วนใบดอกของแมงลักป่า (สด) ได้ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 10.35, 15.20, 9.19 ตามลำดับ ใบดอก(ตากแห้ง) ร้อยละ 2.27, 5.40, 22.80 ตามลำดับ และใบดอก(ต้นแห้ง) ร้อยละ 21.03, 25.21, 3.22 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตารางที่ 4 พร้อมกับผลที่ได้จากตารางที่ 5 น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดใบดอก โดยใช้พืชสด ตากแห้ง และต้นแห้ง ของแมงลักป่า ที่มีผลต่อการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นไมยราบยักษ์ในเบื้องต้นกับผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของ sabinene, 1,8-cineole และ trans-caryophyllene จะเห็นว่าเมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของ sabinene และ 1,8-cineole ในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดส่วนใบดอกมี

ปริมาณที่สูง จะมีผลต่อการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นไมยราบยักษ์เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณความเข้มข้นของ trans-caryophyllene ให้ผลการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นของไมยราบยักษ์ในลักษณะตรงข้ามกัน เมื่อความเข้มข้นของ trans-caryophyllene สูง ให้ผลการยับยั้งการงอกต่ำ แสดงว่า sabinene และ 1,8-cineole ที่อยู่ในกลุ่มเทอร์พีนอยด์ชนิด monoterpenes มีผลต่อการยับยั้งการงอก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kordali et al. (2007) ที่พบว่ากลุ่ม monoterpenes มีต่อผลการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้า และสอดคล้องกับงานวิจัย Qui et al. (2010) รายงานว่าอัตราการงอกของเมล็ดลดลงเมื่อความเข้มข้นของ 1,8-cineole เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักปายังมีสารกลุ่มเทอร์พีนอยด์หลายชนิด ซึ่งสารเหล่านั้นอาจส่งต่อการยับยั้งการงอกของวัชพืช

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การวิจัยหากกลุ่มสารสำคัญในสารสกัดจากแมงลักป่าในการควบคุมวัชพืช โดยเก็บตัวอย่างแมงลักปานำมาแยกส่วนแบ่งตัวอย่างพืชเป็นแบบพืชสด แบบพืชตากแห้ง และพืชแบบต้นแห้ง สกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นแบบ Hydro-stream Distillation การเก็บตัวอย่างแมงลักป่าแบบต้นแห้งจะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยของส่วนต่างๆของแมงลักป่ามาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS พบสารสำคัญในกลุ่มของเทอร์พีนอยด์มากกว่า 30 ชนิด ซึ่งสารที่พบมากและเป็นองค์หลักในน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละพื้นที่ที่ได้จากโครมาโทแกรม ได้แก่ sabinene (1.58-18.32 เปอร์เซ็นต์), β -pinene (0.76-5.83 เปอร์เซ็นต์), 1,8-cineole (4.63-24.44 เปอร์เซ็นต์), trans-caryophyllene (8.45-30.64 เปอร์เซ็นต์), caryophyllene oxide (0-8.37 เปอร์เซ็นต์), abietatriene (2.15-9.83 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น เมื่อนำสาร sabinene, 1,8-cineol, trans-caryophyllene ที่คาดว่าจะมีผลต่อการยับยั้งการงอกของวัชพืชมาทดสอบในเบื้องต้น พบว่าสาร 1,8-cineol สามารถยับยั้งการงอก ยับยั้งเจริญของราก และยับยั้งการเจริญของลำต้นไมยราบยักษ์ ได้มากที่สุด เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดใบดอก มาศึกษาผลต่อการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นไมยราบยักษ์ในเบื้องต้นเช่นกัน และวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสาร sabinene, 1,8-cineol, trans-caryophyllene ผลการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นไมยราบยักษ์สูง เมื่อมีปริมาณความเข้มข้น sabinene และ 1,8-cineol มาก ผลการยับยั้งการงอกของวัชพืชนี้ อาจมีสารเทอร์พีนอยด์ชนิดอื่นๆในน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่าที่มีส่วนช่วยในการยับยั้งการงอกของวัชพืช ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษานี้ทำให้ทราบข้อมูลกลุ่มสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่าที่มีฤทธิ์ในการควบคุมวัชพืช ซึ่งใช้เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ต่อยอดงานวิจัยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพิ่มมูลค่าให้แก่วัชพืชหรือพืชท้องถิ่นของไทย และเกษตรกรได้เข้าใจการใช้สารสกัดจากแมงลักป่าอย่างถูกต้องและได้ประโยชน์สูงสุด เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการกำจัดวัชพืชแมงลักป่า ทำให้ไม่成为ปัญหาต่อการผลิตทางการเกษตรต่อไป และเป็นฐานข้อมูลให้นักวิจัย นักศึกษาและผู้สนใจต่อไป

เอกสารอ้างอิง

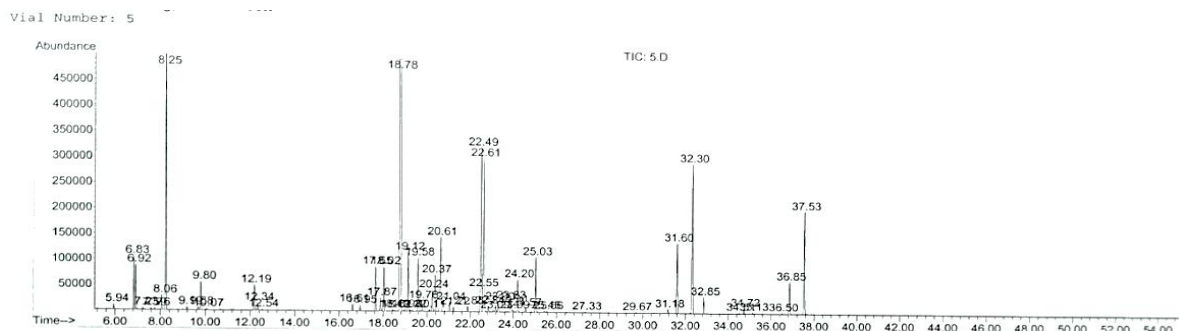
- กนก อุไรสกุล. 2540. การทดสอบสารสกัดแมงลักคากับเพลี้ยอ่อนพริก (*Aphis gossypii* Glov) และหนอนรังท่อใบมะม่วง (*Orthaga* sp.). โครงการการศึกษาองค์ประกอบและทดสอบสารสกัดแมงลักคากับเพลี้ยอ่อน (*Aphis gossypii* Glov). สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา : 1-15.
- ช่อม เปรมัชฌีร์ และศิริพร ชิงสนธิพร. 2550. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารจากแมงลักป่าเพื่อให้ได้สารที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชสูงสุด. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2550 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 650 หน้า
- ช่อม เปรมัชฌีร์ และศิริพร ชิงสนธิพร. 2551. ศึกษาอัตราของสารสกัดจากแมงลักป่าที่เหมาะสมในการควบคุม

- วัชพืชก่อนและหลังพืชและวัชพืชงอก. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 649 หน้า
- นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. 2544. **เภสัชวิทยินิจฉัยยาและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เล่ม1**. ภาควิชาวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 178 หน้า
- ทวีศักดิ์ สุนทรธนาศาสตร์ ศิรินันท์ ทับทิมเทศ และกนก อุไรกุล. 2540. การศึกษาองค์ประกอบและทดสอบผลการป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนในพริกและหนอนใบห่อมะม่วงของสารสกัดจากต้นแมงลักคา. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 31 หน้า
- รัชดาภรณ์ พิทักษ์ธรรม. 2544. ศึกษาความทนเค็ม ทนแล้ง และความเป็นพิษของต้นแมงลักคา (*Hyptis suaveolens* Linn.) ต่อหนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน (*Heliothis armigera* Hubn.). ดุษฎีนิพนธ์ สาขาวิชาชีววิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ISBN 974-533-027-2.
- ศิริกันยา ตรีประสิทธิ์ผล. 2544. สารสกัดจากใบกระเพราที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแห้วหมู. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 89 หน้า
(<http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/4263>). 24 มีนาคม 2557.
- Asekun, O. T., O. Ekundayo and B. A., Adeyemi. 1999. Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Hyptis suaveolens* Leaves. *Fitoterapia*. 70:440-442.
- Aycard, J. P., F. Kini, B. Kam, E. M. Gaydou and R. Faure. 1993. Isolation and Identification of Spicigerol Lactone: Complete H and C Assignments Using Two- Dimensional NMR Experiments. *J. Natl. Products*. 56:1171-1173.
- Kordali, S., A. Cakir and S. Sutay. 2007. Inhibitory Effects of Monoterpenes on Seed Germination and Seedling Growth. *Z. Naturforsch.* 62c : 207-214.
- Qui X., S. Yu, Y. Wang, B. Fang, C. Cai and S. Liu. 2010. Identification and Allelopathic Effects of 1,8-cineole from *Eucalyptus urophylla* on lettuce. *Allelopathy Journal*. 26(2):255-264.
- Mishra, A.K. and N.K. Dubey. 1994. Evaluation of Some Essential Oils for Their Toxicity Against Fungi Causing Deterioration of Stored Food Commodities. *Appl. Envir. Microbiol.* 60:1101-1105.
- Nantitanon, W., S. Chowwanapoonpohn and S. Okonogi. 2007. Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Hyptis suaveolens* Essential oil. *Sci. Pharm.* 75:35-46.
- Noudogbessi, J.P., P. Agbangnan, B. Yehouenou, E. Adjalian, G. Nonviho, M. Akibou Osseni, V. Wotto, G. Fidueredo, J.C. Chalchat and D. Sohounhloue. 2013. Physico chemical properties of *Hyptis suaveolens* oil. *Int. J. Med. Arom. Plants*, Vol.3, pp 191-199
- Palsson, K., and T.G.T. Jaeson. 1999. Plant Products Used as Mosquito Repellents in Guinea Bissau, West Africa., *Acta Tropica*. 72:39-57.

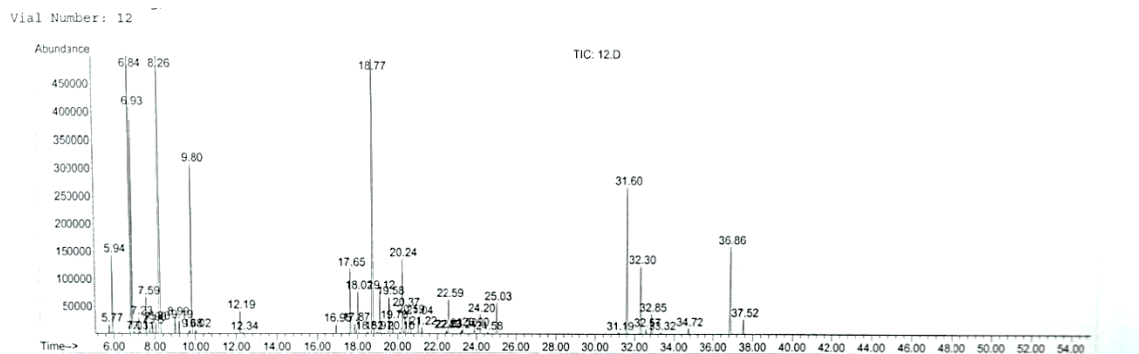
ตารางที่ 1 ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากแมงลักป่า ด้วยวิธีการกลั่นแบบ Hydro-stream ในแต่ละส่วนของพืช

ส่วนของพืชที่ใช้สกัด	ลักษณะพืชที่ใช้สกัด	ความชื้นเฉลี่ยของพืชที่ใช้สกัด (%)	ปริมาณน้ำมันเฉลี่ย	
			(กรัมต่อกิโลกรัมพืชสด)	(กรัมต่อกิโลกรัมพืชแห้ง)
ใบ+ดอก	พืชสด	54.66	1.60	-
ใบ		68.17	0.67	-
กิ่ง+ลำต้น		59.56	<0.1	-
ใบ+ดอก	พืชตากแห้ง	14.30	1.32	-
ใบ		14.20	0.22	-
กิ่ง+ลำต้น		18.30	<0.1	-
ใบ+ดอก	พืชแห้ง	15.43	-	3.76
ใบ		*	-	*
กิ่ง+ลำต้น		11.54	-	<0.1

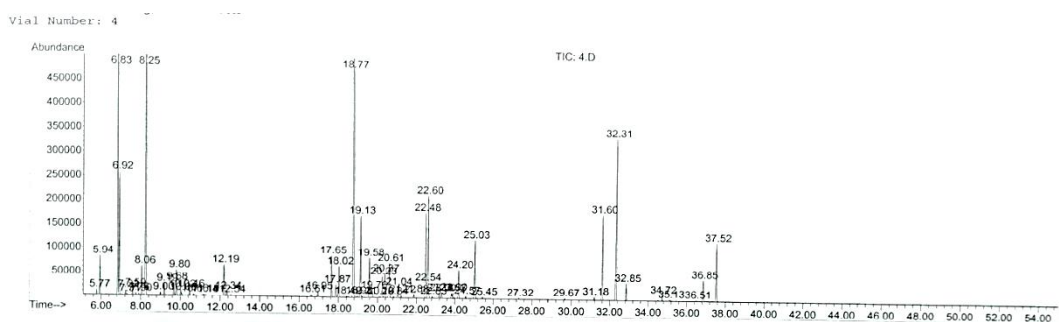
*เนื่องจากพืชแห้ง จึงไม่สามารถแยกส่วนใบได้



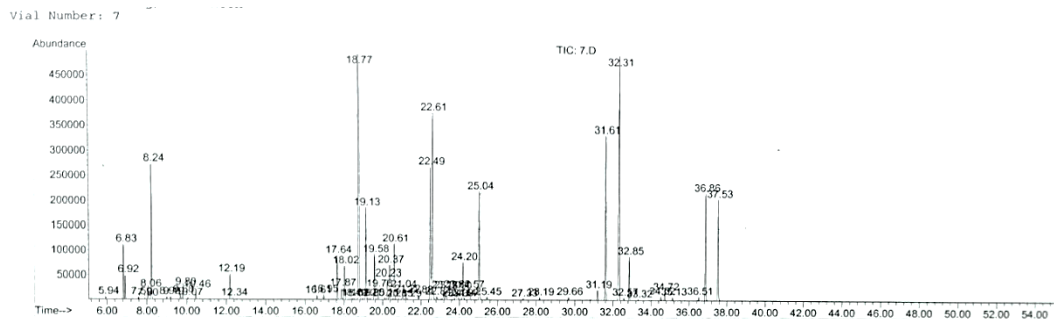
รูปที่ 1 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบ(สด)พืชแมงลักป่า ด้วยเครื่อง GC-MS



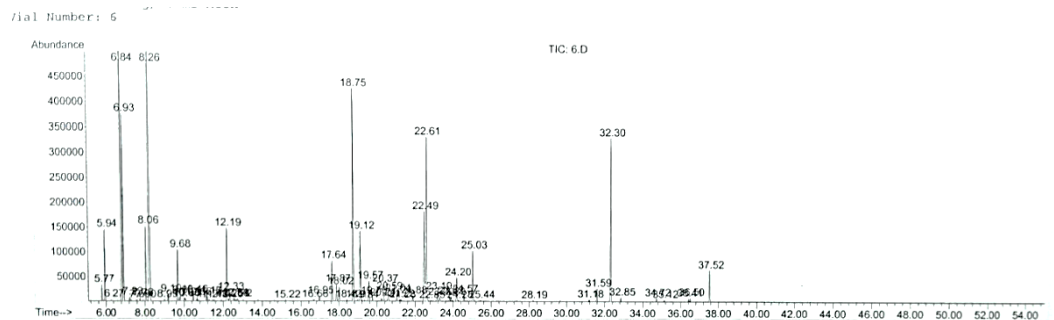
รูปที่ 2 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบ(ตากแห้ง)พืชแมงลักป่า ด้วยเครื่อง GC-MS



รูปที่ 3 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบและดอก(สด)พืชแมงลักป่า ด้วยเครื่อง GC-MS



รูปที่ 4 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบและดอก(ตากแห้ง)พืชแมงลักป่า ด้วยเครื่อง GC-MS



รูปที่ 5 โครมาโทแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบและดอก(ต้นแห้ง)พืชแมงลักป่า ด้วยเครื่อง GC-MS

ตารางที่ 2 กลุ่มสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากการสกัดแมงลักป่า โดยเครื่องมือ GC-MS จำแนกตามชนิดของเทอร์ปีนอยด์

ชนิดของ เทอร์ปีนอยด์	RT (min)	Compounds identified	% Area				
			ส่วนดอก+ใบ			ส่วนใบ	
			สด	ตากแห้ง	ต้นแห้ง	สด	ตากแห้ง
Monoterpenes							
	5.77	Alpha-Thujene	0.15	-	0.46	-	0.20
	5.94	alpha-pinene	1.19	0.07	2.09	0.14	1.91
	6.83	sabinene	10.61	1.58	18.32	1.58	13.51
	6.91	beta-pinene	4.16	0.76	5.43	1.71	5.83
	7.23	beta-myrcene	0.16	-	0.12	0.06	0.40
	7.59	1-phellandrene	0.21	0.06	0.03	0.05	0.92
	7.76	delta-3-carene	0.08	-	0.09	0.04	0.18
	7.90	alpha-terpinene	0.05	0.03	0.03	-	0.25
	8.06	o-cymene	1.00	0.30	2.48	0.47	0.30
	8.25	1,8-cineole	16.68	4.63	23.39	10.53	24.44
	8.99	gamma-terpinene	0.09	0.08	0.04	-	0.41
	9.19	cis-sabinenehydrate	0.39	0.07	0.21	0.09	0.75
	9.68	fenchone	0.48	0.15	1.78	0.11	0.11
	9.80	alpha-terpinolene	0.93	0.39	0.21	1.00	4.77
	10.02	gamma-terpinene	0.20	-	0.12	-	0.13
	10.46	alpha-thujone	0.21	0.31	0.21	-	-
	11.18	Camphor	-	-	0.15	-	-
	12.20	terpinen-4-ol	1.18	0.87	2.82	0.95	0.65
	12.34	p-Cymenene	0.17	0.05	0.31	0.27	0.03
	12.54	cyclofenchene	0.03	-	0.11	0.03	-

Sesquiterpenes

16.61	Bicycloelemene	0.07	0.13	-	0.22	-
16.95	alpha-cubebene	0.19	0.16	0.17	0.19	0.26
17.65	alpha-copaene	1.62	1.58	1.47	1.70	2.04
17.87	beta-bourbonene	-	0.44	0.65	0.54	0.32
18.02	beta-elemene	1.34	1.32	0.63	1.81	1.47
18.77	trans-caryophyllene	19.95	25.10	8.45	30.64	19.07
19.13	alpha-bergamotene	3.33	3.48	2.60	2.26	1.29
19.58	alpha-humulene	1.61	1.74	0.76	2.11	1.15
19.76	Neoalloocimene	0.27	0.39	0.16	-	0.40
20.24	germacrene-D	0.85	0.81	0.11	0.85	2.42
20.37	beta-selinene	0.95	1.29	0.64	1.43	0.77
20.60	alpha-selinene		-	-	-	0.74
20.61	germacrene-B	1.78	2.60	0.42	3.53	-
21.04	alpha-copaene	0.44	0.43	0.29	0.41	0.55
21.22	delta-cadinene	0.13	0.22	0.09	0.18	0.19
22.48	(+) spathulenol	3.90	5.90	3.96	7.52	-
22.54	cyclohexane,1,5-diethenyl-3-me	0.38	-	-	0.41	0.07
22.61	caryophyllene oxide	4.62	8.37	7.36	6.98	-
22.84	Alloaromadendrene	0.07	0.13	0.03	0.24	-
23.30	Junipene	0.25	0.44	0.17	0.43	0.17
23.90	gamma-cadinene	0.26	0.43	0.15	0.39	0.20
24.20	Eudesma-4(14),11-diene	1.17	1.54	0.97	1.35	0.63
25.03	z-alpha-trans-beramotol	2.42	4.16	1.92	2.17	0.95

Diterpenes

31.61	Rimuen	3.55	6.77	0.45	2.81	4.87
32.30	Abietatriene	6.86	9.83	6.38	6.13	2.15
36.41	Abieta-8,11,13-trien-7-one		-	0.09	-	-
37.53	4-Epidehydroabietol	2.41	4.07	1.25	4.20	0.50

other

3.61	9.32	2.42	4.47	4.99
------	------	------	------	------

ตารางที่ 3 ผลของสาร sabinene, 1,8-cineole และ trans-caryophyllene ที่มีต่อการยับยั้งการงอก การเจริญเติบโตของรากและลำต้นของไมยราบยักษ์เบื้องต้น

สารที่พบในน้ำมันหอมระเหย ของแมงลักป่า	ปริมาณน้ำมัน (g)	การยับยั้งการงอก (%)	การยับยั้งการเจริญ ของราก(%)	การยับยั้งการเจริญ ของลำต้น(%)
Sabinene	25	63.37	50.57	31.64
	50	-32.56	16.98	14.32
	75	11.05	43.30	47.32
	100	38.95	50.10	56.36
1,8-Cineole	25	42.44	27.28	20.42
	50	61.63	32.08	24.59
	75	35.47	32.27	27.02
	100	80.81	69.19	73.25
trans-caryophyllene	25	67.44	33.37	18.80
	50	27.91	31.05	38.74
	75	27.91	19.36	42.96
	100	30.23	54.78	67.49

ตารางที่ 4 ทดสอบน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดใบดอก โดยใช้พืชสด ตากแห้ง และต้นแห้ง ของแมงลักป่า ที่มีผลต่อการยับยั้งการงอก การเจริญของราก และลำต้นไมยราบยักษ์เบื้องต้น

ส่วนของต้นแมงลักป่า	ปริมาณน้ำมัน เทียบเท่าสารสกัด (g)	การยับยั้ง การงอก(%)	การยับยั้งการเจริญ ของราก(%)	การยับยั้งการเจริญ ของลำต้น(%)
ใบ+ดอก (สด)	25	5.43	7.58	41.35
	50	4.49	22.90	62.97
	75	26.03	63.08	80.66
	100	47.57	94.22	95.28
ใบ+ดอก (ตากแห้ง)	25	8.24	21.02	50.43
	50	12.92	43.37	65.10
	75	0.75	47.39	69.87
	100	21.35	59.82	79.57
ใบ+ดอก (ต้นแห้ง)	25	21.35	26.42	49.03
	50	14.79	41.11	69.87
	75	79.40	91.21	94.04
	100	96.25	100.00	100.00

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์หาปริมาณ sabinene, 1,8-cineole และ trans-caryophyllene ในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนต่างๆของแมงลักป่า ด้วยเครื่อง GC-MS

ส่วนของต้นแมงลักป่า	ปริมาณความเข้มข้น % (w/w)		
	sabinene	1,8-cineole	trans-caryophyllene
ใบ+ดอก (สด)	10.35	15.20	9.19
ใบ+ดอก (ตากแห้ง)	2.27	5.40	22.80
ใบ+ดอก (ต้นแห้ง)	21.03	25.21	3.22

การพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของไกลโฟเซตในดินและน้ำ ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography

Development of Glyphosate Residues in Soil and Water by High-Performance Liquid Chromatography Technique

ผกาสิณี คล้ายมาลา ปภัสรา คุณเลิศ จันทิมา ผลกอง อำนาจ กะฐินเทศ มลิสสา เวชยานนท์

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของไกลโฟเซต (glyphosate) และสารเมตาบอไลต์กรดอะมิโนเมทิลฟอสฟอนิก (AMPA) ในดินและน้ำ ในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจวิเคราะห์สารตกค้างในดิน โดยใช้คอลัมน์ไกลโฟเซตในรูปของโพแทสเซียมฟอร์มเปลี่ยนรูปสารภายใน post column derivatizer และขั้นตอนการใช้สาร 9-fluorenylmethylchloroformate (FMOC-Cl) ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ เพื่อเปลี่ยนรูปสารในดินและน้ำ แล้วใช้คอลัมน์อะมิโน ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph ที่มีตัวตรวจวัดแบบ Fluorescence Detector (FLD) สำหรับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างดิน เติมสารมาตรฐานความเข้มข้นระหว่าง 0.07-4.21 ไมโครกรัมต่อกรัม ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การกลับคืน 72-94 เปอร์เซ็นต์ ค่าขีดจำกัดการวิเคราะห์ 0.02-0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าขีดจำกัดการรายงานผล 0.07-0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำเติมสารมาตรฐานความเข้มข้นระหว่าง 0.04-4.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การกลับคืน 78-105 เปอร์เซ็นต์ ค่าขีดจำกัดการวิเคราะห์ 0.04-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร ค่าขีดจำกัดการรายงานผล 0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร สรุปว่าการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ไกลโฟเซตและสารเมตาบอไลต์กรดอะมิโนเมทิลฟอสฟอนิก ในดินและน้ำด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่มีความไวในการตรวจวิเคราะห์สูงและสามารถนำไปตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นวิธีตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างดินและน้ำของห้องปฏิบัติการได้อีกวิธีหนึ่ง

คำสำคัญ: ไกลโฟเซต กรดอะมิโนเมทิลฟอสฟอนิก สารพิษตกค้าง

คำนำ

ไกลโฟเซต (glyphosate) เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทดูดซึมทางใบ ใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชหลังวัชพืชงอก (post-emergence herbicide) ออกฤทธิ์กว้าง มีชื่อทางเคมีว่า N-(phosphonomethyl) glycine เป็นสารอนุพันธ์ของ phosphonomethyl ของกรดอะมิโนไกลซีน (glycine) สูตรทางเคมี $C_3H_8NO_5P$ มีมวลโมเลกุล 169.1 หน่วยงาน Herbicide Resistance Action Committee, HRAC ได้จัดไว้ในกลุ่ม G โดยยับยั้งการทำงานของสารสังเคราะห์เอนไซม์อีพีเอสพีในพืช (Inhibition of EPSP synthase, EPSP: 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate) ไกลโฟเซตถูกสังเคราะห์ขึ้นในปี ค.ศ. 1950 โดย Dr. Henri Martin (นักเคมีชาวสวิส) สารนี้อยู่ในรูปแบบกรด แต่ใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเกลือไอโซโพรพิลเอมีน (isopropylamine). ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเกลือ และไกลโฟเซตอยู่ในรูปของอัลคาไลน์-เมทัล (alkali-metal) และเกลือเอมีน (amine salts) ด้วย ไกลโฟเซตละลายน้ำได้ดี ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นของเหลว สีเหลืองอ่อนถึงสีน้ำตาล สารนี้มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น ไกลโฟเซต-ไอโซโพรพิลแอมโมเนียม (glyphosate-isopropylammonium) ความเป็นพิษเฉียบพลันทางปากในหนู (Acute oral LD₅₀ for rat) มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไกลโฟเซตและเกลือของสารนี้เป็นสารที่ไม่ระเหย (non-volatile) การสลาย ตัวในสิ่งแวดล้อม มีค่าสลายตัวด้วยแสง (photo degradation) สารเมตาบอไลต์ที่สำคัญ

ได้แก่ กรดอะมิโนเมทิลฟอสฟอนิก (aminomethylphosphonic acid, AMPA) และไกลออกซีเลต (glyoxylate) ซึ่งสารนี้ไม่สะสมในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เนื่องจากจะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายได้รวดเร็ว ในพืชและผลิตภัณฑ์จากสัตว์ สารพิษตกค้างอยู่ในรูปของไกลโฟเซตรวมทั้งสารเมตาบอไลต์อยู่ในรูปของกรดอะมิโนเมทิลฟอสฟอนิก (aminomethylphosphonic acid, AMPA) และเอ็นอะเซทิล กรดอะมิโนเมทิลฟอสฟอนิก (N-acetyl aminomethyl phosphonic acid, N-acetyl AMPA) ส่วนสารเมตาบอไลต์หลักในดินและน้ำอยู่ในรูป AMPA ส่วนใหญ่สารตกค้างของไกลโฟเซตในดินจะถูกดูดซับไว้กับอนุภาคดิน คงทนในดินได้นานกว่า 170 วัน ค่าครึ่งชีวิต (half-life) ในดิน อยู่ระหว่าง 45-60 วัน หรือมีค่าการสลายตัวในดิน DT_{50} 1-130 วัน (ขึ้นกับชนิดดินและฤดูกาล) ส่วนการสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเป็นไปได้อย่างช้าๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดูดซับฟอสเฟตของดิน โดยการจับกับอนุภาคดินของไกลโฟเซตอาจถูกยับยั้งเมื่อมีการเติมปุ๋ยฟอสฟอรัสลงสู่ดิน (Cornish, P. S. and Burgin, S. 2005)

ไกลโฟเซตเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดี จะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบรูปอื่นได้รวดเร็ว (Peruzzo, P. J. and Porta, A. A., Ronco, A. E. 2008) ค่าการสลายตัวในน้ำ DT_{50} 33 – 77 วัน หน่วยงานองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency, EPA, 2017) กำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม Maximum Contaminant Level (MCL) ของไกลโฟเซต เท่ากับ 700 ไมโครกรัมต่อลิตร สาเหตุของการปนเปื้อนในน้ำมาจากการชะและไหลบ่าของน้ำจากแหล่งที่มีการใช้ การได้รับสัมผัสสารเข้าสู่ร่างกายสูงเกินกว่าค่า MCL เป็นระยะเวลานาน อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (Potential Health Effects) คือ โรคไต (Kidney problems) และปัญหาของระบบสืบพันธุ์ (reproductive difficulties) สำหรับค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในดิน เท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในพืชอาหารค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Maximum Residue Limit, MRL) เช่น ถั่วเหลือง ของ Codex Japan และ EU soybean (dry) 5, 20 และ 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตในดินและน้ำ มีการใช้เทคนิคในการตรวจวิเคราะห์โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ นอกจากนี้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตยังสามารถตรวจวิเคราะห์โดยใช้วิธี Gas Chromatography ชนิดหัวตรวจวัดแบบ Nitrogen phosphorus Detector หรือ Gas Chromatography/ Mass Spectrometry และ High Performance Liquid Chromatography Mass Spectrometry (HPLC/ MS)

วิธีดำเนินการ

สารเคมีและอุปกรณ์

1. สารเคมีสำหรับการสกัดไกลโฟเซตในดิน (HPLC-FLD-PCD)

- 1.1 กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid, H_3PO_4) 85 เปอร์เซ็นต์
- 1.2 สารละลายโซเดียมบอเรต (sodium borate, $Na_2B_4O_7$) 0.05 นอร์มัล 19.1 กรัมในน้ำ 1 ลิตร
- 1.3 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์ ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 0.1 เปอร์เซ็นต์
- 1.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 เปอร์เซ็นต์
- 1.5 สารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate, KH_2PO_4) (K200) 0.5 มิลลิโมล โดยชั่ง 0.6803 กรัม + 40 มิลลิลิตร เมทานอล (Methanol) + 960 มิลลิลิตร น้ำ (water, HPLC) ปรับ pH 2.10 ด้วยกรดฟอสฟอริก (85% phosphoric acid)
- 1.6 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide, KOH, RG019) 5 มิลลิโมล pH 12 ใช้ไนโตรเจนเป่าไล่ออกซิเจนในน้ำก่อนผสมสารละลาย
- 1.7 เตรียมสารละลายขวดที่ 1 สารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate buffer หรือ hypochlorite diluent, GA116-diluent) เติม 100 ไมโครลิตร ของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite solution) 5 เปอร์เซ็นต์ ลงใน 950 มิลลิลิตร ของ potassium

dihydrogenphosphate buffer (hydrochlorite diluent,GA116-diluent) นำไปกรอง และเปิดไนโตรเจนเป่าไล่ออกซิเจนในสารละลาย

1.8 เตรียมสารละลายขวดที่ 2 สารละลายโซเดียมบอเรต (sodium borate buffer, GA104-diluent) ซึ่ง o-phthalaldehyde (OPA) 100 มิลลิกรัม ละลายในเมทานอล 10 มิลลิลิตร และชั่ง 2 กรัม thioflour™ (2-mercaptoethanol derivative) ละลายใน 5 มิลลิลิตรของสารละลาย OPA แล้วเติมสารละลายทั้งสองลงใน 950 มิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมบอเรต (sodium borate buffer, GA104-diluent) นำไปกรอง และเปิดไนโตรเจนเป่าไล่ออกซิเจนในสารละลาย

2. สารเคมีสำหรับการสกัดไกลโฟเซตในดินและน้ำ (HPLC-FLD)

2.1 เตรียม 0.05 โมล บอเรต บัฟเฟอร์ (borate buffer) โดยชั่ง 1.9 กรัม ไดโซเดียม เตตระ บอเรต เดคาไฮเดรต (disodium tetra borate decahydrate) ละลายใน น้ำ (ultra-pure water) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2.2 เตรียม 0.05 โมล ฟอสเฟต บัฟเฟอร์ (phosphate buffer) โดยชั่ง 6.8 กรัม ของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4 , AR) ละลายในน้ำ (ultra-pure water) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ปรับ pH 5.8 – 6.0 ด้วย 3 โมล โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH solution)

2.3 เตรียม 3 โมล โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH solution) โดยชั่ง 16 กรัม ละลายในน้ำ (ultra-pure water) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2.4 เตรียมสาร 9-ฟลูออรีนิล เมทอกซีคาร์บอนิล คลอไรด์ (9-fluorenyl methoxycarbonyl chloride หรือ FMOC-Cl (1-3 กรัมต่อลิตร) โดยชั่ง 10-30 มิลลิกรัม FMOC-Cl ละลายในอะซิโตไนล์ acetonitrile (HPLC) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

2.5 เตรียม 0.1 โมล ไดโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4) โดยชั่ง 8.7 กรัม KH_2PO_4 ละลายในน้ำ (ultra-pure water) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

3. อุปกรณ์

3.1 เครื่องแก้วที่ใช้ในการสกัดได้แก่ หลอดทดลอง (test tube), กระบอกตวง (cylinder), ปีกเกอร์ (beaker), ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask), กรวยกรอง (filtering funnel) และ ปิเปต (pipette) เป็นต้น

3.2 เครื่องแก้วที่ใช้ในการเตรียมสารมาตรฐาน ได้แก่ ขวดปริมาตร (volumetric flask), ปิเปต (volumetric pipette, auto pipette)

3.4 วัสดุวิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น กระดาษกรอง, ตัวกรอง (PTFE filter)

3.5 สารมาตรฐานที่มีความบริสุทธิ์สูงของสาร glyphosate 97.0% และ aminomethyl phosphoric acid (AMPA) 99.5%

3.6 เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น เครื่องชั่งหยาบ, เครื่องชั่งละเอียด (analytical balance), เครื่องปั่นผสมชนิด vortex mixer, เครื่องเขย่า (reciprocal shaker) เครื่องลดปริมาตรชนิด rotary evaporator, เครื่องลดปริมาตรชนิด nitrogen evaporator เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) และเครื่องตรวจวิเคราะห์ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ที่มีตัวตรวจวัดชนิด Fluorescence detector ต่อกับ Post column derivatizer

4. วิธีการ

4.1 การสกัด glyphosate ในดิน ตามวิธี Christensen, H. B., *et al.* (2008)

ชั่งดิน 10.0 กรัม ความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ เติมสารละลายมาตรฐาน ≤ 1 มิลลิลิตร เขย่าแรงด้วยมือ ปั่นผสมด้วย vortex mixer (high speed) นาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร (น้ำปรับ pH 2 ด้วยกรดฟอสฟอริก) เขย่าแรงด้วยมือ ปั่นผสมด้วย vortex mixer (high speed) นาน 1 นาที เติมสารละลาย 5 มิลลิโมล โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 5 มิลลิลิตร โดยปั่นผสมด้วย vortex mixer (high speed) นาน 1 นาที นำไปใส่ Ultrasonic bath นาน 10 นาที ปั่นเหวี่ยงด้วย centrifuge ที่ 3,500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ทำซ้ำโดยนำไปใส่ Ultrasonic bath และปั่นเหวี่ยงด้วย centrifuge นำสารละลายส่วนใส 1 มิลลิลิตร กรองผ่านตัวกรอง

(PTFE filter) 0.2 ไมครอน ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-PCD-FLD (excitation, emission wavelength 330, 465 นาโนเมตร)

4.2 การสกัด glyphosate ในดิน ตามวิธี Le Bot, B. *et al.* (2002) และ QuEChERS (2007)

ชั่งดิน 10.0 กรัม ในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำ (deionized water) 1 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วย Vortex mixer นาน 1 นาที เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วย Vortex mixer นาน 1 นาที centrifuge 4000 รอบ 5 นาที ปิดเปิดตัวอย่างส่วนใส 3 มิลลิลิตร ใส่ใน test tube เติม 500 ไมโครลิตร 0.5 โมล borate buffer เติม 500 ไมโครลิตร FMOCl solution ปั่นผสมด้วย vortex mixer นาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง เติม 2 มิลลิลิตร ethyl acetate ปั่นผสมด้วย vortex mixer นาน 2 นาที ปิดเปิดชั้นน้ำ aqueous solution 1 มิลลิลิตร กรณีนุ่นนำไปผ่าน dSPE kit: phenomenex หรือ Vertipak DQ-12 centrifuge 1 นาที กรองผ่าน 0.22 ไมครอน PTFE filter ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-FLD (excitation, emission wavelength 265, 315 นาโนเมตร)

4.3 การสกัด glyphosate ในน้ำ ตามวิธี Miles, C. J. *et al.* (1986) and Le Bot, B. *et al.* (2002)

ตวงน้ำ 100 ml ลงใน 250 มิลลิลิตร ใส่ใน round bottom flask เติม 1 มิลลิลิตร 0.1 โมลโพแทสเซียม ฟอสเฟต (K_2HPO_4) นำไปลดปริมาตรด้วย rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เกือบแห้ง ปรับปริมาตร ด้วยน้ำ (deionized water) 5 มิลลิลิตร ปิดเปิดสารละลาย 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติม 500 ไมโครลิตร ของ 0.05 โมล บอเรตบัฟเฟอร์ (borate buffer) เติม 500 ไมโครลิตร FMOCl solution ปั่นผสมด้วย vortex mixer 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ที่มืด) นาน 1 ชั่วโมง เติม 2 มิลลิลิตร ethyl acetate ปั่นผสมด้วย vortex mixer นาน 2 นาที ปิดเปิดชั้นน้ำ (aqueous solution) 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองผ่านตัวกรอง (PTFE filter) 0.2 ไมครอน ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-FLD (excitation, emission wavelength 265, 315 นาโนเมตร)

4.4 การตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph ที่ต่อกับ Post column derivitizer (HPLC-PCD-FLD) โดยปรับสภาวะการทำงานของเครื่อง ดังนี้

Detector: Fluorescence Detector ต่อกับ PCD

ช่วงคลื่นที่วัด: excitation, emission wavelength 330, 465 นาโนเมตร

คอลัมน์: Glyphosate Column Cation-Exchange (K^+ -form) 4.0 x 150 มิลลิเมตร ต่อกับการ์ดคอลัมน์ 3.0 x 20 มิลลิเมตร

อัตราการไหลในคอลัมน์: 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที

ปริมาตรที่ฉีด: 50 ไมโครลิตร

อุณหภูมิคอลัมน์: 55 องศาเซลเซียส

สารตัวพา: potassium dihydrogenphosphate buffer (K200-eluent) และ potassium hydroxide solution (RG019-regenerant) เวลา 25 นาที อุณหภูมิที่ Reactor: 36 องศาเซลเซียส

สารชนิดที่ 1: Oxidizing reagent สารละลาย potassium dihydrogenphosphate buffer (hypochlorite diluent, GA116-diluent)

สารชนิดที่ 2: สารละลาย sodium borate buffer (GA104-diluent)

อัตราการไหล: 0.3 มิลลิลิตรต่อนาที

ตารางที่ 1. เปอร์เซ็นต์อัตราส่วนสารละลาย K200 และ RG 019 ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

เวลา (นาที)	% K200	% RG019	flow rate (ml/นาที)	สถานะ
0.00	100	0	0.4	Injection
15.00	100	0	0.4	Isocratic
15.10	0	100	0.4	Step change
17.00	0	100	0.4	Step
17.10	100	0	0.4	Re-Equilibration
25.00	100	0	0.4	Re-Equilibration

4.5 การตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph ที่ (HPLC-FLD) โดยปรับสภาวะการทำงานของเครื่อง ดังนี้

ตัวตรวจวัด (Detector): Fluorescence Detector

ช่วงคลื่นที่วัด: excitation, emission wavelength 265, 315 นาโนเมตร

คอลัมน์: อะมีโน (NH₂) 5 ไมครอน 4.0 x 150 มิลลิเมตร ต่อกับ การ์ดคอลัมน์ 4 x 3 มิลลิเมตร

อัตราการไหลในคอลัมน์: 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที

ปริมาตรที่ฉีด: 20-25 ไมโครลิตร อุณหภูมิคอลัมน์: 35-40 องศาเซลเซียส

สารตัวพา: ฟอสเฟต บัฟเฟอร์ (phosphate buffer) และ อะซิโตนไตร (acetonitrile) 60:40 % V/V

เวลา 12 นาที

ระยะเวลา ตุลาคม 2555 – กันยายน 2556 และ ตุลาคม 2558 – กันยายน 2559

สถานที่ทำการทดลอง กลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเปรียบเทียบ Retention time (T_R) ของสารละลายมาตรฐาน glyphosate และ AMPA ที่ความเข้มข้น 1.4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยการเตรียมใน 0.5 มิลลิโมล สารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate solution) และน้ำ (water/acetonitrile 1:1, pH 2) ที่ปรับความเป็นกรดด้วย 85% กรดฟอสฟอริก เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่อง HPLC-PCD-FLD พบว่า สารละลายมาตรฐานที่เตรียมในน้ำ ให้ sensitivity (area) ของโกลโฟเซตที่ดีกว่า และแสดง Retention time (T_R) ที่เร็วกว่า ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2. สารละลายมาตรฐาน glyphosate และ AMPA ความเข้มข้น 1.4 µg/ml ใน 0.5 มิลลิโมล สารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (K200)

สารละลายใน K200	ความเข้มข้น (µg/ml)	T_R	Area
glyphosate	1.40	10.537	169.3977
AMPA	1.43	23.223	451.0473

ตารางที่ 3. สารละลายมาตรฐาน glyphosate และ AMPA ความเข้มข้น 1.4 µg/ml ในน้ำ pH 2

สารละลายใน water pH2	ความเข้มข้น (µg/ml)	T_R	Area
glyphosate	1.40	9.265	174.2459
AMPA	1.43	19.224	445.1931

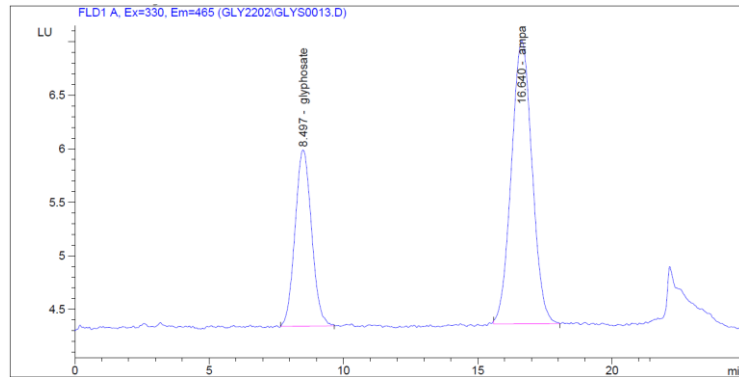
ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงเลือกเตรียมการสารละลายมาตรฐานเจือจางในช่วงความเข้มข้นต่างๆ เพื่อทำเป็น calibration curve โดยใช้พื้นที่ปรับความเป็นกรดแล้ว ส่วนการทดสอบสารมาตรฐานด้วยการไม่กรอง (centrifuge) และกรองผ่าน filter membrane เมื่อเลือกการใช้ PTFE และ Nylon filter กรองเปรียบเทียบ area กัน พบว่า สารมาตรฐานที่กรองผ่าน Nylon filter มี area ต่างไป 33% และผ่าน PTFE filter ต่างไป 5% เมื่อเทียบกับ area ของสารมาตรฐานที่ไม่ผ่าน filter membrane สารละลายมาตรฐานควรเตรียมใหม่ทุก 6 เดือน กรณีที่เตรียมสารมาตรฐานเพื่อทำ derivatization ด้วย 9-fluorenylmethylchloroformate (FMOC-Cl) ควรใช้สารมาตรฐานในช่วงความเข้มข้นที่เป็น intermediate standard จากนั้นเมื่อผ่านการ derivatization แล้วจึงนำไปเจือจางเพื่อทำเป็น calibration curve ต่อไป ภาพการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสาร ดังภาพที่ 1



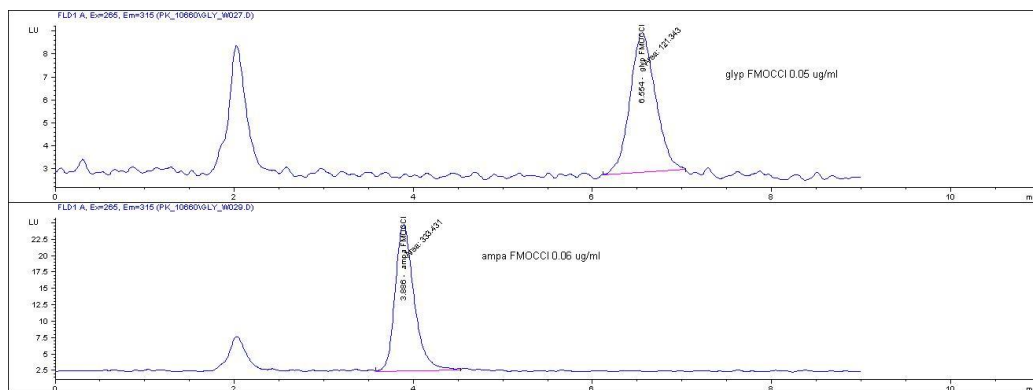
Figure 1 displays two calibration plots. The left plot shows the calibration for glyphosate, with the equation $y = 113.7x + 18.132$ and $R^2 = 0.9964$. The right plot shows the calibration for AMPA, with the equation $y = 270.37x + 36.233$ and $R^2 = 0.9975$. Both plots show Area versus Amount ($\mu\text{g/ml}$).

ภาพที่ 2. ความเป็นเส้นตรงของสาร R^2 มากกว่า 0.995

35



ภาพที่ 3. glyphosate และ AMPA ของ glyphosate column



ภาพที่ 4. glyphosate FMOCCl และ AMPA FMOCCl ของ amino column

สารละลายมาตรฐานที่เตรียมหลังจากผ่านขั้นตอนการทำ derivatization ด้วยสาร 9-fluorenylmethyl chloroformate (FMOCCl) จะต้องนำไปตรวจวิเคราะห์ทันทีหรือภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง การนำเข้าสู่ช่อง Freezer ที่อุณหภูมิต่ำ จะสามารถเก็บรักษาสารได้ในระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น จากการทดลองเก็บรักษาสารละลายมาตรฐาน 6 ความเข้มข้น ใน Freezer เป็นระยะเวลา 1 และ 2 เดือน พบว่า area ของสารจะลดลงเป็นครึ่งหนึ่งจากการฉีดครั้งก่อน ความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมในความเข้มข้นสูง มีผลต่อความไว (sensitivity) ในการตรวจวิเคราะห์ของสารทั้งสองชนิด จึงต้องปรับความเข้มข้นของสารให้มีความเหมาะสม โดยต้องคำนึงถึงการตกค้างของสารในรูปผลึกเกลือตามส่วนต่างๆ ของระบบเครื่อง HPLC ด้วย เนื่องจากมีผลกระทบต่อระบบการทำงานของปั๊ม การตกค้างในสายข้อต่อ capillary การอุดตันในการคัดคอลัมน์และคอลัมน์ จึงต้องมีสารที่ใช้เป็น column regnerant เพื่อปรับสภาพของคอลัมน์ นอกจากนี้มีผลต่อความดันในระบบของเครื่อง HPLC และมีผลต่อ flow cell ของ detector ซึ่งหากเกิดความเสียหายต้องเปลี่ยนใหม่ในราคาสูง ดังนั้น การดูแลก่อนและหลังการใช้งาน จะต้องล้างระบบและคอลัมน์ให้ดีที่สุดด้วยน้ำและสารละลายที่เหมาะสม เช่น acetonitrile ที่ใช้เก็บคอลัมน์ โดยต้องวัดค่าพีเอชของเหลวที่ออกจากคอลัมน์และส่วนต่างๆ ให้อยู่ในพีเอชเป็นกลาง จึงจะไม่เกิดปัญหาในการวิเคราะห์

ในงานวิจัยนี้ การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืช glyphosate และ AMPA ในดิน ประยุกต์จากวิธี Christensen, H. B., *et al.* (2008) Le Bot, B. *et al.* (2002) และ QuEChERS (2007) นี้ การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืช glyphosate และ AMPA ในน้ำประยุกต์จากวิธี Miles, C. J. *et al.* (1986) and Le Bot, B. *et al.* (2002) เพื่อให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือของห้องปฏิบัติการ โดยได้สรุปผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นเส้นตรงของสารมาตรฐาน ด้วยสมการเส้นตรง ค่า Correlation coefficient ค่าเฉลี่ย%recovery LOD และ LOQ ไว้ดังตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4. สมการเส้นตรง ค่า Correlation coefficient ค่าเฉลี่ย %recovery LOD และ, LOQ ของสารกำจัดวัชพืช glyphosate และ AMPA ในดิน

สาร	สมการเส้นตรง	Correlation coefficient (r)	%recovery	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)
glyphosate	$y = 113.7x + 18.132$	0.996	72	0.05	0.15
AMPA	$y = 270.37x + 36.233$	0.997	94	0.02	0.07

ตารางที่ 5. สมการเส้นตรง ค่า Correlation coefficient ค่าเฉลี่ย %recovery LOD และ LOQ ของสารกำจัดวัชพืช glyphosate และ AMPA ในน้ำ

สาร	สมการเส้นตรง	Correlation coefficient (R^2)	%recovery	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)
glyphosate	$y = 9980.2x + 62.563$	0.999	78	0.05	0.15
AMPA	$Y = 116.41x - 4.5525$	0.997	105	0.05	0.15

สรุปผลการทดลอง

วิธีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารสารพิษตกค้างของไกลโฟเซตและสารเมตาบอไลต์ของงานวิจัยนี้มีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน และมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในดินและน้ำของห้องปฏิบัติการ แต่ได้พบปัญหาหลายประการ เช่น อายุของสารละลายที่ผ่านขั้นตอนการเปลี่ยนรูปสาร อาจทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของผลการวิเคราะห์ แล้วต้องทำการวิเคราะห์ซ้ำ การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้เกิดผลึกเกลือในส่วนต่างๆ ของระบบของเครื่องมือ จึงต้องใช้เวลาในการดูแลล้างระบบก่อนการปิดหรือเปิดเครื่องอย่างเหมาะสม อายุของเครื่องมือ รวมทั้งการซ่อมแซมเครื่องมือ เป็นต้น ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานในการพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์ เนื่องจากสารไกลโฟเซตมีการนำเข้าและการใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ไม่ทำการเกษตรอย่างกว้างขวาง การพัฒนาการวิเคราะห์ที่มีความไวในการตรวจวิเคราะห์มากขึ้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาต่อไปในเทคนิคอื่นๆ ร่วมด้วย เพื่อให้ผลวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือจึงต้องมีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและสารเมตาบอไลต์ในตัวอย่างดินและน้ำต่อไปด้วย

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและสารเมตาบอไลต์ในตัวอย่างดินและน้ำ
2. ใช้เป็นวิธีทดสอบเพื่อตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและสารเมตาบอไลต์ในตัวอย่างดินและน้ำของห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- Alferness, P. L. and Iwata, Y. 1994. Determination of Glyphosate and Aminomethyl Phosphonic Acid in Soil, Plant and Animal Matrices and Water by Capillary Gas Chromatography with Mass-Selective Detection. J. Agri. Food Chem. 42, 2751- 2759.
- Christensen, H. B., Poulson, M. E., Herrmann, S. and Granby, K. 2008. Analysis of glyphosate in cereals. Danish Institute for Food and Veterinary Research.
- Cornish, P. S. and Burgin, S. 2005. Residual Effects of Glyphosate Herbicide in Ecological Restoration. Restoration Ecology Vol. 13, No. 4, pp. 695–702.
- EPA. 2017. Ground Water and Drinking Water: National Primary Drinking Water Regulations. 18 June, 2017 [Available online <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>]

- Le Bot, B., Colliaux, K., Pelle, D., Brines, C., Seux, R., Clément, M. 2002. Optimization and performance evaluation of the analysis of glyphosate and AMPA in water by HPLC with fluorescence detection. *Chromatographia*. 56, p. 161-164.
- Miles, C.J., Wallace, L.R., Moye, H.A. 1986. Determination of glyphosate herbicide and (aminomethyl) phosphonic acid in natural waters by liquid chromatography using pre-column fluorogenic labeling with 9-fluorenylmethyl chloroformate. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 69, p. 458-461.
- Peruzzo, P. J., Porta, A. A., Ronco, A. E. 2008. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. *Environmental Pollution* 156 (2008) 61-66.
- Pickering Laboratories. 2006. Glyphosate and AMPA in crops, Method Abstract for Post-Column Liquid Chromatography 206.
- Pickering Laboratories. 2010. Method Abstracts 206/ Glyphosate and AMPA Analysis in Crops ; A Simple and Reproducible Extraction and Clean-up for HPLC Post Column Derivatization. *in* Product Catalog 10/14. Pickering Laboratories HPLC Post Column Derivatization/ Instrument/ Columns/ Method/ Reagents. p. 93-94.
- The U.S. EPA Method 547 : Determination of Glyphosate in Drinking water by direct-Aqueous-Injection HPLC, Post column Derivatization and Fluorescent detection. 18 June, 2017 [Available online [www.epa.gov/waterscience/methods/methods files/ 547.pdf](http://www.epa.gov/waterscience/methods/methods%20files/547.pdf)]
- U.S. Department of Interior. 1990. Evaluating Soil Contaminant. Biological Report 90. 18 June, 2017 [Available online http://www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/others/FWS_Bio_Rep_90-2.pdf]
- Winfield, T.W., Bashe, W.J., Baker, T.V. 1990. Method 547 Determination of Glyphosate in Drinking Water by Direct-Aqueous-Injection HPLC, Post-Column Derivatization, and Fluorescence Detection.

ผลการใช้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อลดปุ๋ยเคมีในการผลิตมะเขือเทศ

Influence of Chitosan and PGPRs Biofertilizer on Decreasing of Chemical Fertilizer in Tomato Production

อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์ กัลยกร โปร่งจันทิก ภัสชญภณ หมั่นแจ้ง

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันเพื่อลดปุ๋ยเคมีในการผลิตมะเขือเทศพันธุ์ห่อ โดยวางแผนการทดลองในกระถางแบบ CRD มี 6 กรรมวิธี 6 ซ้ำ และในแปลงทดลองแบบ 2×5 factorial in RCB มี 10 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ โดยปัจจัยที่ 1 คือ การใช้และไม่ใช้ไคโตซาน ปัจจัยที่ 2 คือ รูปแบบการใช้ปุ๋ย 5 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพียงอย่างเดียว ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ และใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ผลการทดลองในกระถาง พบว่า ความสูง น้ำหนักแห้งต้นและราก ของแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ + ฉีดพ่นไคโตซาน และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ + ฉีดพ่นไคโตซาน ทำให้มะเขือเทศมีความสูงที่อายุ 30 วัน สูงที่สุด คือ 74.0 และ 72.6 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ + ฉีดพ่นไคโตซาน ทำให้มะเขือเทศมีความสูงที่อายุ 45 วัน สูงที่สุด คือ 160.4 เซนติเมตร ส่วนในแปลงทดลอง พบว่า การใช้ไคโตซานและรูปแบบการใช้ปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่มีแนวโน้มว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ มีน้ำหนักต้นแห้ง 174 กิโลกรัม น้ำหนักผลผลิต 1,914 กิโลกรัม และจำนวนผล 25,313 ผล สูงที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ

คำสำคัญ : ไคโตซาน ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ มะเขือเทศ ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน VCR

คำนำ

ไคโตซาน (chitosan) เป็นสารที่มีประจุบวก กลุ่มpolysaccharide เรียกว่า 2-amino-2-deoxy-beta-D-glucosamine (Peniston and Johnson, 1980) พบในสัตว์กระดองแข็งและขาเป็นปล้อง เช่น เปลือกกุ้ง กุ้ง และกระดองปู หลังจากสกัดแยกเอาแคลเซียม โปรตีนและแร่ธาตุที่ไม่ต้องการออกก็จะได้สารที่มีโครงสร้างทางเคมี เรียกว่า "ไคติน" (chi-tin) และเมื่อนำไคตินผ่านกระบวนการทางเคมีอีกครั้ง จึงจะได้สารที่เรียกว่า "ไคโตซาน" สารไคโตซาน นอกจากจะมีประจุบวกช่วยในการดักจับไขมันต่าง ๆ แล้ว ไคโตซานยังมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียด้วย ไคโตซานมีหลายรูปแบบ เช่น เส้นใย แผ่นฟิล์ม ผงฝุ่น เจล หรือสารเหมือนฟองน้ำ (Marguerite, 2006)

ในการผลิตพืชพบว่าไคโตซานมีผลการทดลองที่โดดเด่นไปในด้านอารักขาพืช เนื่องจากมีผลการทดลองใช้ไคโตซานได้ผลดีในการต่อต้านและลดการแพร่กระจายของเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส ช่วยกระตุ้นการทำงานของเซลล์พืช ให้เพิ่มศักยภาพในการต้านทานต่อเชื้อโรคเพราะช่วยกระตุ้นกลไกระบบภูมิคุ้มกันของพืช ทำให้พืชเพิ่มประสิทธิภาพการขับเอนไซม์ที่ทำให้พืชสร้างภูมิคุ้มกัน และมิทบาทในการเป็นสาร chelate ช่วยยึดจับแร่ธาตุอาหารทำให้แร่ธาตุอาหารเพิ่มความเป็นประโยชน์กับพืช (Hadrami et al., 2010) และเป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ดิน ช่วยเร่งกระบวนการแปรสภาพอินทรีย์วัตถุเป็นอนินทรีย์สาร ซึ่งเป็นรูปที่พืชใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงพบว่าเมื่อมีการใช้

ไคโตซานช่วยให้ประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น โดยการทดลองใช้ไคโตซานในข้าว พบว่าการแช่เมล็ดข้าวก่อนปลูก และการใส่ไคโตซาน ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร 4 ครั้ง ช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวสูงกว่าการคลุกเมล็ดและการพ่นทางใบ และยังพบว่าไคซานยังช่วยให้ข้าวทนแล้งด้วย (Boonlertnirun *et al.*, 2007; Boonlertnirun *et al.*, 2008) การทดลองในสตรอเบอร์รี่ในอียิปต์พบว่า การพ่นไคโตซานชื่อการค้า Chito-Care[®] อัตรา 2 มล.ต่อลิตร 3 ครั้ง ทุกๆ 30 วัน หลังจากย้ายกล้าปลูก 42 วัน พบว่าช่วยเพิ่มความสูง จำนวนและน้ำหนักใบสด และน้ำหนักผลผลิตผลสดของสตรอเบอร์รี่อย่างมีนัยสำคัญ (Ab-del Mawgoud *et al.*, 2010) ในการผลิตพันธุ์มันเทศพบว่าการใช้ไคโตซานในอัตรา 5 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของหัวมัน แต่ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีน้ำหนักหัวลดลง (Asghari-Zakaria *et al.*, 2009)

ปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ (Plant Growth Promoting Rhizo bacteria) เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บริเวณรากพืช (rhizosphere bacteria) ทั้งบริเวณดินรอบๆราก ผิวนอก ภายในราก ต้นและใบพืช โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ด้วยการสร้างธาตุอาหารหรือเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิด มีแบคทีเรียหลายชนิดที่พบว่าอาศัยอยู่ในดิน ราก และต้น (Mehnaz *et al.*, 2001) ปัจจุบันได้มีความสนใจศึกษาประโยชน์ของแบคทีเรียที่อาศัยบริเวณรอบๆรากพืชเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพบว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้มีศักยภาพในการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพได้ (Diem, 1978; Bashan and Levany, 1990) โดยประโยชน์ที่สำคัญของแบคทีเรียกลุ่มนี้ได้แก่ การตรึงไนโตรเจน ผลิตฮอร์โมนสำหรับพืช เช่น indole acetic acid (IAA) ช่วยให้รากมีพื้นที่ผิวมากขึ้นมีผลช่วยให้พืชดูดน้ำและธาตุอาหารได้เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม (Boddy *et al.*, 1995; Jacoud *et al.*, 1999; Meunchang *et al.*, 2004) และการวิจัยพบว่าการใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสายพันธุ์ที่คัดเลือกในท้องถิ่น มักให้ผลตอบแทนของผลผลิตได้ดีกว่าสายพันธุ์มาตรฐาน (type strains) และตำรับไม่ใส่แบคทีเรีย (Murty and Ladha 1988; Fulchieri and Frioni, 1994) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาผลการใช้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันกับมะเขือเทศพันธุ์ท้อ เพื่อให้ได้วิธีการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานที่ถูกต้องและได้วิธีการลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกร

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. มะเขือเทศพันธุ์ท้อ
2. ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน
3. ปุ๋ยเคมี 0-46-0, 46-0-0, 0-0-60
4. อุปกรณ์วัดการเจริญเติบโต

วิธีการ

1. การทดลองในกระถาง

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 6 ซ้ำ 6 กรรมวิธี ประกอบด้วย

1. ไม่ใส่ปุ๋ย ฉีดพ่นไคโตซาน
2. ใส่ปุ๋ยเคมี 0.46-0.46-0.60 กรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อดิน 2 กิโลกรัม
3. ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราในกรรมวิธีที่ 2
4. ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราในกรรมวิธีที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน
5. ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราในกรรมวิธีที่ 2 และฉีดพ่นไคโตซาน
6. ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราในกรรมวิธีที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันและฉีดพ่นไคโตซาน

เตรียมดินโดยใช้ดินร่วนปนทราย ร่อนดินเลือกเอาเศษรากพืชออกทั้งหมด แบ่งใส่กระถางละ 2 กิโลกรัม ปลุกพีชมะเขือเทศ 2 ต้นต่อกระถาง รดน้ำกรอง ฉีดพ่นด้วยไคโตซานชนิด CH3 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุก ๆ 10 วัน รวม 3 ครั้ง ใส่ปุ๋ยเคมีเท่ากันทุกกรรมวิธี อัตรา 0.46-0.46-0.60 กรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อดิน 2 กิโลกรัม เก็บข้อมูลอายุ 45 วัน วัดความสูง น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักต้นแห้ง มวลชีวภาพทั้งหมด และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

2. การทดลองในแปลงทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2x5 factorial in RCB 10 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย

2.1 ปัจจัยที่ 1 คือ การใช้ไคโตซาน 2 แบบ

2.1.1 ไม่พ่น

2.1.2 พ่นไคโตซาน

2.2 ปัจจัยที่ 2 คือ การใช้ปุ๋ยเคมี 5 รูปแบบ คือ

2.2.1 ไม่ใส่ปุ๋ย

2.2.2 ใส่ PGPR-1 อย่างเดียว

2.2.3 ใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (อัตราแนะนำ)

2.2.4 ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ)

2.2.5 ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับ PGPR

เตรียมแปลงทดลองในดินร่วนทราย ณ แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ในฤดูฝนปี 2557 ขนาดแปลงทดลอง 5x6 เมตร ทำการปลูกแบบแถวคู่ ระยะห่างระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร แปลงละ 4 แถว เว้นขอบแปลงเข้ามาในแปลงฝั่งละ 25 เซนติเมตร ทำการปลูกจำนวน 1 ต้นต่อหลุม โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพให้ละลายปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์แล้วรดต้นกล้าก่อนย้ายปลูก แปลงกรรมวิธีใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำ ใส่ 24-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ แล้วกลบปุ๋ยตามที่กำหนดในวิธีการทดลอง กรรมวิธีที่พ่นไคโตซาน ฉีดพ่นไคโตซานชนิด CH3 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทุก 7 วัน รวม 3 ครั้ง ได้แก่ อายุหลังปลูกมะเขือเทศ 10 17 และ 24 วัน เก็บข้อมูลความสูง น้ำหนักผลผลิตสด น้ำหนักต้นแห้ง และจำนวนผลผลิต และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การเตรียมไคโตซานทำได้โดยนำเปลือกกุ้งมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำการกำจัดโปรตีนโดยนำเปลือกกุ้งมาทำปฏิกิริยากับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์โดยการรีฟลักซ์ในอัตราส่วน 1:6 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรที่อุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง จากนั้นกำจัดเกลือแร่ โดยนำเปลือกกุ้งกำจัดโปรตีนทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 1:6 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ไคตินจากนั้นนำมาทำปฏิกิริยากำจัดหมู่เอเซทิล โดยทำปฏิกิริยากับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์โดยการรีฟลักซ์ ในอัตราส่วน 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรที่อุณหภูมิประมาณ 90-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง ล้างและทำให้แห้งและบดให้ละเอียดจะได้สารไคโตซานในรูปผง (ปรียา, 2543) นำมาละลายน้ำในอัตราส่วน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และนำไปฉีดพ่นต้นมะเขือเทศตามระยะเวลาที่กำหนดในกรรมวิธี

หมายเหตุ : ไคโตซานชนิด CH3 หมายถึง ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุล 50,000 ดาลตัน และผลิตด้วยวิธีฉายรังสีแกมมา

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการทดลองในโรงเรือน

จากการทดลองการใช้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์-วันเพื่อลดปุ๋ยเคมีในการผลิตมะเขือเทศในกระถาง พบว่า ความสูง น้ำหนักแห้งต้น และราก ของกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย

พบว่าในกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 0.35-0.35-0.45 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ และฉีดพ่นไคโตซาน และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 0.35-0.35-0.45 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และฉีดพ่นไคโตซาน ทำให้ความสูงของมะเขือเทศสูงสุดที่อายุ 30 วัน เฉลี่ย 74.0 และ 72.6 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและฉีดพ่นไคโตซานมีความสูงของต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 56.4 เซนติเมตร ในขณะที่เมื่อมะเขือเทศมีอายุ 45 วัน ให้ผลการทดลองในแนวทางเดียวกัน โดยที่กรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 0.35-0.35-0.45 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และฉีดพ่นไคโตซาน ทำให้ความสูงของต้นเฉลี่ยสูงสุดคือ 160.4 เซนติเมตร ส่วนน้ำหนักต้นและรากแห้ง กรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 0.35-0.35-0.45 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และฉีดพ่นไคโตซาน ทำให้น้ำหนักต้นและรากแห้งสูงสุดเฉลี่ย 40.67 และ 2.99 กรัม ตามลำดับ โดยที่กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ฉีดพ่นไคโตซานมีน้ำหนักต้นและรากแห้งเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 30.34 และ 2.0 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อิทธิพลของของไคโตซาน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของมะเขือเทศในกระถาง

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
	อายุ 30 วัน	อายุ 45 วัน	ต้น	ราก
1	56.4 c	145.0 cd	30.34 c	2.00 b
2	71.0 ab	158.2 ab	38.08 ab	3.11 a
3	65.2 b	138.2 d	33.65 bc	2.54 ab
4	69.8 ab	158.6 ab	37.33 ab	2.83 ab
5	74.0 a	150.8 bc	34.18 bc	2.61 ab
6	72.6 a	160.4 a	40.67 a	2.99 a
ชนิด-เฉลี่ย	68.17	151.87	35.71	2.68
CV (เปอร์เซ็นต์)	6.89	3.90	10.87	23.58

ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย DMRT

2. ผลการทดลองในแปลงทดลอง

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร พบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยมีอินทรีย์วัตถุ 0.81 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรด-ด่างปฏิกิริยาดิน (pH) 6.85 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 118 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในแปลงทดลองก่อนปลูกมะเขือเทศ

เนื้อดิน	ความเป็นกรด-ด่าง (1:1)	อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ร่วนปนทราย	6.85	0.81	118	82

น้ำหนักแห้ง พบว่าการใช้ไคโตซานและการใช้ปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศ การใช้ไคโตซานและไม่ใช้ไคโตซานให้ค่าน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าวิธีการใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ให้ค่าน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศแตกต่างกัน โดยพบว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O

ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) ให้ค่าน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศสูงสุด รองลงมากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับพีจีพีอาร์-วันเท่ากับ 80.63 80.37 และ 73.30 กรัม ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ กับใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับชีวภาพพีจีพีอาร์-วันไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันต่อน้ำหนักแห้ง (กรัม) ของมะเขือเทศในแปลงทดลอง

รูปแบบการใช้ปุ๋ย	รูปแบบการใช้ไคโตซาน		ค่าเฉลี่ย
	ไม่ฉีดพ่น	ฉีดพ่น	
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	62.25 ab	39.39 b	50.82
2. ใส่ PGPR-I อย่างเดียว	61.32 ab	44.68 b	53.00
3. ใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	98.42 a	62.84 ab	80.63
4. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	98.13 a	62.62 ab	80.37
5. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ร่วมกับ PGPR-I	72.69 ab	74.31 ab	73.50
ค่าเฉลี่ย	78.56	56.77	

CV (เปอร์เซ็นต์) = 35.68

ตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย DMRT

ความสูง พบว่าการใช้ไคโตซานและการใช้ปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อความสูงของมะเขือเทศ การใช้ไคโตซาน และไม่ใช้ไคโตซานให้ค่าความสูงของมะเขือเทศไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าวิธีการใช้ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ให้ค่าความสูงของมะเขือเทศไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยพบว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) ให้ค่าความสูงของมะเขือเทศสูงสุดเท่ากับ 66.97 เซนติเมตร ส่วนกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ให้ค่าความสูงของมะเขือเทศต่ำสุดเท่ากับ 62.08 เซนติเมตร ซึ่งจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยร่วมกับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันไม่ทำให้ความสูงของมะเขือเทศ แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (ตาราง 4)

ตารางที่ 4 อิทธิพลของไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันต่อความสูง (เซนติเมตร) ของมะเขือเทศในแปลงทดลอง

รูปแบบการใช้ปุ๋ย	รูปแบบการใช้ไคโตซาน		ค่าเฉลี่ย
	ไม่ฉีดพ่น	ฉีดพ่น	
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	62.97	66.50	64.73
2. ใส่ PGPR-I อย่างเดียว	60.33	67.07	63.87
3. ใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	68.23	65.70	66.97
4. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	67.07	60.03	63.55
5. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ร่วมกับ PGPR-I	60.67	63.50	62.08
ค่าเฉลี่ย	63.85	64.63	

CV (เปอร์เซ็นต์) = 11.07

น้ำหนักรวมผลผลิต พบว่าการใช้โคโตซานและการใส่ปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อน้ำหนักผลผลิตของมะเขือเทศ การใส่โคโตซานและไม่ใส่โคโตซานให้ค่าน้ำหนักผลผลิตของมะเขือเทศไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ให้ค่าน้ำหนักผลผลิตของมะเขือเทศไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยพบว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันให้ค่าน้ำหนักผลผลิตมะเขือเทศสูงสุด รองลงมาคือกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) เท่ากับ 1,836 1,610 และ 1,595 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันทำให้ผลผลิตมะเขือเทศสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (ตารางที่ 5)

จำนวนผลผลิต พบว่าการใช้โคโตซานและการใส่ปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อจำนวนผลของมะเขือเทศ การใส่โคโตซานและไม่ใส่โคโตซานให้ค่าจำนวนผลของมะเขือเทศไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ให้ค่าจำนวนผลของมะเขือเทศไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยพบว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันให้ค่าจำนวนผลของมะเขือเทศสูงสุด รองลงมา คือกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) เท่ากับ 25,385 23,697 และ 22,923 ผลต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันทำให้ผลผลิตมะเขือเทศสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (ตารางที่ 6)

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนของการลงทุนโดยการวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (VCR) สำหรับเกษตรกรที่มีทุนจำกัด ค่าวิกฤตจะอยู่ที่ระดับ 2.0 จากตารางที่ 7 พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและมีการฉีดพ่นโคโตซาน มีค่า VCR สูงที่สุด คือ 218.23 รองลงมา คือกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันและมีการฉีดพ่นโคโตซาน มีค่า VCR คือ 193.68 ส่วนในกรรมวิธีที่ไม่มีการฉีดพ่นโคโตซาน พบว่า กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันอย่างเดียวมีค่า VCR ต่ำที่สุดคือ -56.48 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 5 ผลของโคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันต่อน้ำหนักผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) มะเขือเทศเก็บเกี่ยวจำนวน 9 ครั้ง ระหว่างวันที่ 16 ธ.ค. 2557 – 13 ม.ค. 2558 ในแปลงทดลอง

รูปแบบการใส่ปุ๋ย	รูปแบบการใช้โคโตซาน		ค่าเฉลี่ย
	ไม่ฉีดพ่น	ฉีดพ่น	
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	1,343	1,519	1,431
2. ใส่ PGPR-I อย่างเดียว	1,079	1,628	1,354
3. ใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	1,637	1,553	1,595
4. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	1,558	1,663	1,610
5. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ร่วมกับ PGPR-I	1,758	1,914	1,836
ค่าเฉลี่ย	1,475	1,655	

CV (เปอร์เซ็นต์) = 35.12

ตารางที่ 6 ผลของโคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันต่อจำนวนผลผลิต (ผลต่อไร่) มะเขือเทศเก็บเกี่ยว จำนวน 9 ครั้ง ระหว่างวันที่ 16 ธ.ค. 2557 – 13 ม.ค. 2558 ในแปลงทดลอง

รูปแบบการใช้ปุ๋ย	รูปแบบการใช้โคโตซาน		ค่าเฉลี่ย
	ไม่ฉีดพ่น	ฉีดพ่น	
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	21,189	21,438	21,314
2. ใส่ PGPR-I อย่างเดียว	18,345	24,353	21,349
3. ใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	22,931	22,914	22,923
4. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	24,158	23,234	23,696
5. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ร่วมกับ PGPR-I	25,456	25,313	25,385
ค่าเฉลี่ย	22,416	23,450	

CV (เปอร์เซ็นต์) = 29.70

ตารางที่ 7 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมะเขือเทศ เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และโคโตซาน

กรรมวิธี	ผลผลิต	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น	รายได้ ^{1/}	รายได้ที่เพิ่มขึ้น	ราคาปุ๋ย ^{2/}	VCR ^{3/}
ไม่ฉีดพ่นโคโตซาน						
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	1,343	-	33,567	-	0	-
2. ใส่ PGPR-I อย่างเดียว	1,079	-45	26,981	-1,130	20	-56.48
3. ใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	1,637	512	40,917	12,807	682	18.79
4. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	1,558	433	38,940	10,830	551	19.64
5. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ร่วมกับ PGPR-I	1,758	634	43,948	15,838	571	27.72
ฉีดพ่นโคโตซาน						
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	1,519	395	37,976	9,866	45	219.23
2. ใส่ PGPR-I อย่างเดียว	1,628	504	40,700	12,590	65	193.68
3. ใส่ปุ๋ยเคมี 24-8-16 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	1,553	428	38,820	10,710	727	14.74
4. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่	1,663	538	41,566	13,456	596	22.56
5. ใส่ปุ๋ยเคมี 18-6-12 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ร่วมกับ PGPR-I	1,914	789	47,846	19,736	616	32.02

^{1/} มะเขือเทศ ราคา 25 บาทต่อกิโลกรัม

^{2/} ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 46-0-0 กิโลกรัมละ 13.40 บาท 0-40-0 กิโลกรัมละ 20 บาท 0-0-60 กิโลกรัมละ 12.50 บาท

ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน ถุงละ 20 บาท (อัตราการใช้คลุมเมล็ดก่อนปลูก 1 ถุงต่อไร่)

โคโตซาน ลิตรละ 150 บาท ฉีดพ่น 3 ครั้ง ครั้งละ 100 มิลลิลิตร

^{3/} อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)

VCR = (รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย) สำหรับเกษตรกรที่มีทุนจำกัด ระดับค่าวิกฤตอยู่ที่ระดับ 2.0

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการใช้โคโตซานร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันเพื่อลดปุ๋ยเคมีในการผลิตมะเขือเทศในกระถาง พบว่าความสูง น้ำหนักแห้งต้นและราก ของกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ + ฉีดพ่นโคโตซาน และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน + การฉีดพ่นโคโตซาน ทำให้ความสูงที่ อายุ 30 และ 45 วันของมะเขือเทศสูงสุด คือ 74 และ 160.4 เซนติเมตร ขณะเดียวกันน้ำหนักต้นและรากแห้ง ของกรรมวิธีข้างต้น ทำให้น้ำหนักต้นและราก

แห้งสูงสุดเฉลี่ย 40.67 และ 2.99 กรัม ตามลำดับ โดยที่กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ฉีดพ่นไคโตซานมีความสูง น้ำหนักต้น และรากแห้งเฉลี่ยต่ำที่สุด

การทดสอบในสภาพแปลงทดลอง การใช้ไคโตซานและรูปแบบการใส่ปุ๋ยไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน กรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำ + ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุดโดยให้จำนวนผลผลิต 1,836 กิโลกรัมต่อไร่ และจำนวนผล 25,385 ผลต่อไร่ ส่วนกรรมวิธี ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำให้ค่าความสูง และน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 66.97 กรัม และ 80.63 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนจากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนของการลงทุนโดยการวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (VCR) กรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและมีการฉีดพ่นไคโตซาน มีค่า VCR สูงที่สุด คือ 218.23

ทั้งนี้การทดสอบในสภาพแปลงทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ พบว่าในระหว่างทำการทดลองมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของมะเขือเทศทำให้ต้นมะเขือเทศเกิดความเสียหายในระยะออกดอกและติดผลผลิต รวมทั้งเมื่อผลมะเขือเทศใกล้ระยะเก็บเกี่ยวมีศัตรูพืช เช่น นกและแมลง เข้าทำลายผลผลิตด้วย

การนำไปใช้ประโยชน์

ได้ข้อมูลการใช้ไคโตซานร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันในการปลูกมะเขือเทศ ซึ่งสามารถแนะนำวิธีการใช้ได้จากการทดลองให้นักวิชาการ เกษตร และผู้สนใจ เพื่อนำไปใช้ในการปลูกจริง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ไคโตซานกับพืชชนิดอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Abdel-Mawgoud, A.M., F. Le ´pine and E. De ´ziel. 2010. Rhamnolipids: diversity of structures, microbial origins, and roles. *Appl Microbiol Biotechnol* 86: 1,323–1,336.
- Asghari-Zakaria, R., B. Maleki-Zanjani and E. Sedghi. 2009. Effect of in vitro chitosan application on growth and minituber yield of *Solanum tuberosum* L. *Plant, Soil and Environ* 55(6): 252-256.
- Bashan,Y., and H. Levanony. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Canadian Journal of Microbiology* 36: 591-608.
- Boddey, R.M. 1995. Biological nitrogen fixation associated with sugarcane and rice: contribution and prospects for improvement. *Plant Soil* 174: 195-209.
- Boonlertnirun, S., C. Boonraung and R. Suvannasara. 2008. Application of chitosan in rice production. *Journal of Metals, Materials and Minerals* 18: 47-52.
- Boonlertnirun, S., E. Sarobol, S. Meechoui and I. Sooksathan. 2007. Drought recovery and grain yield potential of rice after chitosan application. *Kasetsart J Nat Sci* 41: 1–6.
- Diem, G. 1978. Colonization of rice roots by diazotroph bacteria. In *Environmental role of nitrogen-fixing blue-green algae and asymbiotic bacteria*. Edited by U. Granhall. *Ecol. Bull.* (Stockholm) 26: 305-311.
- El Hadrami, A., L.R. Adam, I. El Hadrami and F. Daayf. 2010. Chitosan in Plant Protection. *Marine Drugs* 8(4): 968-987.
- Fulchieri, M. and L. Frioni. 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays*): effect on yield in a field experiment in central Argentina. *Soil Bio l. Biochem* 26: 921-923.
- Jacoud, C. 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CTR1 during maize seed germination. *Canadian Journal of Microbiology* 45: 339-342.

- Marguerite Rinaudo. 2006. Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science* 31(7): 603-632.
- Mehnaz, S., M.S. Mirza, J. Haurat, R. Bally, P. Normand, Bano, A. and K.A. Malik. 2001. Isolation and 16S rRNA sequence analysis of the beneficial bacteria from the rhizosphere of rice. *Can. J. Microbiol* 47:110-117.
- Meunchang, S., S. Panichsakpatana, S. Ando and T. Yokayama. 2004. Phylogenetic and Physiological characterization of indigenous *Azospirillum* isolates in Thailand. *Journal of the Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition* 50(3): 413-421.
- Murty, M.G. and J.K. Ladha. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponics conditions. *Plant Soils* 108: 281-285.
- Peniston, Q.P and E.L. Johnson. 1980. Process for the Manufacture of Chitosan. US Patent No. 4,195,175.

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณ ประสิทธิภาพและการจัดจำแนก ชนิดของไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

The Validation of Quantity, Efficiency and Classification Method for Rhizobium in Rhizobium Biofertilizer

อมรรัตน์ ไชยะเสน อำนาง เอี่ยมวิจารณ์ จิตรา เกาะแก้ว มนต์ชัย มนัสสิลา ภัทชญณณ์ หมั่นแจ้ง

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนด้วยเทคนิค Acetylene Reduction Assay (ARA) และการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) นำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณ และประสิทธิภาพของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว 3 สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนดีที่สุด 3 อันดับแรก คือ สายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 ซึ่งใช้เป็นเชื้ออ้างอิงในการทดลอง ผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้นของเชื้ออย่างน้อย 1.0×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สามารถก่อให้เกิดปมในรากถั่วได้ดี และสามารถสร้างปมรากในถั่วเหลืองได้ แต่ไม่สามารถสร้างปมรากในถั่วลิสง เมื่อนำผลทดสอบความจำเพาะที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์ที่ศึกษา (method validation) พบว่า มีค่าความจำเพาะสัมพัทธ์ต่ำ คือ 56.94 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่คัดเลือกไม่ได้มีความจำเพาะต่อชนิดของถั่วเขียวเท่านั้น แต่สามารถก่อให้เกิดปมในถั่วเหลืองได้ ส่งผลให้มีค่าความถูกต้องสัมพัทธ์ต่ำ (71.30 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมนี้มีค่าความไวสัมพัทธ์สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวเป็นตัวอย่างประเภท Positive และจะพิจารณาผลเฉพาะปมที่เกิดขึ้นตามชนิดของถั่วที่ได้ระบุไว้บนฉลากปุ๋ยเท่านั้น ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์นี้จึงสามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวได้อย่างเหมาะสม

การจำแนกชนิดของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์อ้างอิงจำนวน 10 สายพันธุ์ โดยการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ fD1 และ rP2 แล้วนำขึ้นดีเอ็นเอมาหาลำดับเบส และเปรียบเทียบกับลำดับเบสของเชื้อไรโซเบียมอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกันในฐานข้อมูล NCBI ด้วยวิธี basic local alignment search tool (BLAST) search จากนั้นทำแผนภูมิวิวัฒนาการด้วยวิธี Neighbor-joining phylogenetic analysis โดยใช้โปรแกรม MEGA 6.0 ผลการทำ BLAST พบว่า เชื้อไรโซเบียมทั้ง 10 สายพันธุ์คือ *Bradyrhizobium japonicum* แผนภูมิวิวัฒนาการแสดงให้เห็นว่าไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์อ้างอิง DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 จัดอยู่ในกลุ่มของ *B. japonicum* โดยมีค่า Bootstrap 85 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไพรเมอร์ fD1 และ rP2 สามารถใช้ในการจัดจำแนกเชื้อไรโซเบียมในระดับชนิด (species) ได้ และชนิดของเชื้อไรโซเบียมอ้างอิงสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 คือ *B. japonicum*

คำสำคัญ : การจำแนกชนิด ปริมาณ ประสิทธิภาพ ปุ๋ยชีวภาพ ไรโซเบียม

คำนำ

ไรโซเบียมเป็นจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ โดยใช้กลไกการตรึงไนโตรเจนที่มีอยู่ในอากาศมาเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียหรือสารประกอบไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ความพิเศษของเชื้อกลุ่มไรโซเบียมคือความสามารถในการสร้างปมที่รากหรือที่ลำต้นของพืชตระกูลถั่ว ทำให้พืชได้ประโยชน์จากการตรึงไนโตรเจนโดยตรง

ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างพืชตระกูลถั่วกับไรโซเบียมที่สัมพันธ์กัน เนื่องจากไรโซเบียมสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ดังนั้นการใช้ไรโซเบียมเป็นปุ๋ยชีวภาพจึงมีความสำคัญ การใช้ไรโซเบียมนอกจากจะทำให้ลดการใช้ปุ๋ยเคมี ยังผลทำให้มีต้นทุนการผลิตลดลงอีกด้วย จึงลดปัญหาการใช้ปุ๋ยเคมีได้แก่ การสะสมตกค้างของสารเคมีเนื่องจากพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมดซึ่งการใช้ทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังแหล่งน้ำได้

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้มาตรฐานตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในปุ๋ยชีวภาพมีบทบาทสำคัญในการให้สารประกอบธาตุอาหารพืช อัตราการมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ในวัสดุพา ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการสร้างธาตุอาหารให้แก่พืช การสร้างมาตรฐานวิธีการตรวจวิเคราะห์ให้เป็นที่ยอมรับในระดับอาเซียนและนานาชาติ

เนื่องจากในปัจจุบันบริษัทเอกชนผลิตปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมจำหน่ายกันอย่างแพร่หลาย และขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยชีวภาพตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โดยปริมาณจุลินทรีย์ไรโซเบียม 1.0×10^6 เซลล์ต่อน้ำหนักปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม ดังนั้นการตรวจสอบความความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อรับรองคุณภาพของปุ๋ยชีวภาพและเป็นประโยชน์ต่อการนำวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ น่าเชื่อถือ และรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในปี พ.ศ. 2558

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์บริสุทธิ์
2. ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม
3. เมล็ดถั่วเขียว
4. เมล็ดถั่วเซอร่าโตร
5. อาหาร yeast mannitol broth medium
6. สารละลายธาตุอาหาร N-free plant nutrient
7. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตู้บ่มเชื้อ หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ เครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม (PCR) เครื่องถ่ายภาพเจล (Gel documentation) เครื่องเขย่า
8. สารเคมีในกระบวนการสกัดสารพันธุกรรม ได้แก่ ชุดสกัดดีเอ็นเอ ไพร์เมอร์ (primer)
9. เครื่องแก้วและวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิธีการ

1. การวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ

ทำการปลูกเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ต่าง ๆ ได้แก่ DASA 02001, DASA 02002, DASA 02006, DASA 02008 และ DASA 02009 ให้กับต้นถั่วเขียวที่ปลูกใน Leonard jar (Leonard, 1943) เมื่อต้นถั่วมีอายุประมาณ 32 วัน หลังจากปลูกเชื้อ ทำการศึกษาประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมรากถั่ว ด้วยเทคนิค Acetylene Reduction Assay (ARA) ตามวิธีการของ Hardy et al. (1973) โดย แล้วนำตัวอย่างแก๊สที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) คำนวณหาปริมาณแก๊สเอทิลีน โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของเอทิลีนมาตรฐานจากสูตรดังนี้

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

B = พื้นที่ใต้กราฟของพืชตัวอย่าง

V = ปริมาตรของขวดกรวยแก๊สที่ใช้เก็บตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

Std. = พื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยของแก๊สอะเซทิลีนมาตรฐาน

A = เวลาที่ใช้ในการรีดิวซ์แก๊สอะเซทิลีนเป็นชั่วโมง

หน่วยเป็นไมโครโมลของเอทิลีน (C_2H_4) ต่อต้นพืชต่อชั่วโมง เมื่อใช้เอทิลีนมาตรฐานที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน (250 มิลลิลิตร) นำข้อมูลอัตราการตรึงไนโตรเจนของถั่วเขียวที่ได้รับการปลูกเชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์มาเปรียบเทียบกัน เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนดีที่สุดไปใช้ในการทดลองต่อไป

2. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม โดยวิธีการหาค่า MPN (Most Probable Number)

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 ซ้ำ

1) การเตรียมถุงปลูก

ถุงปลูกพืชจากถุงพลาสติกอย่างหนาขนาด 5×8 นิ้ว ภายในบรรจุกระดาดฟางฟาบอบด้านหนึ่งของถุง ปลูกใส่หลอดพลาสติกเพื่อสะดวกในการเติมธาตุอาหารพืชปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อถุงปลูก นำถุงปลูกที่เตรียมเรียบร้อยแล้วไปผ่านการฆ่าเชื้อปนเปื้อน แล้วนำไปจัดวางในชั้นวางถุงปลูกที่ทำจากลวดสแตนเลสตัดเป็นกรอบสี่เหลี่ยมตอกลงบนแผ่นไม้โดยมีช่องห่างระหว่างกรอบลวด 1 เซนติเมตร

2) การเพาะเมล็ดถั่ว

นำเมล็ดถั่วเซอร่าโตร ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง มาฆ่าเชื้อปนเปื้อนที่ผิวหุ้มเมล็ด จากนั้นแช่เมล็ดถั่วและเพาะบนสำลีที่มีความชื้นเหมาะสมในสภาวะปลอดเชื้อบนจานเพาะเมล็ดพร้อมฝาปิด เคลือบเมล็ดให้ทั่ว นำไปบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียสทิ้งไว้จนเมล็ดงอกรากมีความยาวประมาณ 0.5 – 1.0 เซนติเมตร

3) การเตรียมสารละลายเจือจางของตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพ

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพสำหรับถั่วเขียวจำนวน 10 กรัม ใส่ในขวดแก้วที่บรรจุน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อปริมาณ 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยมือประมาณ 5 นาที จะได้สารละลายปุ๋ยชีวภาพที่มีความเจือจาง 10^{-1} เท่า จากนั้นทำสารละลายดังกล่าวให้มีความเจือจางเพิ่มขึ้นตามลำดับ (serial dilution) ตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-8} โดยใช้ น้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อเป็นตัวละลายเจือจาง (diluent)

4) การปลูกถั่วในถุงปลูก

นำถุงปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อวางในชั้นวางถุงปลูก เติมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ปราศจากไนโตรเจน (N-free plant nutrient) ที่ผ่านการนิ่งฆ่าเชื้อถุงละ 30 มิลลิลิตร ใช้ปากคีบเจาะรูบนขอบกระดาดฟางที่พับไว้ 2 รู โดยมีระยะห่างประมาณ 5 เซนติเมตร สอดรากเมล็ดถั่วเซอร่าโตรที่รากงอกแล้วลงในรูที่เจาะไว้ด้านใดด้านหนึ่งของถุงปลูก โดยเมล็ดถั่วจะอยู่บนขอบกระดาดฟางที่พับไว้ ส่วนรูที่เหลือให้ปลูกถั่วเขียว ด้วยวิธีการเช่นเดียวกัน ดูดสารละลายปุ๋ยชีวภาพที่มีระดับของความเจือจางที่ 10^{-1} ถึง 10^{-8} โดยเริ่มจากระดับความเจือจางมากที่สุดไปถึงน้อยที่สุดคือ เริ่มจาก 10^{-1} ถึง 10^{-8} ทำการหยดสารละลายเจือจางปุ๋ยชีวภาพจำนวน 1 มิลลิลิตรต่อถุงปลูกบริเวณรากถั่ว ทำ 4 ซ้ำต่อระดับความเจือจาง โดยใช้ถุงที่ปลูกถั่วอย่างเดียวกันที่มีการเติมน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุมชนิดลบ (negative control) และถุงที่ปลูกเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่จำเพาะเจาะจงกับถั่วเขียวเป็นชุดควบคุมชนิดบวก (positive control) จากนั้นนำชั้นวางถุงปลูกไปวางบนชั้นแสง ให้แสงสว่างแก่พืช 12 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดูแลให้ธาตุอาหารพืชที่ปราศจากไนโตรเจนเมื่อพืชต้องการ จนครบกำหนด 3 สัปดาห์ ทำการทดลองในข้อ 4 ซ้ำ โดยเปลี่ยนจากเมล็ดถั่วเขียว เป็นเมล็ดถั่วเหลือง และถั่วลิสง ตามลำดับ โดยทุกถุงที่ปลูกจะต้องมีถั่วเซอร่าโตรเป็นตัวอย่างควบคุมชนิดบวก (positive sample) ทุกถุง เนื่องจากถั่วเซอร่าโตรสามารถเกิดปมรากได้กับเชื้อไรโซเบียมทุกชนิด

5) การคำนวณจำนวนไรโซเบียมต่อกรัมปุ๋ยชีวภาพ

เมื่อครบกำหนดเวลา 3 สัปดาห์ ทำการตรวจนับจำนวนถุงที่ต้นถั่วติดปม และนำไปเปิดตาราง MPN (Somasegaran and Hoben, 1994) เพื่อหาค่าประเมินของจำนวนไรโซเบียมที่เข้าสร้างปมที่รากต้นถั่ว (m) จากนั้นคำนวณจำนวนไรโซเบียมต่อกรัมของปุ๋ยชีวภาพดังนี้

$$X = \frac{m \times d}{V}$$

V

X = จำนวนไรโซเบียมต่อกรัมปุ๋ยชีวภาพ

m = ตัวเลขที่ได้จากการเปิดตาราง MPN

d = ระดับความเจือจางต่ำสุดของสารละลายปฏิกิริยาที่ใสให้กับต้นแก้ว (10^1)

v = ปริมาตรสารละลายปฏิกิริยาที่ใสให้กับต้นแก้ว (1 มิลลิลิตร)

6) การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเปียมในปฏิกิริยาไรโซเปียม (สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง และสมาคม เอ โอ เอ ซี ประเทศไทย, 2558)

การหาค่าความถูกต้องสัมพัทธ์ (Relative Accuracy) ความจำเพาะสัมพัทธ์ (Relative Specificity) และความไวสัมพัทธ์ (Relative sensitivity)

Responses	Reference method positive (R+)	Reference method negative (R-)
Test kit positive (A+)	+/+ Positive Agreement (PA)	-/+ Positive Deviation (PD)
Test kit negative (A-)	+/- Negative Deviation (ND)	-/- Negative Agreement (NA)

ความถูกต้องสัมพัทธ์ = $(PA+NA)/N \times 100\%$

ความจำเพาะสัมพัทธ์ = $NA/N- \times 100\%$

ความไวสัมพัทธ์ = $PA/N+ \times 100\%$

โดย N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด ($NA + PA + PD + ND$)

N- คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลลบทั้งหมดของวิธีอ้างอิง ($NA + PD$)

N+ คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลบวกทั้งหมดของวิธีอ้างอิง ($PA + ND$)

3. การจัดจำแนกไรโซเปียมในปฏิกิริยาไรโซเปียม

1. นำเชื้อไรโซเปียมแก้วเขียวสายพันธุ์บริสุทธิ์เลี้ยงในอาหาร yeast mannitol broth medium ปั่น ตกตะกอนเพื่อเก็บเซลล์ไรโซเปียม

2. ดำเนินการสกัดดีเอ็นเอของไรโซเปียมสายพันธุ์ต่างๆตามวิธีการของชุดสกัดดีเอ็นเอ

3. เพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมที่ต้องการโดยวิธี Polymerase chain reaction (PCR) ร่วมกับการใช้ไพรเมอร์ fd1 (5' AGAGTTTGATCCTGGCTCAG 3') และ rP2 (5'-ACGGCTACCTTGTTACGAC TT-3') จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่อง PCR โดยมีลำดับของปฏิกิริยา (PCR reaction condition) ดังนี้

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

ตรวจสอบ PCR product ด้วยเครื่องแยกดีเอ็นเอใน agarose gel ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ บันทึกภาพและปริมาณสารพันธุกรรมที่สามารถเพิ่มจำนวนได้

4. หาลำดับเบสของชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มจำนวนด้วยเครื่อง DNA Sequencer

5. นำลำดับเบสของไรโซเปียมทดสอบแต่ละสายพันธุ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับความคล้ายคลึงกันกับสายพันธุ์ไรโซเปียมที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของ The National Center for Biotechnology Information (NCBI) (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/) โดยการนำ BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) search

6. นำลำดับเบสของเชื้อไรโซเปียมในฐานข้อมูลที่มีเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงกันมากที่สุด (% similarity) กับลำดับเบสของเชื้อไรโซเปียมทดสอบแต่ละสายพันธุ์ มาทำแผนภูมิวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) ด้วยวิธี Neighbor-joining โดยใช้โปรแกรม MEGA 6.0 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลวิวัฒนาการทางพันธุกรรมของเชื้อไรโซเปียมทดสอบแต่ละสายพันธุ์ว่ามีความใกล้เคียงกับเชื้อไรโซเปียมชนิดใดในฐานข้อมูล และบ่งบอกชนิด (species) ของเชื้อไรโซเปียมทดสอบแต่ละสายพันธุ์นั้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 1 พบว่า สายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนดีที่สุด 3 อันดับแรก จึงได้ทำการคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมทั้ง 3 สายพันธุ์ไปใช้เป็นเชื้ออ้างอิงในการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมถั่วเขียว (MPN) ต่อไป

ตารางที่ 1 จำนวนเชื้อและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ

ลำดับ	สายพันธุ์ไรโซเบียมถั่วเขียว	จำนวนเชื้อ* (Colony forming unit: CFU)	ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน* (ไมโครโมลของเอทิลีนต่อต้นพืชต่อชั่วโมง)
1	DASA 02001	1.31×10^9	6.524
2	DASA 02002	1.94×10^9	7.858
3	DASA 02006	4.03×10^8	7.704
4	DASA 02008	1.17×10^9	8.891
5	DASA 02009	5.47×10^9	13.456

* ค่าเฉลี่ยจากการทำทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละสายพันธุ์

2. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม โดยวิธีการหาค่า MPN (Most Probable Number) และการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว (MPN) จำนวน 3 ซ้ำ พบว่า เชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 (ตารางที่ 2) ที่ความเข้มข้นของเชื้อไรโซเบียมอย่างน้อย 1.0×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สามารถก่อให้เกิดปมในรากถั่วเขียวได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับถุงที่ปลูกถั่วเขียวโดยไม่มีสารละลายปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (negative control)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009

ความเข้มข้นของเชื้อไรโซเบียม	จำนวนถุงปลูกที่เกิดปมรากถั่วเขียว		
	02002	02008	02009
10^{-1}	4	4	4
10^{-2}	4	4	4
10^{-3}	4	4	4
10^{-4}	4	4	4
10^{-5}	3	4	4
10^{-6}	3	3	3
10^{-7}	1	1	2
10^{-8}	0	0	0
รวม	23	24	25
ปริมาณไรโซเบียม (เซลล์ต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม)	1.0×10^6	1.7×10^6	3.1×10^6
Positive Sample	4	4	4
Negative Control	0	0	0

Positive sample = ถั่วเขียวที่ปลูกโดยมีการเติมสารละลายปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

Negative control = ถั่วที่ปลูกโดยไม่มีสารละลายปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ผลการทดสอบความจำเพาะของเชื้อโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 ต่อการสร้างปมรากกับถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง พบว่าเชื้อโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ สามารถสร้างปมรากในถั่วเหลืองได้เช่นกัน แต่ไม่สามารถสร้างปมรากในถั่วลิสงได้ (ตารางที่ 3) ซึ่งถั่วเหลืองและถั่วลิสงถือเป็นถั่วที่ไม่ใช่พืชอาศัยโดยตรงของเชื้อโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ดังกล่าว (Negative sample)

ตารางที่ 3 ความจำเพาะของเชื้อโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 ต่อการสร้างปมรากกับถั่วเขียว และชนิดของถั่วที่ไม่ใช่พืชอาศัยโดยตรงของเชื้อโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียว (ถั่วเหลือง ถั่วลิสง)

ซ้ำที่	ผลตาม สมมติฐาน	Negative Control**	DASA 02002		DASA 02008		DASA 02009	
			ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง	ถั่วเหลือง	ถั่วลิสง
1	+	-	+	-	+	-	+	-
2	+	-	+	-	+	-	+	-
3	+	-	+	-	+	-	+	-
4	+	-	+	-	+	-	+	-
5	+	-	+	-	+	-	+	-
6	+	-	+	-	+	-	+	-
7	+	-	+	-	+	-	+	-
8	+	-	+	-	+	-	+	-
9	+	-	+	-	+	-	+	-
10	+	-	+	-	+	-	+	-
11	+	-	+	-	-	-	-	-
12	+	-	-	-	-	-	-	-
รวม	12	0	11	0	10	0	10	0

* + = เกิดปมรากถั่ว - = ไม่เกิดปมรากถั่ว

** Negative control = ถั่วที่ปลูกโดยไม่มีการเติมสารละลายปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม

ผลการทดสอบความจำเพาะของเชื้อโรโซเปียมถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ ต่อการสร้างปมรากของถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง พบว่าเชื้อโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ สามารถสร้างปมรากในถั่วเหลืองได้เช่นกัน แต่ไม่สามารถสร้างปมรากในถั่วลิสงได้ เมื่อนำผลทดสอบความจำเพาะดังกล่าวมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์ที่ศึกษา (method validation) (ตารางที่ 3) พบว่า การที่ค่าความจำเพาะสัมพัทธ์ (Relative Specificity) ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวมีค่าต่ำ คือ 56.94 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเชื้อโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่คัดเลือกไม่ได้มีความจำเพาะต่อชนิดของถั่ว สามารถก่อให้เกิดปมได้ทั้งถั่วเขียวและถั่วเหลือง ส่งผลให้ค่าความถูกต้องสัมพัทธ์ (Relative Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวต่ำไปด้วย อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์นี้มีค่าความไวสัมพัทธ์ (Relative sensitivity) สูงมาก คือ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวเป็นตัวอย่างประเภท Positive และจะพิจารณาผลเฉพาะปมที่เกิดขึ้นตามชนิดของถั่วที่ได้ระบุไว้บนฉลากปุ๋ยเท่านั้น ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์นี้จึงสามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมสำหรับถั่วเขียวได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณและประสิทธิภาพของ
ไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว

Responses	Reference method positive (R+)	Reference method negative (R-)
Test kit positive (A+)	+/+ Positive Agreement (PA) = 36	-/+ Positive Deviation (PD) = 31
Test kit negative (A-)	+/- Negative Deviation (ND) = 0	-/- Negative Agreement (NA) = 41

โดย N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด (NA + PA + PD + ND) = 36+31+0+41 = 108

N- คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลลบทั้งหมดของวิธีอ้างอิง (NA + PD) = 36+0 = 36

N+ คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลบวกทั้งหมดของวิธีอ้างอิง (PA + ND) = 31+41 = 72

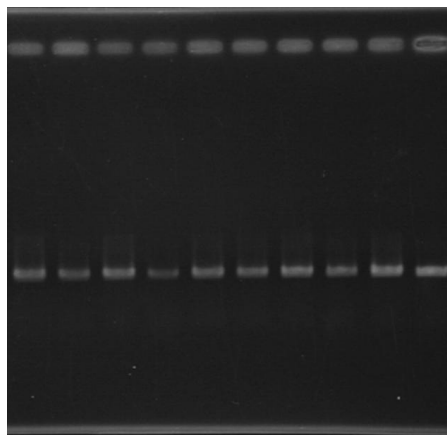
ความถูกต้องสัมพัทธ์ = (PA+NA)/N x100 = (36+41)/108 x 100 = 71.30

ความจำเพาะสัมพัทธ์ = NA/N- x100 = 41/(31+41) x 100 = 56.94

ความไวสัมพัทธ์ = PA/N+ x100 = 36/(36+0) x 100 = 100.00

3. การจัดจำแนกไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

คัดเลือกเชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวได้ 10 สายพันธุ์บริสุทธิ์และเลี้ยงในอาหาร yeast mannitol broth medium ปั่นตกตะกอนเพื่อเก็บเซลล์ไรโซเบียม และสกัดดีเอ็นเอ ภาพที่ 1 แสดงเจลปริมาณดีเอ็นเอของเชื้อไรโซเบียมทั้ง 10 สายพันธุ์ที่คัดเลือกหลังการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์ fD1 และ rP2



ภาพที่ 1 ปริมาณดีเอ็นเอของเชื้อไรโซเบียมทั้ง 10 สายพันธุ์ที่คัดเลือกภายหลังจากการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอ

เมื่อนำชิ้นดีเอ็นเอที่เพิ่มจำนวนได้ด้วยไพรเมอร์ fD1 และ rP2 ไปหาลำดับเบส แล้วนำลำดับเบสของเชื้อไรโซเบียม 10 สายพันธุ์ได้แก่ DASA 02001, 02002, 02006, 02007, 02008, 02009, 02010, 02020, 02062 และ 02080 ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลลำดับเบสของเชื้อไรโซเบียมอื่น ๆ ในฐานข้อมูลของ The National Center for Biotechnology Information (NCBI) พบว่า มีความคล้ายคลึงกันกับเชื้อ *Bradyrhizobium japonicum* 99-100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการจำแนกชนิดของสายพันธุ์ไรโซเบียมถั่วเขียวที่นำมาใช้ในการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการจัดจำแนกไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ลำดับที่	สายพันธุ์	ชนิดของเชื้อไรโซเบียม	ความคล้ายคลึงกัน (Identity)	รหัสลำดับดีเอ็นเอ (Accession number)
1	DASA 02001	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	99 %	KY000645
2	DASA 02002	<i>B. japonicum</i>	99 %	AB931151
3	DASA 02006	<i>B. japonicum</i>	99 %	CP017637
4	DASA 02007	<i>B. japonicum</i>	99 %	KY284085
5	DASA 02008	<i>B. japonicum</i>	99 %	AB931151
6	DASA 02009	<i>B. japonicum</i>	99 %	KF995119
7	DASA 02010	<i>B. japonicum</i>	100 %	KY000644
8	DASA 02020	<i>B. japonicum</i>	99 %	KF995119
9	DASA 02062	<i>B. japonicum</i>	99 %	AY904774
10	DASA 02080	<i>B. japonicum</i>	99 %	KY000645

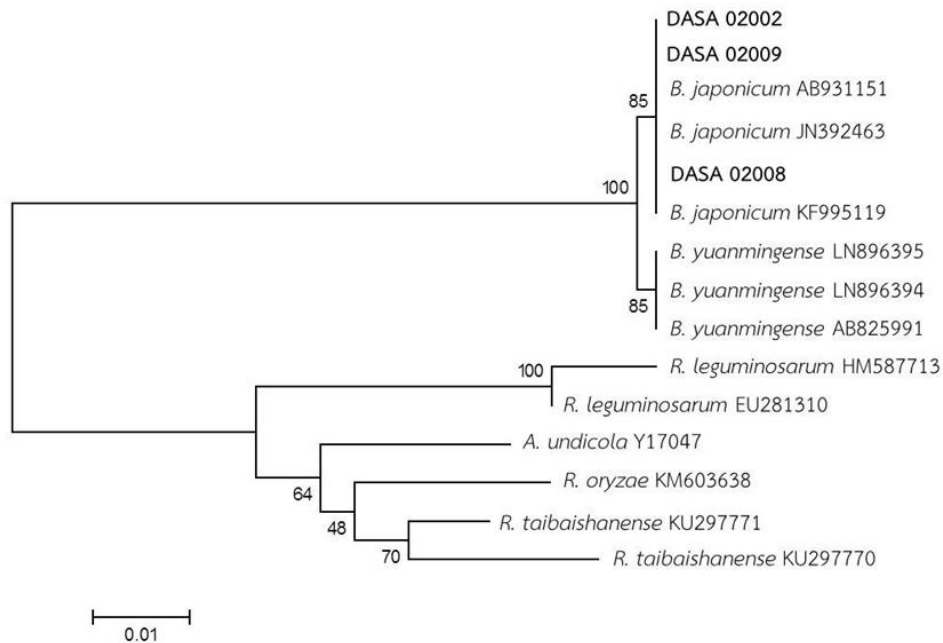
ผลการยืนยันการจำแนกชนิดโดยนำลำดับเบสของเชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์อ้างอิงทั้ง 3 สายพันธุ์ที่คัดเลือกมาทำแผนภูมิวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) เปรียบเทียบกับลำดับเบสของเชื้อไรโซเบียมอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกันในฐานข้อมูล NCBI ด้วยวิธี Neighbor-joining phylogenetic analysis โดยใช้โปรแกรม MEGA 6.0 พบว่า เชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 ยังคงจัดอยู่ในกลุ่มของ *B. japonicum* (ภาพที่ 2) โดยมีค่า Bootstrap 85 เปอร์เซนต์ ซึ่งค่า Bootstrap นี้มีความสัมพันธ์กับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการตามหลักการของ Richardson et al. (2000) คือ

ค่า Bootstrap 85-100% แสดงถึง ความเชื่อมั่นระดับสูง

ค่า Bootstrap 71-84% แสดงถึง ความเชื่อมั่นระดับปานกลาง

ค่า Bootstrap 50-70% แสดงถึง ความเชื่อมั่นระดับต่ำ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ชนิดของเชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 คือ *Bradyrhizobium japonicum*



ภาพที่ 2 Neighbor-joining phylogenetic tree ของยีน 16S rDNA แสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างเชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 และสายพันธุ์ไรโซเบียมอ้างอิง (Reference strains) จากฐานข้อมูล NCBI

สรุปผลการทดลอง

เชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว 3 สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนดีที่สุด 3 อันดับแรก คือ สายพันธุ์ DASA 02002 DASA 02008 และ DASA 02009 ที่ความเข้มข้นของเชื้ออย่างน้อย 1.0×10^6 เซลล์ต่อ มิลลิลิตร สามารถก่อให้เกิดปมในรากถั่วได้ดี และสามารถสร้างปมรากในถั่วเหลืองได้ แต่ไม่สามารถสร้างปมรากใน ถั่วลิสง เมื่อนำผลทดสอบความจำเพาะที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของ วิธีการวิเคราะห์ที่ศึกษา (method validation) พบว่า มีค่าความจำเพาะสัมพัทธ์ต่ำ คือ 56.94 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก เชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่คัดเลือกไม่ได้มีความจำเพาะต่อชนิดของถั่วเขียวเท่านั้น แต่สามารถ ก่อให้เกิดปมในถั่วเหลืองได้ ส่งผลให้มีค่าความถูกต้องสัมพัทธ์ต่ำ (71.30 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์ปริมาณ ไรโซเบียมนี้มีค่าความไวสัมพัทธ์สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวเป็น ตัวอย่างประเภท Positive และจะพิจารณาผลเฉพาะปมที่เกิดขึ้นตามชนิดของถั่วที่ได้รับปุ๋ยบนผลากปุ๋ยเท่านั้น ดังนั้น วิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์นี้จึงสามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวได้อย่าง เหมาะสม ส่วนการบ่งบอกชนิดของเชื้อไรโซเบียมด้วยการใช้ไพรเมอร์ fD1 และ rP2 พบว่า เชื้อไรโซเบียมทั้ง 10 สาย พันธุ์คือ *Bradyrhizobium japonicum* ดังนั้นไพรเมอร์ดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการจัดจำแนกเชื้อ ไรโซเบียมจนถึงระดับชนิด (species) ได้

ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้ประโยชน์

1. ได้เชื้อไรโซเบียมอ้างอิงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว
2. ได้วิธีวิเคราะห์ปริมาณประสิทธิภาพ และการบ่งบอกชนิดของเชื้อไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว
3. ควรประยุกต์ใช้เทคนิคใหม่ ๆ ในการบ่งบอกชนิดของไรโซเบียม เช่น การบ่งบอกชนิดโดยการวิเคราะห์รูปแบบ โปรตีนของไรโซเบียมด้วยเครื่อง matrix-assisted laser desorption ionization- time of flight mass spectrometer (MALDI-TOF) เพื่อความแม่นยำและรวดเร็วในการบ่งบอกชนิด

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง และสมาคม เอ โอ เอ ซี ประเทศไทย. 2558. หลักการตรวจสอบความถูกต้องของชุดทดสอบทางจุลชีววิทยา (วิธีทางเลือก) และขั้นตอนการรับรอง. กรุงเทพฯ: บริษัท พรินท์เอเบิล จำกัด
- Hardy R.W.F., Burns R.C. and Holsten R.D. 1973. Application of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biology and Biochemistry* 5: 47-81
- Leonard L.T. 1943. A simple assembly for use in the testing of cultures of rhizobia. *Journal of Bacteriology* 45: 523-525
- Richardson JE, Fay MF, Cronk QCB, Bow-man D and Chase M. 2000. A phylogenetic analysis of Rhamnaceae using *rbcl* and *trnL-F* plastid DNA sequences. *American Journal of Botany* 87: 1309-1324
- Somasegaran, P. and H. J. Hoben. 1994. Handbook for Rhizobia: Methods in legume-rhizobium technology. University of Hawaii, NifTAL project, Paia, Hawaii

ผลระยะยาวของการจัดการดินและปุ๋ยต่อสมบัติของดินและการให้ผลผลิตของ มันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย จ.นครราชสีมา

Long Term Effect of Soil and Fertilizer Management on Soil Properties and Cassava Production on Sandy Loam Soil in Nakhon Ratchasima Province

สมฤทัย ตันเจริญ¹ เสาวรี บำรุง¹ สมควร คล่องช้าง²
ปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา¹ บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์¹ อนุศาสตร์ สุ่มมาตย์²

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

.....

บทคัดย่อ

พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยปี 2558 ของประเทศ ประมาณ 9.32 ล้านไร่ ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือถึง 4.89 ล้านไร่ ผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ย 3,611 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ส่วนใหญ่เป็นดินทราย ดินร่วนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ อยู่ในสภาพต้องอาศัยน้ำฝนซึ่งมีปัญหาต่อการผลิตพืช และมันสำปะหลังเป็นพืชความหวังของเกษตรกรด้อยโอกาสที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมาอย่างต่อเนื่องมากกว่า 50 ปี มีการบำรุงรักษาดินที่ไม่เหมาะสม ประกอบกับลักษณะพื้นที่เป็นลอนคลื่นมีความลาดเอียง ยังเป็นการเพิ่มการสูญหายหน้าดินจากการพัดพาของน้ำฝน คุณภาพดินเสื่อมโทรม ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังจึงลดต่ำลงมาก

การจัดการดินระยะยาวของการใส่วัสดุอินทรีย์เกล็ดดินใบมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตมันสำปะหลัง และเพื่อให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมันสำปะหลัง และการเจริญเติบโต และผลผลิตที่มีคุณภาพ ดำเนินการในปีแรกเมื่อปี 2518 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เป็นดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช (fine-loamy, siliceous, Oxic Paleustult) วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 0-0-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 2) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-0-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-0-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 5) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 6) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ 7) ใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + สับกลบดินใบมันสำปะหลัง อัตรา 3 ตันต่อไร่ 8) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี 0-0-0 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + สับกลบดินใบมันสำปะหลัง อัตรา 3 ตันต่อไร่

ผลการทดลอง 42 ปี อย่างต่อเนื่องแสดงผลของการตอบสนองต่อปุ๋ยชัดเจน การไม่ใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงมาก รวมทั้งสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกเกิดการเสื่อมโทรม โดยเฉพาะดินร่วนปนทราย สำหรับวิธีการใช้ปุ๋ยเมื่อไม่ใช้ปุ๋ยโพแทช จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังซึ่งลดลงมากกว่าวิธีการไม่ใช้ปุ๋ยฟอสเฟตหรือไนโตรเจน ส่วนวิธีการเกล็ดดินใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดีขึ้น การใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้สูง 4-6 ตันต่อไร่ ควรใช้ปุ๋ยเคมีอย่างครบถ้วนของไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช อัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือใช้ร่วมกับการเกล็ดดินใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ ก็สามารถ

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4

² ข้าราชการบำนาญกรมวิชาการเกษตร

เพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตที่มีคุณภาพสูงกว่าวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างครบถ้วนชนิดเดียวอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และเป็นวิธีการรักษาหรือเพิ่มสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างยั่งยืน กล่าวโดยสรุปคือการผลิตมันสำปะหลังอย่างบูรณาการด้วยการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช อย่างเหมาะสมผสมผสานกับการไถกลบเศษซากพืช หรือวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่น

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี วัสดุอินทรีย์

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Cranz) เป็นพืชเศรษฐกิจ ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของประเทศไทย ทั้งนี้เพราะมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ แป้ง และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่ของไทยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ในปี 2558 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 9.32 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) โดยส่วนใหญ่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 เป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายถึงร่วนปนทราย นอกนั้นเป็นดินที่มีเนื้อดินร่วนถึงร่วนเหนียว (กอบเกียรติ และคณะ, 2554) เนื้อดินที่มีทรายเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้มีความสามารถต่ำทั้งในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำ จึงเป็นสาเหตุหลักหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตต่ำ ปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชนั้น จะต้องมีการจัดการดิน ปุ๋ย และการให้น้ำที่เหมาะสม การปลูกมันสำปะหลังที่ขาดการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมจะทำให้ผลผลิตลดลง การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงเน้นไปที่การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำของดิน ปรับปรุงบำรุงรักษาดินให้มีความสามารถในการให้การเจริญเติบโตกับพืชสมบูรณ์ดี และผลผลิตพืชสูง

การปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องมีแนวโน้มทำให้ดินเสื่อมโทรมลงทุกๆ ปี (ชุมพล และคณะ, 2550; โชติ และคณะ, 2539) สอดคล้องกับ วลัย และคณะ (2555) ซึ่งทำการปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ในดินทรายชุดดินสัทธิบ จังหวัดระยอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 มีประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงสุด 338 กิโลกรัมผลผลิตต่อไนโตรเจน 1 กิโลกรัม รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 11 และระยอง 9 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิต 318 และ 279 กิโลกรัมผลผลิตต่อไนโตรเจน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่า โพแทสเซียมจะสะสมอยู่ในหัวมันสำปะหลังมากกว่าธาตุอาหารหลักอื่นๆ เมื่อมีการเคลื่อนย้ายผลผลิตออกจากพื้นที่ทำให้ธาตุอาหารในดินลดลง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกมันสำปะหลังซ้ำในพื้นที่เดิมจึงจำเป็นต้องมีการจัดการดิน การจัดการน้ำ และการจัดการธาตุอาหารให้เพียงพอและเหมาะสมต่อความต้องการของพืชแต่ละชนิด การจัดการที่ไม่เหมาะสมย่อมทำให้ดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ลงเรื่อยๆ

การใช้ปุ๋ยเคมีกับมันสำปะหลัง ก็เพื่อแก้ปัญหาดินขาดธาตุอาหารพืช เป็นการแก้ปัญหาระยะสั้นๆ ไม่ยั่งยืน ต้องมีการผสมผสานกับวิธีการปรับปรุงดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุอินทรีย์ ระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมที่จะมีผลต่อการเพิ่มเติมธาตุอาหารในดิน เช่น ไนโตรเจน และเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน ซึ่งเป็นหนทางลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพงวิธีหนึ่งโดยผลผลิตพืชไม่ลด ผลการทดลองระยะเวลามากกว่า 10 ปี สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังได้เด่นชัด เมื่อใช้ปุ๋ยเคมีในสัดส่วนที่สมดุล อัตรา 8-8-8 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และเกิดผลดียิ่งขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 2 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับการไถกลบซากต้น ใบมันสำปะหลังลงดินหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น (โชติ, 2529; ชุมพล และคณะ, 2543: 2546; Hagens, 1990) ช่วงระยะเวลาต่อมาการใช้ปุ๋ยเคมีสัดส่วนที่สมดุล อัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ เหมาะสมกับมันสำปะหลัง (ชุมพล, 2540) จึงได้ทำการศึกษาผลระยะยาวของการจัดการดินและปุ๋ยในการผลิตมันสำปะหลังในดินร่วนปนทราย จังหวัดนครราชสีมา เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการดินและธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตผลผลิตมันสำปะหลัง รักษาสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินสำหรับระบบการปลูกพืชในระยะยาวต่อไป และเป็นแนวทางพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยอย่างเป็นระบบในสัดส่วนที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐกิจการเกษตรอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ ระยะยง 5 ระยะยง 7 และ ระยะยง 11
2. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)
3. ปุ๋ยอินทรีย์ (2%N, 2%P, 4%K)
4. ดินไถมันสำปะหลัง หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต
5. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินแบบ Undisturbed core sample ส่วนเก็บตัวอย่างดิน ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่างดิน
6. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถุงกระดาษ ถุงตาข่าย มีด กรรไกรตัดตัวอย่างพืช
7. สารเคมีป้องกันและกำจัดวัชพืช
8. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ เครื่องแก้ว และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ดินและพืช

วิธีการ

ศึกษาการจัดการดินในพื้นที่ดินร่วนทรายที่มีการปลูกมันสำปะหลังโดยการไถกลบดินไถมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตมันสำปะหลังระยะยาว ในแปลงทดลองที่มีการจัดการดินและปุ๋ยรูปแบบต่างๆ อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี โดยสามารถแสดงกรรมวิธีดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กรรมวิธีทดลองการจัดการดินและปุ๋ยในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังระยะยาว ในชุดดินร่วนปนทราย แปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ปี 2518-2560

ปี	2518-2538 (ปีที่ 1-21)	2539-2541 (ปีที่ 22-24)	2542-2548 (ปีที่ 25-31)	2549-2552 (ปีที่ 32-35)	2553-2555 (ปีที่ 36-38)	2556-2560 (ปีที่ 39-43)	คำย่อ
กรรมวิธีทดลอง	1. ไม่ใส่ปุ๋ย (0-0-0)		1. ไม่ใส่ปุ๋ย (0-0-0)			1. ไม่ใส่ปุ๋ย (0-0-0)	N0P0K0
	2. ปุ๋ย 8-0-0 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่		2. ปุ๋ย 16-0-0 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่			2. ปุ๋ย 16-0-0 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่	N1P0K0
	3. ปุ๋ย 8-8-0 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่		3. ปุ๋ย 16-8-0 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่			3. ปุ๋ย 16-8-0 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่	N1P1K0
	4. ปุ๋ย 8-0-8 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่		4. ปุ๋ย 16-0-16 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่			4. ปุ๋ย 16-0-16 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่	N1P0K1
	5. ปุ๋ย 8-8-8 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่		5. ปุ๋ย 16-8-16 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่			5. ปุ๋ย 16-8-16 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่	N1P1K1
	6. ปุ๋ย 8-8-8 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์ 2 ตัน/ไร่		6. ปุ๋ย 16-8-16 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์ 2 ตัน/ไร่			6. ปุ๋ย 16-8-16 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตัน/ไร่	N1P1K1+CP
	7. ปุ๋ย 8-8-8 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่ + สับกลบดินไถมัน 3 ตัน/ไร่		7. ปุ๋ย 16-8-16 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่ + สับกลบดินไถมัน 3 ตัน/ไร่			7. ปุ๋ย 16-8-16 กก. N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่ + สับกลบดินไถมัน 3 ตัน/ไร่	N1P1K1+CR
	8. ไม่ใส่ปุ๋ย + สับกลบดินไถมัน 3 ตัน/ไร่		8. ไม่ใส่ปุ๋ย + สับกลบดินไถมัน 3 ตัน/ไร่			8. ไม่ใส่ปุ๋ย + สับกลบดินไถมัน 3 ตัน/ไร่	N0P0K0+CR
พันธุ์มันสำปะหลัง	ระยะยง 1	ระยะยง 5	ระยะยง 5	ระยะยง 7	ระยะยง 11	ระยะยง 11	

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ดำเนินการทดลองในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังระยะยาว ดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 ซึ่งเป็นแปลงทดลองเดิมในพื้นที่ดินร่วนทราย ชุดดินโคราช (Kt soil series) ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โดยการปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตมันสำปะหลังระยะยาว

การเตรียมดินปฏิบัติการเช่นเดียวกันทุกฤดูปลูก คือหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ชั่งน้ำหนักสดต้นใบ และหัวมันสำปะหลังทุกกรรมวิธี แล้วขนย้ายต้นใบในกรรมวิธี ไม่มีการไถกลบดินไถออกนอกแปลงทดลองทั้งหมด เหลือต้น

ใบเฉพาะกรรมวิธีไถกลบดินใบกล้วยลงในดินที่เดิม ซึ่งน้ำหนักสด 3 ตันต่อไร่ (กรรมวิธี N1P1K1 + CR และกรรมวิธี NOPOKO + CR ตามแผนการทดลอง) แล้วสับย่อยให้มีขนาดเล็กและสั้นเพื่อง่ายต่อการไถกลบลงดิน ก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละฤดูปลูก สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในดิน เพื่อประเมินสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน แล้วทำการไถและเตรียมแปลงทดลอง โดยการไถพรวนดิน 2 ครั้ง วัตแบ่งแปลงย่อยซ้ำที่เดิม มีขนาดแปลงย่อย 8x10 เมตร มีช่องทางเดินระหว่างแปลงย่อยห่าง 1 เมตร ขุดร่องระบายน้ำเพื่อป้องกันการไหลบ่าของน้ำฝนผ่านแปลงทดลองย่อย แปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะทำการหว่านและสับกลบก่อนปลูก แปลงที่ใส่วัสดุอินทรีย์จะทำการสับกลบดินใบมันสำปะหลังก่อนปลูก

ปลูกมันสำปะหลังต้นฤดูฝน ขณะดินมีความชื้นเพียงพอ ช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนของปี โดยใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร จำนวน 1 ตันต่อหลุม และควรมีการข้างอุทกก่อนพ่นปุ๋ยมันสำปะหลังพร้อมปลูกสำหรับไว้ปลูกซ่อมเพื่อให้ต้นปลูกซ่อมเติบโตเท่าเทียมต้นเดิม การใส่ปุ๋ยเคมีจะใส่ครั้งเดียวหลังปลูก เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือน โดยใส่ปุ๋ยเคมีสองข้างต้นห่างจากต้น 10-15 เซนติเมตร แล้วพรวนดินกลบ หลังจากการกำจัดวัชพืชและเมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ

การดูแลรักษาแปลงปลูก มันสำปะหลังเป็นพืชมีอายุการเก็บเกี่ยวยาวมากกว่า 10 เดือน มีความจำเป็นต้องดูแลรักษาให้ต้นมันสำปะหลังเจริญเติบโตเป็นปกติ และได้รับอิทธิพลของปุ๋ยเต็มที่มีสม่ำเสมอตลอดการเจริญเติบโต ปัจจัยสำคัญ คือ วัชพืชจะเป็นตัวแย่งน้ำและธาตุอาหารพืชกับมันสำปะหลัง ต้องทำการกำจัดวัชพืชเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน 3 เดือน และตามความจำเป็นตลอดฤดูปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังเมื่ออายุ 11 เดือน พื้นที่เก็บเกี่ยว 48 ตารางเมตร ตรวจนับจำนวนต้นเก็บเกี่ยวของแต่ละแปลงย่อย ขุดด้วยแรงงานคน ตัดหัวออกจากต้นมันสำปะหลัง เก็บรวบรวมจำนวนหัว และต้นใบ เพื่อชั่งน้ำหนักสด และสุ่มหัวมันสดเพื่อวัดเปอร์เซ็นต์แป้งโดยวิธีชั่งในน้ำทุกแปลงย่อย โดยเว้นแถวริมรอบนอกทั้งสี่ด้านของแปลงย่อย ปฏิบัติเช่นเดียวกันทุกฤดูปลูก สุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยว และตัวอย่างพืชขณะเก็บเกี่ยว เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร ๆ ในดินและพืช

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูล วันปลูก วันเก็บเกี่ยว จำนวนต้นเก็บเกี่ยว ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต น้ำหนักหัวสดและต้น ใบมันสำปะหลัง เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสด
2. สมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังทำการทดลอง สมบัติทางกายภาพ และชีวภาพของดิน 5 ปีต่อครั้ง
3. การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นมันสำปะหลังที่อายุ 3 6 และ 12 เดือน
4. ปริมาณธาตุอาหารพืชในต้น ใบ และหัวมันสำปะหลัง
5. ข้อมูลภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝนทุกฤดูปลูก
6. บันทึกข้อมูลปริมาณจุลินทรีย์ในดิน เช่น ไมคอร์ไรซา แบคทีเรีย รา และอื่นๆ และ microbial biomass โดยสุ่มดินที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร หลังจากปลูกมันสำปะหลังประมาณ 2-3 เดือนมาวัดปริมาณจุลินทรีย์ในดิน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพและการทำงานของจุลินทรีย์ในดิน (สมบัติชีวภาพของดิน 5 ปีต่อครั้ง)

สถานที่ดำเนินการ

1. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

ระยะเวลาการทดลอง

ตุลาคม 2549 – กันยายน 2560

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของการจัดการดินและปุ๋ยระยะยาวของการใส่วัสดุอินทรีย์เกลอบต้นไถมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน

การเปลี่ยนแปลงสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil fertility status)

คุณภาพของดินเกิดการเปลี่ยนแปลงหลังจากการใช้ที่ดินผลิตมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่อง เช่น ความเป็นกรดต่างของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P-Bray II) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) เมื่อมีการใช้ที่ดินทำการผลิตมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 42 ปี (ตั้งแต่ปี 2518-2559) ในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิเคราะห์ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ก่อนการเพาะปลูกแต่ละฤดูปลูกชี้ให้เห็นว่าสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินร่วนปนทรายเสื่อมโทรมลง

(1) ความเป็นกรดต่างของดิน (pH)

ดินก่อนทำการทดลองมีค่าความเป็นกรดต่างของดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.7) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการสับกลบต้นไถมันสำปะหลังเป็นระยะเวลาติดต่อกันนานกว่า 42 ปี ดินมีสภาพความเป็นกรดต่างของดินเพิ่มขึ้นเป็น pH 6.4-7.0 แต่เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี หรือใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารไม่ครบทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม หรือสับกลบต้นไถมันสำปะหลังโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แล้วทำการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานมีผลทำให้ดินมีสภาพความเป็นกรดต่างลดลง โดยมีความเป็นกรดต่างของดินอยู่ในช่วง pH 6.2-6.6 (ภาพที่ 1)

(2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ดินก่อนทำการทดลองมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง (1.03 เปอร์เซ็นต์) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการสับกลบต้นไถมันสำปะหลังเป็นระยะเวลาติดต่อกันนานกว่า 42 ปี ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเป็น 1.19 เปอร์เซ็นต์ และ 1.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 2) แต่เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี หรือใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารไม่ครบทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แล้วทำการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจะมีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลง ถึงแม้จะมีการสับกลบต้นไถมันสำปะหลังแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย ก็จะทำให้ผลในลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้พืชต้องใช้ธาตุอาหารในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง เพื่อช่วยในการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต ถ้าให้ธาตุอาหารในระดับที่ไม่พอ กับความต้องการพืช พืชก็จะดึงธาตุอาหารที่มีอยู่หรือสะสมในดินออกไป เป็นผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุหรือธาตุอาหารในดินลดลง โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงจากปี 2518 เหลือ 0.78-0.90 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2)

(3) ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

ดินก่อนทำการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากับ 44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อมีการจัดการดินโดยใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการสับกลบต้นไถมันสำปะหลังเป็นระยะเวลาติดต่อกัน 42 ปี ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเป็น 209 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 3) จะเห็นได้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมากในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มันสำปะหลังดูดใช้ในปริมาณที่น้อยและตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่ำ ดังนั้นเมื่อได้รับใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จึงเกิดการสะสมของปริมาณฟอสฟอรัสในดิน แต่เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี หรือใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารไม่ครบทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แล้วทำการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจะมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง

(4) ปริมาณโพแทสเซียมในดิน

ดินก่อนทำการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเท่ากับ 198 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวจะมีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง ถึงแม้จะมีการจัดการดินโดยใช้ปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ หรือการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการสับกลบต้นมันสำปะหลัง ปริมาณโพแทสเซียมในดินมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังต้องการธาตุอาหารโพแทสเซียมเพื่อช่วยในการสร้างผลผลิต โดยการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนของใบและต้นไปยังส่วนของหัวมันสำปะหลัง เพิ่มปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมที่ดูดใช้จะไปสะสมในส่วนของหัว เมื่อนำผลผลิตออกจากแปลงจึงทำให้เกิดการสูญเสียโพแทสเซียม (วัลลีย์, 2558) เป็นผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินลดลง การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลังเป็นระยะเวลาติดต่อกันนานกว่า 40 ปี ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมในดินลดลงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี หรือการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ภาพที่ 4)

2. ผลของการจัดการดินและปุ๋ยระยะยาวของการใส่วัสดุอินทรีย์ไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตมันสำปะหลัง

การทดลองปุ๋ยระยะยาว ช่วงปี 2549 - 2559 (ปีที่ 32-42) ข้าที่เดิมเป็นเวลา 10 ปี โดยมีการแก้ไขกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี จากเดิมใช้อัตรา 8-8-8 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ เป็น 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และการไถกลบซากต้นใบมันสำปะหลังเป็นอัตรา 3 ตันต่อไร่ ตั้งแต่ปี 2542 ทุกกรรมวิธี เนื่องจากกรรมวิธีเดิมโดยเฉพาะกรรมวิธีใส่เฉพาะไถกลบต้นใบมันสด ปรากฏว่า ดินเกิดเสื่อมโทรมทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังลดลงเท่ากับการกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย และทำนองเดียวกันกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-8-8 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ไม่สามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้เป็นที่น่าพอใจ ประกอบกับมันสำปะหลังมีการแนะนำพันธุ์ใหม่ที่มีศักยภาพในการผลิตสูง และธาตุอาหารพืชถูกเคลื่อนย้ายออกไปกับผลผลิตหัวมันสำปะหลัง มีปริมาณมากกว่าปุ๋ยที่ใส่เพียงอัตรา 8-8-8 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และจากการทดสอบปุ๋ยกับมันสำปะหลังหัวแหล่งปลูกของประเทศ การใส่อัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ เหมาะสมที่สุด (ชุมพล, 2540)

มันสำปะหลังแม้เป็นพืชทนแล้ง เจริญเติบโตในดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ มีผลผลิตหัวมันต่ำ ซึ่งให้เห็นอย่างชัดเจนจากกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยมาเป็นระยะเวลา 42 ปี การเจริญเติบโต และผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีการใส่ปุ๋ยปรับปรุงบำรุงดิน และสามารถรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช คือ น้ำ ซึ่งเป็นตัวละลายธาตุอาหารให้อยู่ในสภาพรากพืชดูดกินและลำเลียงไปยังต้นพืช เพื่อเกิดขบวนการสังเคราะห์แสงต่อไป สร้างการเจริญเติบโต ด้านลำต้นและการสะสมแป้งในหัว ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อฤดูปลูกที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังอยู่ในช่วง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี (ไกรวัล, 2549) การปลูกมันสำปะหลังในดินชุดดินโคราช ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยเท่ากับ 1,313 มิลลิเมตรต่อปี และบางปีมักเกิดฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของและผลผลิตของมันสำปะหลัง

(1) ผลผลิตมันสำปะหลัง

ผลผลิตหัวมันสด จากผลการทดลองอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 42 ปี มันสำปะหลังตอบสนองต่อปุ๋ยชัดเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นไปในทำนองเดียวกันของฤดูปลูกปี 2549-2559 (11 ปี) ในดินชุดดินโคราชมันสำปะหลังไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใช้มากนัก และหัวมันสดผันแปรไปตามฤดูปลูก การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โพแทช (N1P0K1) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช (N1P1K1) ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยสูงกว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N1P0K0) หรือปุ๋ยไนโตรเจนกับฟอสเฟต (N1P1K0) ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทช ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในดินชุดดินโคราช ดังนั้น ธาตุโพแทสเซียมจึงเป็นตัวจำกัดผลผลิตที่สำคัญอันดับแรกและตัวจำกัดอันดับสองเป็นธาตุไนโตรเจน

วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชอย่างสมดุล อัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับการไถกลบต้นใบมันสด 3 ตันต่อไร่ มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์ดี

ที่สุดและมีผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยสูงสุด 4.2-4.6 ตันต่อไร่ และสูงกว่าวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช อย่างสมดุล อัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีผลผลิตหัวสดเท่ากับ 3.83 ตันต่อไร่ ดินชุดดินโคราชเพิ่ม 182 และ 186 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สำหรับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ หรือการไถกลบต้นใบมันสด อย่าง ต่อเนื่องเป็นวิธีการปรับปรุงสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและสมบัติทางกายภาพของดิน และการปลูกด้วยมันสำปะหลัง พันธุ์ใหม่ ทำให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นมากกว่า

วิธีการไถกลบต้นใบมันสดอัตรา 3 ตันต่อไร่ ทั้งไม่ใส่และใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มันสำปะหลังมีผลผลิตหัวมันสดสูง กว่าการไม่ไถกลบต้นใบมันสด ในดินชุดดินโคราชเพิ่มน้อย 186 และ 127 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

(2) ผลผลิตแป้งมัน จากผลการทดลองช่วงฤดูปลูกที่ 2549-2559 (11 ปี) เป็นข้อมูลพิจารณาด้านคุณภาพ ของผลผลิต เมื่อหัวมันสดสูง มีเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสดสูง ย่อมมีผลผลิตแป้งสูงด้วย และผลผลิตแป้งต่ำต่อเมื่อหัวมัน สดต่ำและมีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ มีความสัมพันธ์ตรงกันกับการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ดี จึงมีผลผลิตสูง ผลผลิตแป้งก็สูง ตาม ในดินชุดดินโคราช ผลผลิตแป้งมันลดต่ำมากเท่ากับ 0.76-1.14 ตันต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อไม่ใช้ปุ๋ยและใช้ปุ๋ย ไนโตรเจน และปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับฟอสเฟต อัตรา 16-0-0 และ 16-8-0 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ตามลำดับ (ไม่มีการใช้ปุ๋ยโพแทช) มีผลผลิตแป้งมันสำปะหลังเพิ่มเท่ากับ 0.76 0.83 และ 1.00 ตันต่อไร่ เมื่อใช้ปุ๋ยโพแทช โดย เป็นวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับโพแทช และปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟตและโพแทช ในอัตรา 16-0-16 และ 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีผลผลิตแป้งมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นเป็นเท่ากับ 1.00 และ 0.92 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

วิธีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างสมดุลไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ ผลผลิตแป้งมีปริมาณสูงสุดมากกว่าวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างสมดุลไนโตรเจน ฟอสเฟต และ โพแทชอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ในดินชุดดินโคราชเท่ากับ 1.14 ตันต่อไร่ คิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 179 (ภาพที่ 7) วิธีการไถกลบต้นใบมันสดอัตรา 3 ตันต่อไร่ มีผลผลิตแป้งมันสูงกว่าวิธีการไม่ใช้ปุ๋ย มีผลผลิตแป้งเท่ากับ 0.95 ตันต่อไร่ คิดเพิ่มขึ้นร้อยละ 138 (ภาพที่ 6)

ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มผลผลิตหัวมันสด และเปอร์เซ็นต์แป้งควรเพิ่มด้วยการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม แต่ตรงข้ามกัน การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดเดียวทำให้ผลผลิตแป้งลดลง ขณะที่การใช้ปุ๋ยฟอสเฟต มีผลไม่มากต่อผลผลิตและแป้ง มันสำปะหลัง

3. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ปุ๋ย

การวิเคราะห์ผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์การใช้ปุ๋ย เป็นการวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม โดยคำนวณอัตรา ผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (Marginal Rate of Return, MRR) ระหว่างวิธีการต่าง ๆ ดำเนินการเป็นขั้นๆ จากวิธีการต้นทุน น้อยสุดไปหาวิธีการต้นทุนสูงขึ้นไปตามลำดับ โดยพิจารณาจากต้นทุนเพิ่มและรายได้เพิ่ม ซึ่งอัตราผลตอบแทนที่ต่ำสุด ที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ (อาร์นันต์, 2534) ฉะนั้นอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (MRR) มากกว่า 50% ย่อม แสดงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจการใช้ปุ๋ยกับพืช จากผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 16-0-0 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต 16-8-0 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ การใช้ปุ๋ย ไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยโพแทช 16-0-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ย โพแทช ร่วมกับการไถกลบต้นใบมันสด ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ (ตารางที่ 4)

สรุปผลการทดลอง

1. ดินร่วนทรายชุดดินโคราช เมื่อทำการเพาะปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีการใช้ปุ๋ย หรือมีการใช้ ปุ๋ยไม่เหมาะสม หรือใช้ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักไม่ครบ ใช้เฉพาะธาตุอาหารไนโตรเจน หรือใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ย ฟอสเฟต อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน 42 ปี จะมีผลทำให้ดินร่วนปนทรายเสื่อมโทรม ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ลดลง สภาพความเป็นกรดต่างของดินลดลง ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมลดลง ทำให้มันสำปะหลังแคะแกร็น ลำต้นเล็ก และให้ผลผลิตต่ำมาก

2. การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเหมาะสมอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 42 ปี มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์ดี ผลผลิตมีปริมาณไม่ลดลงไปกว่าเดิมหรือเพิ่มขึ้น

3. การผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน มันสำปะหลังเจริญเติบโตสมบูรณ์ดี ผลผลิตที่มีคุณภาพถึง 4-6 ตันต่อไร่ ด้วยการใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานของปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับการไถกลบต้นใบมันสดอัตรา 3 ตันต่อไร่

4. ดินสะสมปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้ปุ๋ยฟอสเฟต ปุ๋ยโพแทชทุกๆ ปี ในการเพาะปลูกมันสำปะหลัง

5. การใช้ปุ๋ยอย่างผสมผสานของปุ๋ยเคมีอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 2 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับการไถกลบต้นใบมันสดอัตรา 3 ตันต่อไร่ ทุกๆ ปี เป็นระยะเวลา 42 ปี สามารถปรับปรุง หรือเพิ่มสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน

6. การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 16-0-0 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต 16-8-0 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยโพแทช 16-0-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทช ร่วมกับการไถกลบต้นใบมันสด ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ผลตอบแทนความคุ้มค่าการลงทุนจากการใส่ปุ๋ยอย่างสมดุล พร้อมทั้งใส่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์หรือสับกลบต้นใบมันสำปะหลัง มีรายได้เพิ่มขึ้นไร่ละ 856-1,395 บาท

ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้ประโยชน์

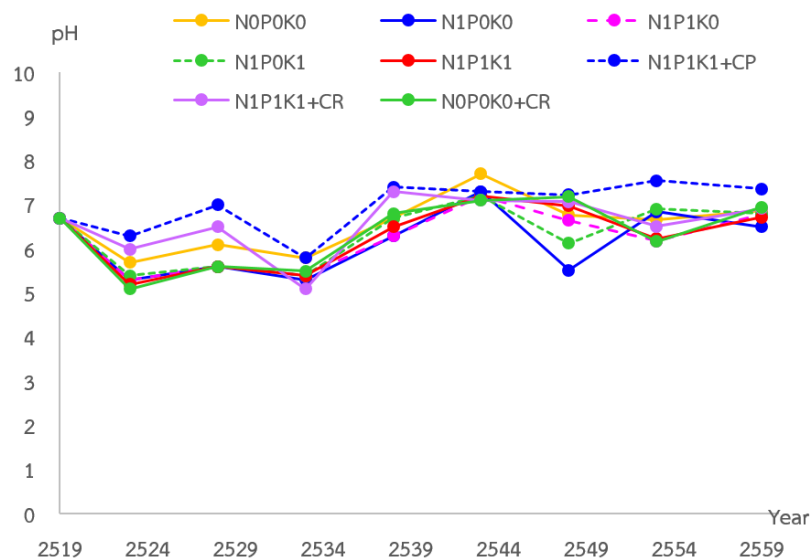
พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยมีมากกว่า 9.32 ล้านไร่ ซึ่งดินเสื่อมโทรมคุณภาพมากร้อยละ 90 หรือประมาณ 6 ล้านไร่ มีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 2.50 ตันต่อไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 15 ล้านตัน มีมูลค่า 33 ล้านบาท (เมื่อหัวมันสดกิโลกรัมละ 2.20 บาท) เมื่อเกษตรกรมีการจัดการเพาะปลูกที่ถูกต้องและเหมาะสม โดยมีการปรับปรุงบำรุงดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ ซึ่งปริมาณธาตุอาหารพอเพียงกับความต้องการของมันสำปะหลัง จะได้ผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ยประมาณ 4-6 ตันต่อไร่ ได้ผลผลิต 30 ล้านตัน มูลค่าเพิ่มเป็น 66 ล้านบาท ผลที่ได้ตามมาคือมีการสะสมเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารพืชในดินทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม การผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน ด้วยการใช้วัสดุอินทรีย์จากต้นใบมันสำปะหลัง หรือชนิดอื่นๆ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ มูลสัตว์ ปุ๋ยพืชสด ที่ทำได้ง่ายในพื้นที่ใช้ผสมผสาน กับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มสูงมากกว่า 5.50 ตันต่อไร่ มีผลผลิต 33 ล้านตัน มูลค่าเพิ่มเป็น 72.6 ล้านบาท (รายได้เพิ่มขึ้นมากกว่า 3,000 บาทต่อไร่) และสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของประเทศในการใช้หัวมันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอลมาทดแทนน้ำมันอย่างเพียงพอ ประการสำคัญที่สุดเป็นวิธีการเหมาะสมในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการรักษาหรือเพิ่มสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งด้านเคมี กายภาพและชีวภาพ

เอกสารอ้างอิง

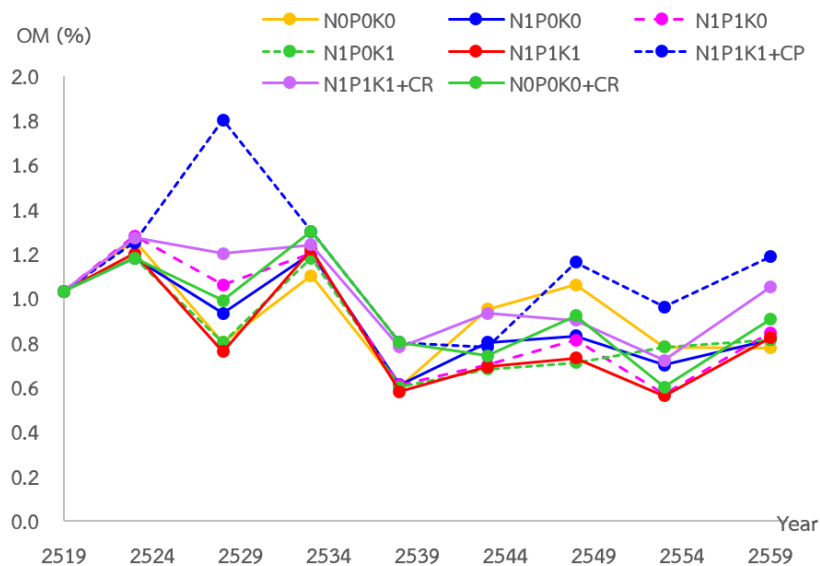
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2525. การจำแนกดินของประเทศไทย. กองสำรวจดิน กรุงเทพฯ
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ชุมพล นาควิโรจน์ โชติ สิทธิบุศย์. 2538. การผลิตมันสำปะหลัง และการจัดการดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รายงานประจำปี 2538 กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2554. การจัดการดินและปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง. เอกสารประกอบการบรรยาย การจัดการดินน้ำและปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ในโครงการทดสอบเทคโนโลยีมันสำปะหลังสะอาด. วันที่ 12 กรกฎาคม 2554. ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา. 10 หน้า.
- ไกววัล กล้าแข็ง และวิลาวัลย์ วงษ์เกษม. 2549. CROP REQUIREMENT : มันสำปะหลัง. ส่วนส่งเสริมการผลิตพืชไร่ สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร.

- ชุมพล นาควโรจน์ หรั่ง มีสวัสดิ์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ มาโนช ดอนเส 2540 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-16 และ 16-16-16 กับมันสำปะหลัง เอกสารผลงานวิจัยประกอบการจัดนิทรรศการมันสำปะหลัง และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ โครงการเผยแพร่และขยายผลงานวิจัยเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 26-28 มิถุนายน 2540 : หน้า 12
- ชุมพล นาควโรจน์. 2542. การปรับปรุงบำรุงดินปลูกมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2542 กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
- ชุมพล นาควโรจน์. 2542. การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์กับมันสำปะหลัง เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร เร่งรัดการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร 23-26 กันยายน 2542
- ชุมพล นาควโรจน์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ โอภาส บุญเส็ง ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ชัย และ สมาน รุ่งเรือง 2543 อิทธิพลระยะยาวของปุ๋ย NPK และการไถกลบซากพืชที่มีต่อสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ประจำปี 2543 กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร : หน้า 1-15
- ชุมพล นาควโรจน์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ โอภาส บุญเส็ง ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ชัย และ สมาน รุ่งเรือง. 2546 อิทธิพลระยะยาวของปุ๋ย NPK และการไถกลบซากพืชที่มีต่อสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ประจำปี 2546 กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
- โชติ สิทธิบุศย์ วิชัย นพอมรบดี สนั่น รัตนานุกูล ชุมพล นาควโรจน์. 2522. อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียม ที่มีต่อปริมาณแป้งและผลผลิตมันสำปะหลัง รายงานผลการทดลองและวิจัย ประจำปี 2522 กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร : หน้า 57-60
- โชติ สิทธิบุศย์. 2539. แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ISBN 974-7465-15-9.
- ปิยะ ดวงพัตรา. 2537. การปรับปรุงและบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินมันสำปะหลัง รายงานการสัมมนา เรื่อง ปัญหาการผลิต การใช้มันสำปะหลัง และลดต้นทุนการผลิต ณ. โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา ชลบุรี 1-3 กันยายน 2537 : หน้า 60-82
- สมเจตน์ จันทวัฒน์ อนุชิต ทองกล้า สมยศ พุทธเจริญ ปิยะวุฒิ พูลสงวน วิจารณ์ วิชชุกิจ และ R.H. Howeler 2537. การอนุรักษ์ดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง รายงานการสัมมนา เรื่อง ปัญหาการผลิต การใช้มันสำปะหลังและลดต้นทุนการผลิต ณ. โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา ชลบุรี 1-3 กันยายน 2537 : หน้า 83-97
- มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2545. รายงานประจำปี 2545 อาคารลุมพินีทาวเวอร์ ถนนพระราม 4 เขตสาทร กรุงเทพฯ
- วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และรุ่งรวี บุญพัง. 2555. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย: ชุดดินสัทธิบ. หน้า 7 -25. รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สิงหาคม 2555.
- วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข ประพิศ วงเทียม และสมพงษ์ ทองช่วย. 2558. การตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินร่วน : ชุดดินห้วยโป่ง. เอกสารวิชาการผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2558. น. 63 -78
- สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2559. 2558. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 240 หน้า.
- สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559. 2559. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 206 หน้า.
- อาร์นัต พัฒโนทัย และธนรักษ์ เมฆขยาย. 2534. คู่มือการฝึกอบรมทางเศรษฐศาสตร์ จากข้อมูลผลการทดลองสู่คำแนะนำแก่เกษตรกรฝ่ายเศรษฐศาสตร์ ศูนย์วิจัยการปรับปรุงข้าวโพดและข้าวสาลีนานาชาติ (CIMMYT.1998)

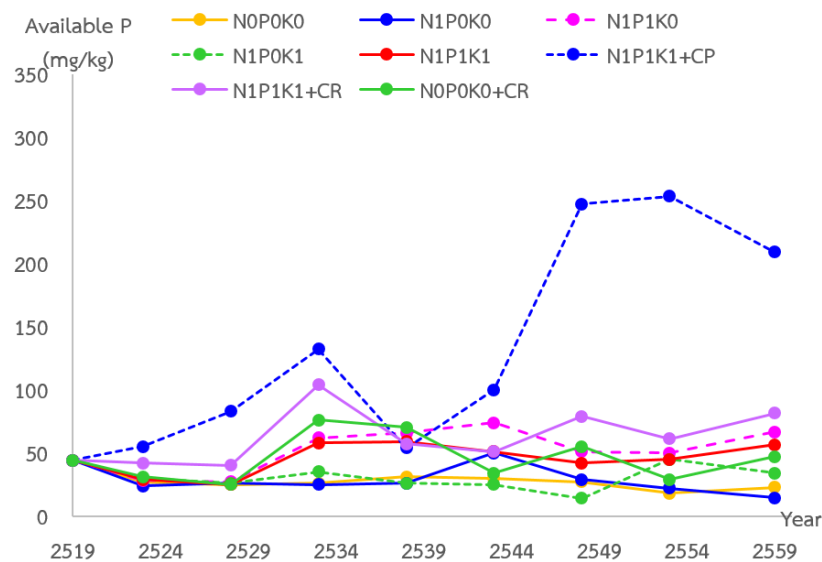
- Hagens P. and C. Sittibusaya. 1990. Short and long-term aspects of fertilizer application on cassava in Thailand. In ; Proc. 8 th Symp. Int. Soc. Trop. Root Crops. Bangkok, Thailand. Oct. 30-Nov. 5, 1988. pp. 244-259
- Howeler, R.H. 1978. The mineral nutrition and fertilization of cassava. In ; Cassava Production Course. CIAT., Cali, Colombia. pp. 247-292
- Jantavat, S., S. Puttacharoen and R.H. Howeler. 1992. Soil and crop management practices for sustainable production of cassava on sloping land. In ; Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. IBSRAM Proc. No. 12, Vol. 3. pp. 63-64
- Lozano, J.C., Bellotti, A., Schoonhoven, A. Van, Howeler, R., Howell, D. and Doll, J., 1976. Field problems in cassava. CIAT., Cali Colombia, Series GE-16, 127 p.
- Obigbesan, G.O. 1973. The influence of potassium nutrition on the yield and chemical composition of some tropical root and tuber crops. In, International Potash Institute, Colloquium, 10 th, Abidjam, Ivory Coast.
- Ofori, C.S. 1973. Decline in fertility status of a tropical forest ochrosol under continuous cropping. Expl. Agri. 9 (1), pp 15-22
- Nakviroj, C., Paisancharoen, K., Boonseng, O., Wongwiwatchai, C., and Roongruang, S., 2002. Cassava long-term fertility Trials in Thailand. In The 7th Regional Cassava Workshop, Oct. 28-Nov. 1, 2002, Bangkok, Thailand.



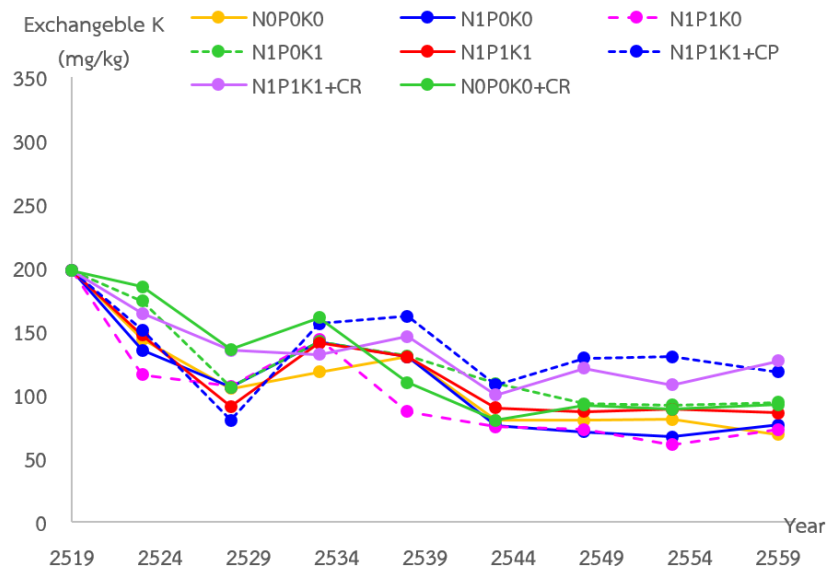
ภาพที่ 1 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ (CP) และการสับกลบต้นไถมันสำปะหลัง (CR) อย่างต่อเนื่อง 42 ปี ต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างของดิน (pH) ในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 2 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ (CP) และการสับกลบต้นไถมันสำปะหลัง (CR) อย่างต่อเนื่อง 42 ปี ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 3 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ (CP) และการสับกลบดินไถมันสำปะหลัง (CR) อย่างต่อเนื่อง 42 ปี ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดิน (available P – Bray II) ในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 4 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ (CP) และการสับกลบดินไถมันสำปะหลัง (CR) อย่างต่อเนื่อง 42 ปี ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (exchangeable K) ในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช จังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ 2 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ (CP) และการสับกลบดินใบมันสำปะหลัง (CR) อย่างต่อเนื่อง ถดปลูกปี 2549/50-2559/60 ต่อผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช จังหวัดนครราชสีมา

วิธีการ	ถดปลูกปี										เฉลี่ย
	2549/50	2550/51	2551/52	2552/53	2553/54	2554/55	2555/56	2556/57	2557/58	2559/60	
N0P0K0	3.27 f	1.67 c	2.19 ab	2.75 c	-	2.64 d	2.34 d	4.30 b	4.14 d	4.04 ab	3.04
N1P0K0	4.08 e	2.80 b	2.07 ab	3.31 abc	-	3.20 cd	3.33 bc	4.39 b	5.10 c	3.25 bcd	3.50
N1P1K0	4.42 de	3.01 b	2.78 ab	3.82 a	-	4.06 bc	3.50 bc	4.45 b	6.33 b	3.78 abc	4.02
N1P0K1	4.77 cde	4.20 a	2.33 ab	3.65 ab	-	4.07 bc	3.51 ab	4.30 b	6.61 b	2.85 cd	4.03
N1P1K1	5.20 bcd	4.09 a	1.74 ab	2.76 c	-	4.33 ab	4.14 ab	2.99 d	6.61 b	2.64 d	3.83
N1P1K1+CP	5.87 ab	4.36 a	2.90 a	3.89 a	-	5.17 a	4.35 a	4.20 b	6.86 ab	3.65 a-d	4.58
N1P1K1+CR	6.35 a	4.02 a	1.57 b	3.07 bc	-	4.80 ab	4.33 a	3.26 c	7.24 a	2.94 cd	4.18
N0P0K0+CR	5.35 bc	2.69 b	2.25 ab	3.08 bc	-	2.91 d	2.48 cd	5.61 a	5.17 c	4.43 a	3.77
F-test	**	**	**	**		**	**	**	**	**	
CV (%)	13.5	10.7	5.5	11.2		16.3	16.9	6.2	5.9	18.2	

อักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดย DMRT

เนื่องจากมีน้ำท่วมขังแปลงทดลองที่ จังหวัดนครราชสีมา ในปี 2553 หวัมน้ำเสีย ไม่สามารถเก็บผลผลิตได้

ตารางที่ 3 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ (CP) และการสับกลบดินใบมันสำปะหลัง (CR) อย่างต่อเนื่อง ถดปลูกปี 2549/50-2559/60 ต่อผลผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช จังหวัดนครราชสีมา

วิธีการ	ถดปลูกปี										เฉลี่ย
	2549/50	2550/51	2551/52	2552/53	2553/54	2554/55	2555/56	2556/57	2557/58	2559/60	
N0P0K0	0.63 e	0.37 d	0.38	0.48	-	0.84 c	0.709 d	0.92 c	1.28 d	1.22 a	0.76
N1P0K0	0.62 e	0.59 c	0.36	0.54	-	0.95 bc	0.94 bcd	0.93 c	1.64 c	0.94 abc	0.83
N1P1K0	0.75 de	0.61 c	0.51	0.58	-	1.18 abc	0.97 abc	1.34 b	2.01 b	1.10 ab	1.00
N1P0K1	0.85 cde	0.92 ab	0.41	0.61	-	1.23 ab	0.85 cd	1.43 b	2.10 ab	0.81 bc	1.00
N1P1K1	0.94 bcd	0.90 ab	0.28	0.42	-	1.23 ab	1.11 ab	1.49 b	2.06 b	1.74 c	0.92
N1P1K1+CP	1.14 ab	0.99 a	0.36	0.67	-	1.51 a	1.22 a	1.78 a	2.20 ab	1.08 ab	1.14
N1P1K1+CR	1.22 a	0.84 b	0.31	0.46	-	1.42 a	1.20 a	1.89 a	2.28 a	0.83 bc	0.95
N0P0K0+CR	1.04 abc	0.62 c	0.43	0.52	-	0.88 bc	0.73 cd	1.50 b	1.67 c	1.32 a	0.95
F-test	**	**	ns	ns		**	**	**	**	**	
CV (%)	14.4	9.8	5.2	8.3		20.3	16.5	8.5	6.9	19.4	

อักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดย DMRT

เนื่องจากมีน้ำท่วมขังแปลงทดลองที่ จังหวัดนครราชสีมา ในปี 2553 หวัมน้ำเสีย ไม่สามารถเก็บผลผลิตได้

ตารางที่ 4 ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ (CP) และการสับกลบดินไถมันสำหรับ (CR) อย่างต่อเนื่อง ฤดูปลูกปี 2549/50-2559/60 ต่อผลผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนปนทราย ชุดดินโคราช จังหวัดนครราชสีมา

วิธีการ	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	รายได้เพิ่ม (บาท/ไร่)	ต้นทุน (บาท/ไร่)	ต้นทุนเพิ่ม (บาท/ไร่)	MRR (%)
N0P0K0	3.04	5,654				
N1P0K0	3.50	6,510	856	419	419	196
N1P1K0	4.02	7,477	967	889	470	106
N1P0K1	4.03	7,496	19	907	18	1
N1P1K1	3.83	7,124	(372)	1,377	470	(179)
N1P1K1+CP	4.58	8,519	1,395	3,377	2,000	(30)
N1P1K1+CR	4.18	7,775	(744)	2,877	(500)	49
N0P0K0+CR	3.77	7,012	(763)	1,500	(1,377)	(45)

หมายเหตุ

เฉลี่ยจากปี 2549-2559 รวม 11 ปี

คำนวณจากราคาหัวมันสด 1.86 บาทต่อกิโลกรัม

ปุ๋ยฟอสเฟต (0-46-0) 27.00 บาทต่อกิโลกรัม

ปุ๋ยอินทรีย์ ราคา 2 บาทต่อกิโลกรัม

ราคาปุ๋ยไนโตรเจน (21-0-0) 5.50 บาทต่อกิโลกรัม

ปุ๋ยโพแทช (0-0-60) 18.30 บาทต่อกิโลกรัม

ดินไถมันสด ราคา 500 บาทต่อตัน

ผลของการจัดการดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน

Effects of Long-term Soil Management on Soil Carbon Sequestration

วนิดา โนบรรเทา แววดา พลกุล นงลักษณ์ ปั่นลาย¹ ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ อนันต์ ทองภู

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินและการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดิน ในแปลงทดลองระยะยาวที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินร่วนเหนียว ชุดดินวังสะพุง ณ ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี จังหวัดลพบุรี วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ 8 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) ไม่ไถพรวนดิน และ ไถพรวนดินปกติ 2) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 3) ไม่คลุมดิน และ คลุมดินด้วยฟางข้าว อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการดินแบบไถพรวนร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ฟางข้าวคลุมดิน มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 159 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี สูงกว่าวิธีการที่ไม่ไถพรวนดิน ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี และไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ซึ่งทำให้ดินมีคาร์บอนลดลงมากถึง 9.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการดินแบบไถพรวนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.1 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี ในขณะที่วิธีการไม่ไถพรวนดินมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.0 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีพบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.0 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี และหากไม่ใส่ปุ๋ยเคมีพบว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.2 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนการใช้ฟางข้าวคลุมดินมีแนวโน้มทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงกว่าการใช้ฟางข้าวคลุมดิน โดยวิธีการที่ใช้ฟางข้าวคลุมดินมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.3 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี แต่หากไม่มีการคลุมดินด้วยฟางข้าวพบว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.9 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี

คำสำคัญ ก๊าซเรือนกระจก การกักเก็บคาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ การจัดการดินระยะยาว

¹ ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช

คำนำ

ภาวะโลกร้อนหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) มีสาเหตุมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร อันเนื่องมาจากกิจกรรมความต้องการของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลก โดยมีก๊าซเรือนกระจกหลัก 6 ชนิด ได้แก่ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) และก๊าซโอโซน (The National Academies Reports, 2008) ณ ปัจจุบัน ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโลกเพิ่มขึ้นเป็น 380 ส่วนในล้านส่วน จากเดิมเมื่อ 150 ปีก่อนที่มีเพียง 280 ส่วนในล้านส่วน

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั่วโลกในปี 2548 พบว่า การทำการเกษตรปล่อยก๊าซเรือนกระจก 5.1 ถึง 6.1 กิกะตันเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Gt CO₂-eq) ต่อปี โดยคิดเป็นมีเทน (CH₄) 3.3 Gt CO₂-eq ต่อปี และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 2.8 Gt CO₂-eq ต่อปี ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ถึงแม้ว่าจะมีการปล่อยออกมามาก แต่จะถูกพืชนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณการปลดปล่อยสุทธิค่อนข้างต่ำเพียง 0.04 Gt CO₂ ต่อปี (Smith *et al.*, 2007) สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมสุทธิ (Grossemission) ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553 (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก, 2557) เท่ากับ 229 ล้านตัน

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Mt CO₂-eq) โดยการเกษตรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมสุทธิ 51.88 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (22.6 เพอร์เซ็นต์) มากเป็นอันดับสองรองจากการใช้พลังงาน

การกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) ในพื้นที่เกษตร เป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (Photosynthesis) โดยตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ไปเก็บสะสมไว้ในส่วนของเนื้อเยื่อพืชในรูปของสารประกอบอินทรีย์ และเมื่อเศษซากพืชเหล่านี้ตายลง สารอินทรีย์เหล่านั้นจะถูกย่อยสลาย ซึ่งส่วนที่ย่อยสลายยากจะเหลือตกค้างและถูกกักเก็บไว้ในดินในรูปของฮิวมัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรีย์วัตถุ โดยเรียกกระบวนการนี้ว่า “Soil carbon sequestration” (Lal, 2004; Lal *et al.*, 2007; Yonekura *et al.*, 2010) ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดิน มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ และการทำการเกษตรที่จะเป็นตัวเร่งทำให้เกิดการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน และปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ ดังนั้นการจัดการในพื้นที่ปลูกพืชจึงเป็นกลไกสำคัญในการสะสมคาร์บอนและช่วยลดก๊าซเรือนกระจกในทางอ้อม Grant *et al.* (2001) พบว่า การจัดการดินแบบผสมผสานหลายวิธีร่วมกัน เช่น การลดการไถพรวน การปลูกพืชหมุนเวียน การใส่วัสดุอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืช มีประสิทธิภาพต่อการเก็บสะสมคาร์บอนในดินมากกว่าการจัดการดินด้วยวิธีใดเพียงวิธีหนึ่ง ส่วน Matsumoto *et al.* (2008) รายงานว่า การไถกลบเศษซากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินสติก ทำให้มีคาร์บอนคืนกลับลงไปในดิน 1,296 – 1,632 กิโลกรัม C ต่อไร่ โดยเป็นคาร์บอนจากส่วนของเศษซากต้น ใบ และกาบฝัก 176 – 352 กิโลกรัม C ต่อไร่ และจากส่วนของราก 1,120 – 1,280 กิโลกรัม C ต่อไร่ ขณะที่ ศุภกาญจน์ และคณะ (2552) พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นพืชตามแล้วไถกลบทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นจากปีเริ่มต้นร้อยละ 35.9 คิดเป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินเท่ากับ 57 กรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี

แต่ประเด็นปัญหาคือประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ดินไร่นาทั่วไปสามารถเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินได้น้อยกว่าเขตอบอุ่น เนื่องจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นเร็ว ทำให้มี CO₂ ปลดปล่อยออกมา ดังนั้นหากมีวิธีการจัดการดิน-ปุ๋ย และพืชอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บสะสมคาร์บอนในดินและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะเป็นการช่วยลดหรือชะลอการเกิดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง

วิธีดำเนินการ

ดำเนินการในแปลงทดลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะยาว ณ ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี ที่มีการดำเนินการทดลองอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2519 เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินจากการจัดการดินและการใช้ปุ๋ย

ประกอบด้วยกรรมวิธี 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ คือ 1) ไม่ไถพรวนดิน และ ไถพรวนดินปกติ 2) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 3) ไม่คลุมดิน และ คลุมดินด้วยฟางข้าวอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ รายละเอียดกรรมวิธีดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กรรมวิธีและอักษรย่อของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	อักษรย่อกรรมวิธี
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไถพรวนปกติ	0-0-0+Till+NoRS
2. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ไถพรวน	0-0-0+No-till+NoRS
3. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไถพรวนปกติ + ฟางข้าวคลุมดิน	0-0-0+Till+RS
4. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ไถพรวน + ฟางข้าวคลุมดิน	0-0-0+No-till+RS
5. ใส่ปุ๋ยเคมี + ไถพรวนปกติ	Chem+Till+NoRS
6. ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ไถพรวน	Chem +No-till+NoRS
7. ใส่ปุ๋ยเคมี + ไถพรวนปกติ + ฟางข้าวคลุมดิน	Chem +Till+RS
8. ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ไถพรวน + ฟางข้าวคลุมดิน	Chem +No-till+RS

ในการดำเนินงาน มีการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน สมบัติของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความลึกของชั้นดิน ความหนาแน่นรวม ความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในดินก่อนปลูกแต่ละปี โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 15-30 30-50 และ 50-100 เซนติเมตร

ปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ในแปลงทดลองขนาด 5.25x6 เมตร โดยใช้ระยะระหว่างระยะปลูก 75x20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ อัตราของกรรมวิธีที่กำหนดร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมพร้อมปลูก ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 หลังปลูก 21-30 วัน และเก็บเกี่ยวพร้อมเก็บตัวอย่างดินและพืชที่อายุ 110-120 วัน ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 15 ตารางเมตร หลังจากนั้นปลูกถั่วเขียวหลังเก็บเกี่ยวข้าวโพด ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร และเก็บเกี่ยวถั่วเขียวในพื้นที่เก็บเกี่ยว 15 ตารางเมตร

วัดการปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินในรอบ 24 ชั่วโมง ทุก 2 สัปดาห์ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมในแปลงทดลอง เช่น หลังใส่ปุ๋ยเคมี โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล 40 มิลลิลิตร บรรจุในขวดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร ตั้งบนฐานรองแล้วครอบด้วยถังพลาสติกที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.0283 ตารางเมตรและสูง 20 เซนติเมตร หุ้มด้วยฟอยล์ทึบแสง โดยให้ขอบถึงฝังลงในดินลึกประมาณ 2.5 เซนติเมตร เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำสารละลายในขวดแก้วมาเติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ที่อิ่มตัว เพื่อตกตะกอนกับคาร์บอนไดออกไซด์แล้วไทเทรตหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือหลังจากการทำปฏิกิริยากับแบเรียมคลอไรด์ โดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล (ปรับปรุงจาก Anderson, 1982) พร้อมทั้งเก็บดินมาวิเคราะห์ความชื้น วัดอุณหภูมิดินที่ 0-10 เซนติเมตร และอุณหภูมิอากาศ ทุกครั้งที่มีการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วิเคราะห์สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่จากปริมาณคาร์บอนที่ใส่ลงไปในพื้นที่โดยปุ๋ยเคมี ฟางข้าว และการไถกลบเศษซากพืชในพื้นที่ หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่สูญหายออกไปจากพื้นที่โดยผลผลิตและส่วนต่างๆ ของพืช ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในแต่ละปี และประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของกรรมวิธีต่างๆ พิจารณากรรมวิธีที่ให้ผลตอบแทนสูงโดยไม่กระทบต่อสภาพแวดล้อม สามารถรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนในดินไว้ได้

บันทึกข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินที่ระยะต่างๆ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกต่างๆ ข้อมูลการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของข้าวโพดและพืชตาม และ

ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของข้าวโพดและพืชตามเพื่อนำมาคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สักลับลงไปดินและที่สูญหายออกไปจากพื้นที่

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การให้ผลผลิตของข้าวโพด

จากผลของการจัดการดินที่แตกต่างกัน พบว่า ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวโพดในปี 2557 และ 2558 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจากการให้น้ำในช่วงที่ข้าวโพดกระเทบแล้งทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่ากรรมวิธีไถพรวนดินปกติหรือไม่ไถพรวนดิน เมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ส่วนกรรมวิธีการไม่ไถพรวน และไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ข้าวโพดให้ผลผลิตต่ำสุด (296 กิโลกรัมต่อไร่) เนื่องจากข้าวโพดมีการเจริญเติบโตไม่ดี แต่หากมีการคลุมดินด้วยฟางข้าว ข้าวโพดให้ผลผลิต 364 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นหากมีการจัดการดินแบบไม่ไถพรวนหากต้องการรักษาผลผลิตของข้าวโพด จึงควรมีการใช้ปุ๋ยเคมีหรือมีการคลุมดินร่วมด้วย

2. ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการติดตามการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ระหว่าง เดือนมิถุนายน 2557 ถึง เดือนมิถุนายน 2559 รวม 2 ปี พบว่า การจัดการดินแบบไถพรวนปกติและไม่ไถพรวนดิน มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณเฉลี่ย 4.9 และ 5.0 ตัน CO₂ ต่อไร่ต่อปี หรือ 3.1 และ 3.2 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ในกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี (4.8 ตัน CO₂ ต่อไร่ต่อปี) หรือไม่ใช้ปุ๋ยเคมี (5.1 ตัน CO₂ ต่อไร่ต่อปี) ไม่มีความแตกต่างเช่นกัน ส่วนการใช้ฟางข้าวคลุมดินมีแนวโน้มทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงกว่าการไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดินเล็กน้อย โดยมีปริมาณเฉลี่ย 5.3 และ 4.7 ตัน CO₂ ต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ฟางข้าวคลุมดินเป็นการรักษาความชื้นในดิน (ภาพที่ 1) เมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม จะส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน เกิดการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ต่างๆในดิน ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากผิวดินยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของรากพืช ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเต็มที่ จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม ในการใช้ที่ดินในการผลิตพืชนั้น ควรพิจารณาประสิทธิภาพการผลิตพืชควบคู่ไปกับการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งการรักษาผลผลิตของดินในการผลิตพืชอย่างยั่งยืน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อมูลการให้ผลผลิตของข้าวโพดและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ไม่ไถพรวนดิน และไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตสูงที่สุด 6.0 กิโลกรัม CO₂ ต่อผลผลิตข้าวโพด 1 กิโลกรัม ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ไถพรวนดินปกติและมีการใช้ฟางข้าวคลุมดิน มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตเพียง 2.0 กิโลกรัม CO₂ ต่อผลผลิตข้าวโพด 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 4)

3. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน

จากผลวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ระหว่างปี 2557 และ ปี 2558 พบว่าการใช้ฟางข้าวคลุมดิน ทำให้ดินก่อนปลูกในปี 2558 มีอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินเพิ่มขึ้น จาก 8.6 กรัมต่อกิโลกรัม เป็น 10.0 กรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 5) เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดินเป็นระยะเวลา 39 ปี พบว่าการไถพรวนดินปกติ ไม่ว่าจะไม่ใส่ปุ๋ยเคมีหรือใส่ปุ๋ยเคมี หากมีการใช้ฟางข้าวคลุมดินจะสามารถรักษาอินทรีย์คาร์บอนไว้ในดินได้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนการไม่ไถพรวนดิน ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินต่ำกว่าการไถพรวนดินปกติ แต่เมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับใช้ฟางข้าวคลุมดิน ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินไม่แตกต่างจากการไถพรวนดิน (ภาพที่ 2) ดังนั้นการใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดินจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาระดับอินทรีย์คาร์บอนไว้ในดินและรักษาผลผลิตของดินในการผลิตพืชได้อย่างยั่งยืนต่อไป

4. การกักเก็บคาร์บอนในดิน

เมื่อพิจารณาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน พบว่า กรรมวิธีไถพรวนปกติ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ฟางคลุมดิน มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ คิดเป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 162 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี รองลงมาคือกรรมวิธีการไม่ไถพรวนดิน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ฟางคลุมดิน มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 159 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 5) ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าทั้งการไถพรวนดิน หรือ การใช้ฟางข้าวคลุมดิน สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินได้มากกว่าการไม่ไถพรวนดิน หรือไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน

5. สมดุลของคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เมื่อวิเคราะห์สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ พบว่ามีค่าติดลบเกือบทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 6) แสดงว่าปริมาณคาร์บอนสูญเสียออกจากพื้นที่ มากกว่าปริมาณที่คืนกลับสู่ดิน ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่าการไถพรวนดิน สามารถกักเก็บคาร์บอนในดิน ได้ดีกว่าการไม่ไถพรวนดิน นอกจากนี้ยังพบว่าการไม่ไถพรวนดินไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ทำให้ดินมีการสูญเสียคาร์บอนถึง 9.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีไม่ไถพรวน ใช้ปุ๋ยเคมีและไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน มีการสูญเสียคาร์บอนไปจากดิน 6.8 กิโลกรัม C ต่อไร่

ตารางที่ 2 ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 (กก./ไร่) ที่ความชื้น 15% ภายใต้การจัดการดินที่แตกต่างกัน ที่ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี จ. ลพบุรี

กรรมวิธี	ผลผลิตปี 2557	ผลผลิตปี 2558	เฉลี่ยกรรมวิธี	ค่าแตกต่างกรรมวิธี 2 ปี
1. 0-0-0+Till+NoRS	536 de	674 b	605	-138 ^{ns}
2. 0-0-0+No-till+ NoRS	371 e	224 c	297	147 ^{ns}
3. 0-0-0+Till+RS	719 cd	805 ab	762	-86 ^{ns}
4. 0-0-0+No-till+RS	336 e	391 c	364	-55 ^{ns}
5. Chem+Till+ NoRS	990 ab	948 ab	969	42 ^{ns}
6. Chem +No-till+ NoRS	759 bcd	861 ab	810	-102 ^{ns}
7. Chem +Till+RS	1037 a	888 ab	962	-149 ^{ns}
8. Chem +No-till+RS	920 abc	991 a	956	-71 ^{ns}
เฉลี่ย	709	723	716	-14

CV. 20.3%

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เฉลี่ย ตั้งแต่เดือน มิ .ย. 2557 - มิ.ย. 2559

กรรมวิธี	CO ₂ emission	
	kg CO ₂ /m ² /y	tCO ₂ /rai/y
1. 0-0-0+Till+NoRS	2.7	4.4
2. 0-0-0+No-till+NoRS	2.8	4.5
3. 0-0-0+Till+RS	3.2	5.2
4. 0-0-0+No-till+ RS	3.4	5.4
5. Chem+Till+NoRS	3.0	4.8
6. Chem +No-till NoRS	3.2	5.1
7. Chem +Till+ RS	3.3	5.3
8. Chem +No-till+ RS	3.3	5.2
Till	3.1	4.9
No-till	3.2	5.0
Chem	3.0	4.8
0-0-0	3.2	5.1
RS	3.3	5.3
NoRS	2.9	4.7
Bare soil no-till	= 2.6	kg CO ₂ /m ² /y
Bare soil tillage	= 2.8	kg CO ₂ /m ² /y

ตารางที่ 4 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ต่อหน่วยผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 3

กรรมวิธี	CO ₂ emission (kg CO ₂ /rai)	Yield (kg/rai)	kg CO ₂ emission/kg yield
1. 0-0-0+Till+NoRS	1,724 *	605 **	2.8
2. 0-0-0+No-till+NoRS	1,793	298	6.0
3. 0-0-0+Till+RS	1,756	762	2.3
4. 0-0-0+No-till+ RS	1,868	364	5.1
5. Chem+Till+NoRS	1,812	969	1.9
6. Chem +No-till+NoRS	1,704	810	2.1
7. Chem +Till+ RS	1,927	962	2.0
8. Chem +No-till+ RS	1,201	956	1.3
Till	1805	825	2.3
No-till	1642	607	3.6
Chem	1661	924	1.8
0-0-0	1785	507	4.1
RS	1688	761	2.7
NoRS	1758	671	3.2

หมายเหตุ * ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่ปลูกข้าวโพดจนถึงเก็บเกี่ยว

** ผลผลิตเฉลี่ย 2 ปี

ตารางที่ 5 อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. ลพบุรี

กรรมวิธี	ปีเริ่มต้น 2519 (kgC/rai)	2537 (kgC/rai)	2547 (kgC/rai)	2552 (kgC/rai)	2558 (kgC/rai)	C storage rate (kgC/rai/y)
1. 0-0-0+Till+NoRS	2355	2471	4958	4392	4739	61
2. 0-0-0+No-till+NoRS	2355	2714	5688	5928	5091	70
3. 0-0-0+Till+RS	2355	3790	7097	9014	8546	159
4. 0-0-0+No-till+RS	2355	2682	5375	7672	5688	85
5. Chem+Till+NoRS	2355	2309	4734	5161	4466	54
6. Chem +No-till+NoRS	2355	2848	6351	6473	5349	77
7. Chem +Till+RS	2355	3989	6846	11014	8679	162
8. Chem +No-till+RS	2355	2850	6104	8808	6146	97
Till	2355	3140	5909	7395	6608	109
No-till	2355	2774	5880	7220	5569	82
Chem	2355	2999	6009	7864	6160	98
0-0-0	2355	2914	5780	6759	6016	94
RS	2355	3328	6356	9127	7265	126
NoRS	2355	2586	5433	5489	4911	66

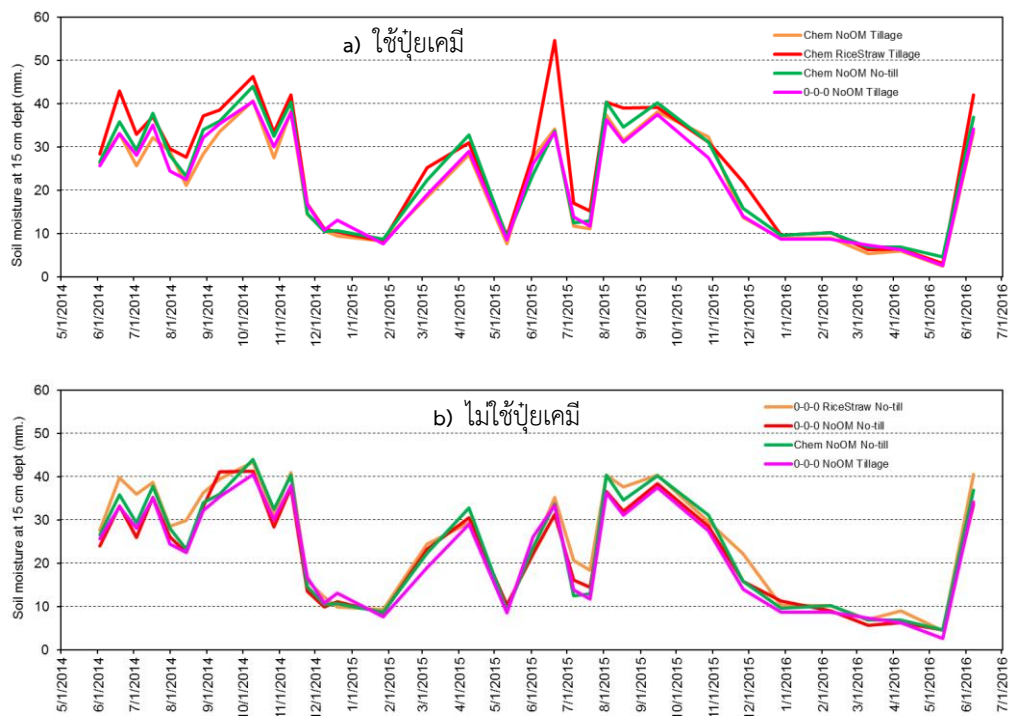
หมายเหตุ : อัตราการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน (Fronning et al, 2008)

= (ปริมาณคาร์บอนในปีปัจจุบัน - ปริมาณคาร์บอนในปีเริ่มต้น) /จำนวนปี

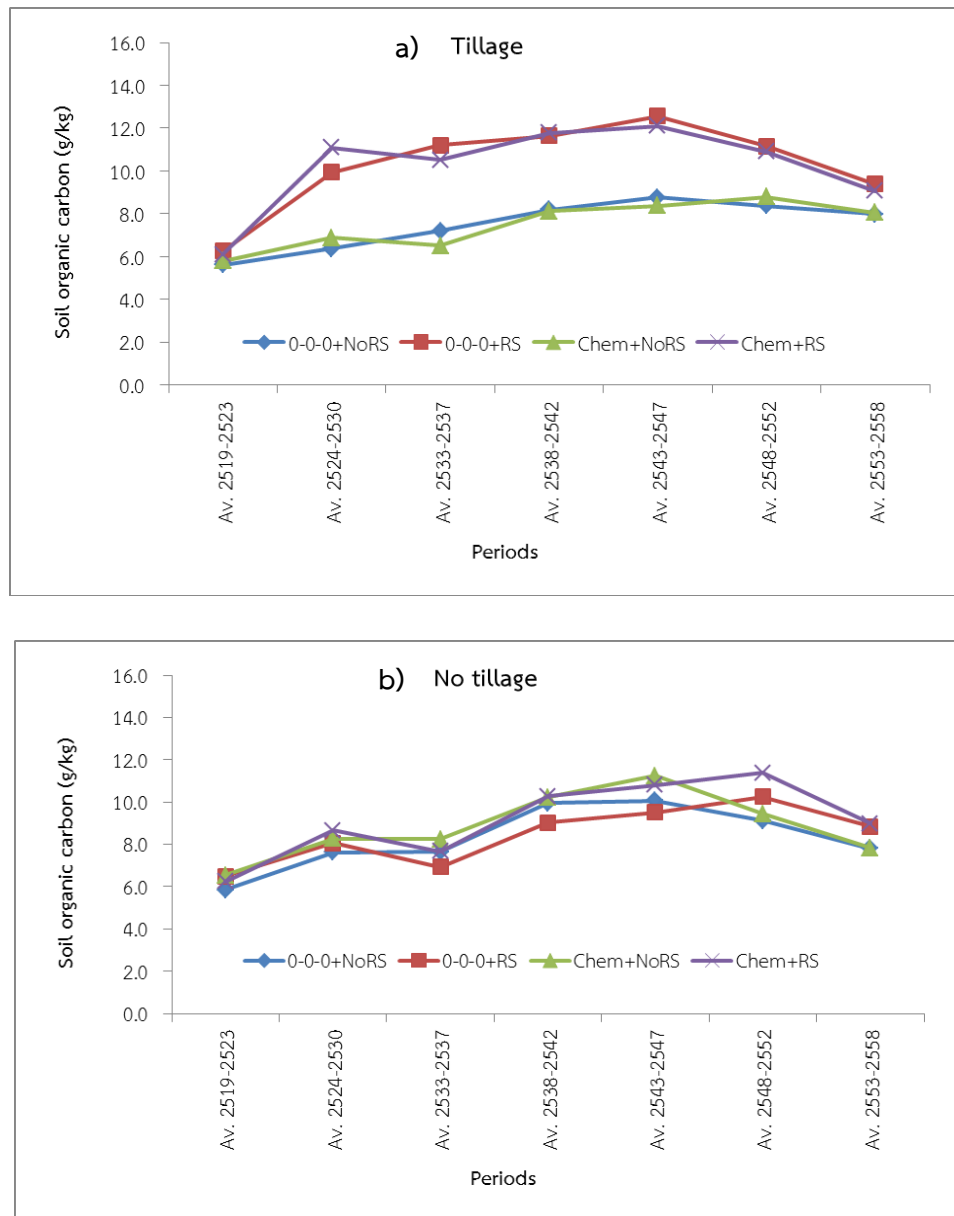
ตารางที่ 6 สมดุลคาร์บอนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จ. ลพบุรี

Treatment	Stover	Grain	Cob	Sequestered C	Rice straw	C input	Removal C	CO ₂ emission	C balance
				C	(t C/rai)		C		
1. 0-0-0+Till+NoRS	18.4	8.3	2.0	28.7	0.0	18.4	10.3	46.4	-4.8
2. 0-0-0+No-till+ NoRS	14.6	6.7	2.0	23.3	0.0	14.6	8.7	47.5	-9.2
3. 0-0-0+Till+RS	14.4	10.0	1.9	26.3	8.5	22.9	11.9	54.9	-4.6
4. 0-0-0+No-till+ RS	14.5	5.9	1.5	21.9	8.5	23.0	7.4	57.7	-5.9
5. Chem+Till+ NoRS	23.4	13.7	2.9	40	0.0	23.4	16.6	51.4	-2.3
6. Chem +No-till+ NoRS	20.1	12.0	2.9	35	0.0	20.1	14.9	53.8	-6.8
7. Chem +Till+ RS	21.5	14.0	2.4	37.9	8.5	30.0	16.4	56.2	1.9
8. Chem +No-till+ RS	19.9	13.3	2.4	35.6	8.5	28.4	15.7	55.9	0.4
Till	19.4	11.5	2.3	33.2		23.7	13.8	52.2	-2.4
No-till	17.3	9.5	2.2	29.0		21.5	11.7	53.7	-5.3
Chem	21.2	13.3	2.7	37.1		25.5	15.9	54.3	-1.8
0-0-0	15.5	7.7	1.9	25.1		19.7	9.6	51.6	-4.4
RS	17.6	10.8	2.1	30.4	8.5	26.1	12.9	56.2	-1.2
NoRS	19.1	10.2	2.5	31.8	8.5	19.1	12.6	49.8	-4.0

หมายเหตุ Sequestered C = stover+grain+cob, C input = stover+rice straw, Removal C = grain+cob
C balance = C input – (CO₂ emission/2)



ภาพที่ 1 ความชื้นดินที่ระดับความลึก 15 ซม. ภายใต้การจัดการดินแบบไถพรวนและไม่ไถพรวน
a) ใช้ปุ๋ยเคมี และ b) ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี



ภาพที่ 2 ผลของการจัดการดินอย่างต่อเนื่องระยะยาวในระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต่อการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนในดิน a) ไถพรวนดิน และ b) ไม่ไถพรวน

สรุปผลการทดลอง

1. การจัดการดินแบบไถพรวนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.1 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตร ต่อปี ในขณะที่วิธีการไม่ไถพรวนดินมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.0 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี
2. การใช้ปุ๋ยเคมี มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.00 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.2 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี
3. การใช้ฟางข้าวคลุมดินไม่ทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดินแตกต่างจากการไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน โดยวิธีการที่ใช้ฟางข้าวคลุมดินมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 3.3 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี แต่เมื่อไม่มีการคลุมดินด้วยฟางข้าวมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 2.9 กิโลกรัม CO₂ ต่อตารางเมตรต่อปี

4. การจัดการดินแบบไถพรวนดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ฟางข้าวคลุมดิน มีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน 159 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี สูงกว่าวิธีการที่ไม่ไถพรวนดิน ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี และไม่ใช้ฟางข้าวคลุมดิน ซึ่งทำให้ดินมีคาร์บอนลดลงมากถึง 9.2 กิโลกรัม C ต่อไร่ต่อปี

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. การจัดการปุ๋ยมีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผิวดิน ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง จึงทำให้มีการดึงดูดคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศมาใช้ในการสังเคราะห์แสงและสร้างชีวมวลได้มาก ดังนั้นเมื่อไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในดิน คาร์บอนบางส่วนในเศษซากพืชจะถูกเก็บสะสมไว้ในดิน ในขณะที่การผลิตพืชโดยไม่ใส่ปุ๋ยใดๆ เลย แม้ว่าจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี แต่เมื่อคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยน้ำหนักของผลผลิตแล้วกลับพบว่า การผลิตพืชโดยไม่ใส่ปุ๋ยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยผลผลิตในปริมาณสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

2. การใช้วัสดุอินทรีย์คลุมดิน เมื่อมีการย่อยสลายจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศสูงกว่าไม่ใช้วัสดุคลุมดิน แต่การใช้วัสดุอินทรีย์เป็นการเพิ่มเติมปริมาณคาร์บอนให้แก่ดิน ได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ดังนั้น เพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านอาหารและการลดผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ ควรแนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้วัสดุอินทรีย์หรือปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน

3. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลฐานในการคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยต่อไปได้

4. การวิจัยการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินต้องใช้เวลายาวนานในการติดตามการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นควรที่จะมีการศึกษาในแปลงทดลองระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี เข้มพร เพชรภรณ์ สมฤทัย ต้นเจริญ นงลักษณ์ ปันลาย ศิริขวัญ ภูนา. 2552. ผลการจัดการดินและปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดในระยะยาว, น. 66-75, ใน ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2552 เล่มที่ 2 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
- อบก. (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)). 2557. บัญชีก๊าซเรือนกระจก. Download from: <http://www.tgo.or.th/>, 5 April 2015.
- Anderson, J. 1982. Soil respiration. In Methods of Soils Analysis, Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 831-871.
- Grant, R.F., N.G. Juma, J.A. Robertson, R.C. Izaurralde, and W.B. McGill. 2001. Long-Term Changes in Soil Carbon under Different Fertilizer, Manure, and Rotation: Testing the Mathematical Model Ecosystem with Data from the Breton Plots. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 205-214.
- Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. Geoderma 123: 1-22.
- Lal, R., R.F. Follett, B.A. Stewart and J.M. Kimble. 2007. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change and Advance Food Security. Soil Science 172 (12): 943-956.
- Matsumoto, N., K. Paisancharoen, and T. Hakamata. 2008. Carbon Balance in Maize Fields under Cattle Manure Application and No-Tillage Cultivation in Northeast Thailand. Soil Sci. Plant Nutr. 54: 277-288.
- Matsumoto, N., K. Paisancharoen, and T. Hakamata. 2008. Carbon Balance in Maize Fields under Cattle Manure Application and No-Tillage Cultivation in Northeast Thailand. Soil Sci. Plant Nutr. 54: 277-288.

- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko. 2007. Agriculture. In Climate Change 2007: Mitigation, in B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds), Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- The National Academies Reports. 2008. Understanding and Responding to Climate Change. Available Source: www.national-academies.org. May 11, 2011.
- Yonekura, Y.S.O, Y. Kiyono, D. Aksa, K. Morisada, N. Tanaka and M. Kanzaki. 2010. Changes in Soil Carbon Stock after Deforestation and Subsequent Establishment of "Imperata" Grassland in the Asian Humid Tropics. *Plant Soil*. 329: 495-507.

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ในการผลิตข้าว

Effect of PGPR -2 Biofertilizer to Increase the Fertilizer Uses Efficiency in Rice Production

สรัดนา เสนาะ ภัสชญณ หมื่นแจ้ง ธนวัฒน์ เสนเผือก¹ นฤนาท ชัยรังษี สุรรัตน์ โตสิริภัทร
เฉลิมชาติ ฤาไชยคาม³ ดวงพร วิธูจิตติ² กัลยกร โปรงจันทิก มนต์ชัย มนต์ลีลา

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ในแปลงข้าวของเกษตรกรเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการทดสอบเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าว ภายใต้แผนงานวิจัยมุ่งเป้าตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศโดยเร่งด่วน:เรื่องข้าว ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในการผลิตข้าว และหาวิธีการลดต้นทุนการผลิตข้าว วางแผนทดลอง RCB มี 2 กรรมวิธี คือ วิธีทดสอบและวิธีเกษตรกร รวม 2 ซ้ำ ดำเนินการในพื้นที่ 5 จังหวัด คือ เชียงราย ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และร้อยเอ็ดรวมเกษตรกรทั้งสิ้น 30 รายๆละ 4 ไร่ มีแปลงย่อยขนาดแปลงละ 1 ไร่ วิธีทดสอบใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทูร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินและใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว 15 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนวิธีเกษตรกร ใส่ปุ๋ยตามที่เกษตรกรปฏิบัติอยู่และเมล็ดพันธุ์ข้าว 25 กิโลกรัมต่อไร่ ดำเนินการใน ปี 2558 ทั้งฤดูนาปรังและนาปี เก็บข้อมูล เมล็ดดี น้ำหนักแห้งฟางข้าว และผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ pair t-test

ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยข้อมูลทั้งฤดูนาปรังและนาปี รวม 60 แปลง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของวิธีทดสอบและวิธีเกษตรกรไม่มีความแตกต่างกัน แต่น้ำหนักแห้งฟางข้าวและผลผลิตเมล็ด มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเฉลี่ยในปี 2558 ทั้งฤดูนาปรังและนาปี ในจังหวัดเชียงราย ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และร้อยเอ็ด พบว่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย 63.6 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัมปุ๋ย ไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ขณะที่วิธีเกษตรกรมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย 29.3 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ซึ่งวิธีทดสอบทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 53.9 มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตมีความแตกต่างกัน โดยวิธีทดสอบสามารถลดต้นทุนการผลิตจากวิธีการของเกษตรกร 3,431 บาทต่อไร่ เหลือ 2,660 บาทต่อไร่ หรือลดลง 771 บาท

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด

² สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1

³ กรมการข้าว

ซึ่งเป็นผลรวมของการลดต้นทุนค่าปุ๋ยและเมล็ดพันธุ์ข้าว 547 และ 187 บาทต่อไร่ตามลำดับ หรือลดต้นทุนได้ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกษตรกรมีกำไรเพิ่มขึ้น 1,081 บาทต่อไร่ เนื่องจากผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 ผลจากการวิจัยในโครงการนี้ จึงทำให้ได้รูปแบบเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟาร์-ทู ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินและเมล็ดพันธุ์ข้าว 15 กิโลกรัม เพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าว 22.5 เปอร์เซ็นต์ 1 รูปแบบ

คำสำคัญ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ฟาร์-ทู การลดต้นทุนในการผลิตข้าว

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นแหล่งอาหารสำหรับการบริโภคของประชากรในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญที่ทำรายได้ให้กับประชาชนไทยติดต่อกันมาอย่างยาวนาน ในปี 2556/2557 มีเนื้อที่เพาะปลูกนาปี 62.1 ล้านไร่ ผลผลิต 27.1 ล้านตัน ข้าวเปลือก ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 436 กิโลกรัม การผลิตข้าวของไทยกำลังประสบปัญหาต้นทุนการผลิตสูง จนทำให้ไทยเสียตลาดข้าวส่วนใหญ่ให้ประเทศอินเดียและเวียดนาม ต้นทุนในการผลิตข้าวของไทยจากรายงานของศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้นำเสนอต้นทุนการผลิตข้าวนาปีและนาปรังซึ่งประกอบด้วยต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต ต้นทุนคงที่ได้แก่ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมืออุปกรณ์และรวมถึงค่าเช่าที่ดิน พบว่าต้นทุนการผลิตข้าวทั้งนาปีและนาปรัง ปีการผลิต 2554/2555 ได้ปรับตัวสูงขึ้นกว่าต้นทุนการผลิตข้าวในปีการผลิต 2553/2554 โดยต้นทุนนาปีเฉลี่ยทั้งประเทศได้เพิ่มจากไร่ละ 3,809 บาท มาเป็นไร่ละ 4,066 บาท หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.75 แต่หากพิจารณาเป็นต้นทุนต่อหน่วยผลผลิตพบว่าได้ปรับตัวเพิ่มจาก 9,359 บาทต่อตัน เป็น 10,399 บาทต่อตัน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.1 สำหรับองค์ประกอบของต้นทุนการผลิตข้าวนาปี ปีการผลิต 2554/2555 นั้นประกอบด้วยต้นทุนผันแปร 3,439 บาทต่อไร่หรือร้อยละ 84.6 และต้นทุนคงที่ 627 บาทต่อไร่ หรือร้อยละ 15.4 ในส่วนของนาปรัง มีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 4,806 บาทต่อไร่ ในปีการผลิต 2553/2554 มาเป็น 5,540 บาทต่อไร่ในปีการผลิต 2554/2555 หรือเปลี่ยนแปลงร้อยละ 15.3 แต่หากพิจารณาจากต้นทุนต่อหน่วย ผลผลิตพบว่ามีต้นทุนตันละ 8,219 บาท เพิ่มขึ้นจากปีการผลิต 2553/2554 ซึ่งมีต้นทุนตันละ 7,776 บาท หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.70 สำหรับองค์ประกอบของต้นทุนนาปรังปีการผลิต 2554/2555 นั้นประกอบด้วยต้นทุนผันแปร 4,611 บาทต่อไร่ หรือร้อยละ 83.2 และเป็นต้นทุนคงที่ 929 บาทต่อไร่หรือร้อยละ 16.8 ทั้งนี้ ต้นทุนการผลิตข้าวนาปรังต่อหน่วยเนื้อที่นั้นจะสูงกว่าต้นทุนการผลิตข้าวนาปีโดยเฉพาะต้นทุนผันแปรเพราะเกษตรกรจะต้องใช้ปุ๋ยและการดูแลรักษาการระบาดของโรคและแมลงมากกว่าการปลูกข้าวนาปี แต่ผลผลิตข้าวนาปรังโดยเฉลี่ยจะสูงกว่าผลผลิตข้าวนาปีเพราะข้าวนาปรังเป็นการปลูกข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงและส่วนมากปลูกในพื้นที่ๆ มีน้ำชลประทาน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ซึ่งหากปล่อยให้ต้นทุนการผลิตสูงอย่างต่อเนื่องแบบนี้ เมื่อราคาข้าวตกต่ำทำให้ชาวนาไทยมีผลกำไรลดลง ขณะที่ต้นทุนการผลิตไม่ได้ลดลง ดังนั้นการหาแนวทางในการลดต้นทุนในการปลูกข้าวของชาวนาให้ลดลง จึงเป็นเรื่องจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องมีการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีอื่นๆ มาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวในประเทศไทย

สภาพนิเวศของการปลูกข้าวโดยทั่วไปมีสภาพน้ำขัง มีอากาศน้อย ซึ่งสภาพดังกล่าวจุลินทรีย์ดินบางชนิดมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร ในปี 2000 ได้มีการวิจัยโดยทดลองใช้แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนหลายตระกูลใส่ให้แก่ข้าวพบว่าเชื้อแบคทีเรียเหล่านั้นช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตแก่ข้าวและทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น พบว่าเมื่อใส่เชื้อ *Burkholderia vietnamensis* ให้กับข้าวสามารถเพิ่มไนโตรเจนในข้าวจากกิจกรรมการ

ตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ร้อยละ 19 และการใส่เชื้อ *Herbaspirillum seropedicae* ให้กับข้าวในสภาพแปลง ทดลองช่วยเพิ่มความยาวของราก ความสูงของต้น และน้ำหนักเมล็ดข้าวได้ มีแบคทีเรียหลายชนิดที่พบว่าอาศัยอยู่ใน ดิน ราก และต้นข้าว (Mehnaz, 2001)

จนถึงปัจจุบันได้มีความสนใจศึกษาประโยชน์ของแบคทีเรียที่อาศัยบริเวณรอบๆรากข้าวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพบว่ามีศักยภาพในการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับข้าวได้ (Diem, 1978; Bashan and Levanony, 1990; Meunchang *et al.*, 2004) โดยประโยชน์ที่สำคัญของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ที่อาศัยอยู่รอบๆ รากข้าวเหล่านี้ คือ ตรึงไนโตรเจน (Boddey, 1995; Meunchang *et al.*, 2004) ผลิตฮอร์โมนพืช IAA (Meunchang *et al.*, 2004) ช่วยให้รากมีพื้นที่ผิวมากขึ้นซึ่งทำให้รากสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสายพันธุ์ที่คัดเลือกในท้องถิ่น มักให้ผลตอบสนองของผลผลิตได้ดีกว่าสายพันธุ์มาตรฐานทั่วไป (type strains) และตำรับไม่ใส่แบคทีเรีย (Jacoud, 1999) กลไกสำคัญที่แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวขึ้นเป็นผลมาจากสภาพในนาข้าวมีความเหมาะสมต่อการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพเป็นอย่างมาก ทำให้ข้าวได้รับไนโตรเจนจากกระบวนการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพ นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นผลมาจากกิจกรรมของแบคทีเรียที่สามารถสร้าง indole acetic acid (IAA) ซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากข้าวทำให้ความสามารถในการดูดธาตุอาหารอื่นๆเพิ่มขึ้น (Vessey, 2003)

อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัย เช่น สกูลและสายพันธุ์แบคทีเรีย ชนิดของพืช สมบัติดิน ประชากรจุลินทรีย์ที่ออกฤทธิ์ และเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปหลังการใส่ปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ จึงมักพบว่าผลการทดลองในสภาพปลอดเชื้อกับในธรรมชาติมีความแตกต่างกันมาก (Bashan and Levanony, 1988) การพัฒนาการผลิตปุ๋ยชีวภาพจึงต้องคำนึงถึงประเด็นเล็กๆน้อยๆอย่างรอบคอบ แม้กระทั่งสภาพอุณหภูมิเพื่อให้ประชากรแบคทีเรียที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยชีวภาพมีจำนวนมากอย่างยาวนาน (Heijnen *et al.*, 1992) และพบว่ามีสายพันธุ์เชื้อจำนวนมากที่มีประสิทธิภาพสูงแต่ไม่สามารถหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพเชิงพาณิชย์ได้ (Bashan and Holguin, 1997) ในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2538 ผลการทดลองในการผลิตพืชพบว่า การใช้แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระช่วยให้มีการสะสมไนโตรเจนในข้าวได้ประมาณร้อยละ 15 และเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยหมักช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 และ Meunchang *et al.*, (2004) ได้แยกเชื้อ *Azospirillum* sp. จากข้าวปลูกพันธุ์สุพรรณบุรี 50 และข้าวป่า พบว่ามีเชื้อ *Azospirillum* กระจายอยู่ในรากข้าวประมาณ 10^3 เซลล์ต่อกรัมรากสด การวิจัยและพัฒนาการผลิตปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้ดำเนินการในกรมวิชาการเกษตรจนเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายให้เกษตรกรทดลองแล้ว โดยใช้ในรูปแบบเชื้อผสมระหว่าง *Azospirillum brasilense*. TS29 และ *Burkholderia vietnamiensis* S45 ขนาดบรรจุ 500 กรัมต่อถุง อัตราการใช้ 1 ถุงต่อเมล็ดพันธุ์ข้าว 15 กิโลกรัมต่อไร่

ดังนั้นการทดสอบเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์-ทุ ในแปลงข้าวของเกษตรกรในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ของปุ๋ย มีผลต่อการลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าวในสภาพพื้นที่ต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเป็นแนวทางในการนำปุ๋ยชีวภาพข้าวที่กรมวิชาการเกษตรวิจัยพัฒนา (สมปองและคณะ 2553) ไปขยายผลให้เกษตรกรที่ผลิตข้าวลดต้นทุน ยกกระตือรือร้นขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดการค้าข้าวของชาวนาไทยตามนโยบายเร่งด่วนของรัฐบาลปัจจุบัน

วิธีดำเนินการ

วางแผนการทดลอง RCB จำนวน 2 กรรมวิธี 2 ซ้ำๆละ 1 ไร่ รวมทั้งสิ้นรายละ 4 ไร่ ดำเนินการในพื้นที่เกษตรกร จังหวัดเชียงราย 10 ราย ร้อยเอ็ด 10 ราย นนทบุรี 4 ราย สุพรรณบุรี 4 ราย และกาญจนบุรี 2 ราย ส่วนนาปี ชัยนาท 5 ราย และสุพรรณบุรี 5 ราย มี 2 กรรมวิธี คือ

1) วิธีทดสอบ (ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ร่วมกับปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และเมล็ดพันธุ์ข้าว 15 กิโลกรัมต่อไร่)

2) วิธีเกษตรกร (ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพ ใช้ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร (18-7-2 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่) และใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว 25 กิโลกรัมต่อไร่) ข้อมูลเฉลี่ย ได้จากผลการสำรวจเกษตรกรในพื้นที่ก่อนการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการปลูกข้าวประกอบการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ พอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่สกัดได้ และปฏิกิริยากรด-ด่างของดิน

2. การเก็บข้อมูลข้าวในแปลงทดลอง

2.1 ผลผลิตข้าว เก็บข้อมูลจากพื้นที่เก็บเกี่ยว 2x5 ตารางเมตร ซ้ำละ 5 จุด หาข้อมูล ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ความชื้น 14% และ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (จำนวนเมล็ดดี/(จำนวนเมล็ดดี+จำนวนเมล็ดลีบ)) x100

2.2 ลักษณะข้อมูลทางการเกษตร ได้แก่ น้ำหนักต้นแห้งต่อพื้นที่ (ซึ่งน้ำหนักต้นแห้งทั้งหมดต่อพื้นที่)

2.3 การดูใช้ ไนโตรเจน พอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปสะสม ในฟางและเมล็ดข้าว โดยวิธีของ Cottenie (1980).

2.4 คำนวณ fertilizer use efficiency (FUE) ของข้าว เพื่อประเมินประสิทธิภาพการ ใช้ปุ๋ยของข้าวในแต่ละกรรมวิธี จากปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวต่อปริมาณปุ๋ยที่ใส่ โดยมีหน่วยเป็น กิโลกรัมผลผลิต เมล็ดต่อกิโลกรัม ไนโตรเจน พอสเฟต และโพแทช (Shedeed *et al.*, 2009.)

2.5 วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์โดยคำนวณ ต้นทุน กำไร ต่อหน่วยผลผลิต เป็นกิโลกรัม และอัตราส่วนกำไรต่อต้นทุนรวม (Benefit cost ratio, BCR) คือ รายได้หารด้วยต้นทุนรวม โดยมีหลักเกณฑ์การตัดสินใจที่แสดงว่า กรรมวิธีทดสอบมีความเหมาะสมและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจคือ กรรมวิธีที่มีค่า BCR เท่ากับหนึ่งหรือมีค่ามากกว่าหนึ่ง

2.6 วิเคราะห์หาความแตกต่างค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร โดยใช้ Paired t-test

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองในฤดูนาปรังและนาปีเฉลี่ย ทั้ง 5 จังหวัด (เชียงราย ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และ ร้อยเอ็ด) รวม 60 แปลง ในปี 2558

1. น้ำหนักฟางข้าว

ผลการทดลองในฤดูนาปรังและนาปีเฉลี่ย ทั้ง 5 จังหวัด (เชียงราย ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และร้อยเอ็ด) รวม 60 แปลง พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธีทดสอบมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี 80.0 ขณะที่วิธีเกษตรกรมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี 79.0 ในทำนองเดียวกันน้ำหนักฟางของทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งวิธีทดสอบให้น้ำหนักฟางแห้ง 1,057 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีเกษตรกรมีน้ำหนักฟางแห้ง 1,012 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2)

2. การดูที่ใช้ธาตุอาหารไปสะสมในส่วนต่างๆของข้าว

- ฟางข้าว

ผลการวิเคราะห์การดูที่ใช้ธาตุอาหารในฟางข้าวในฤดูนาปรังและฤดูนาปี เฉลี่ยทั้ง 5 จังหวัดในปี พ.ศ. 2558 พบว่าการดูดีถึงไนโตรเจนในฟางข้าว ของวิธีทดสอบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีเกษตรกร (ตารางที่ 1) การดูดีถึงฟอสฟอรัสไปสะสมในฟางข้าวพบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างวิธีทดสอบกับวิธีเกษตรกร ซึ่งวิธีทดสอบและวิธีเกษตรกรมีการดูใช้ฟอสฟอรัสไปสะสมในฟางข้าว 1.0 และ 1.0 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนผลการวิเคราะห์การดูใช้โพแทสเซียมไปสะสมในฟางข้าว พบว่าวิธีทดสอบมีการดูใช้โพแทสเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีการดูใช้โพแทสเซียมไปสะสมในฟางข้าว 12.9 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีเกษตรกรมีการดูใช้โพแทสเซียมไปสะสมในฟางข้าว 11.7 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งวิธีทดสอบทำให้มีการสะสมโพแทสเซียมในฟางข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.3 (ตารางที่ 1)

- เมล็ดข้าว

การดูใช้ธาตุอาหารในเมล็ดข้าวไปสะสมในฤดูนาปรังและฤดูนาปีเฉลี่ยทั้ง 5 จังหวัดในปี พ.ศ. 2558 พบว่าการดูใช้ในโตรเจนและฟอสฟอรัสไปสะสมในเมล็ดข้าว ของวิธีทดสอบไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีการดูใช้ในโตรเจน 5.6 กิโลกรัมต่อไร่ และฟอสฟอรัส 0.2 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 1) ส่วนวิธีเกษตรกรมีการดูใช้ในโตรเจน 5.4 กิโลกรัมต่อไร่ และฟอสฟอรัส 1.1 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพบว่าวิธีทดสอบมีการดูใช้ในโตรเจนไปสะสมในเมล็ดข้าวสูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 3.5 และ 3.3 ตามลำดับ สำหรับการดูใช้โพแทสเซียมไปสะสมในเมล็ดข้าว พบว่าวิธีทดสอบมีการดูใช้โพแทสเซียมในเมล็ดข้าวสูงแตกต่างจากวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีการดูดีถึงโพแทสเซียมในเมล็ดข้าว 3.1 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีเกษตรกรมีการดูดีถึงโพแทสเซียมในเมล็ดข้าว 2.8 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีทดสอบมีการดูดีถึงโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวสูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 8.4 (ตารางที่ 1)

- ฟางและเมล็ดข้าว

ผลการวิเคราะห์การดูใช้ธาตุอาหารไปสะสมในฟางรวมกับเมล็ดข้าวในฤดูนาปรังและฤดูนาปีเฉลี่ยทั้ง 5 จังหวัดในปี พ.ศ. 2558 พบว่าการดูใช้ในโตรเจน และฟอสฟอรัสไปสะสมในฟางและเมล็ดข้าวของวิธีทดสอบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีเกษตรกร (ตารางที่ 1) โดยวิธีทดสอบมีการดูใช้ในโตรเจน 10.8 กิโลกรัมต่อไร่

ขณะที่วิธีเกษตรกรการดูใช้ในโตรเจน 10.7 กิโลกรัม ส่วนฟอสฟอรัสในฟางและเมล็ดข้าววิธีทดสอบดูใช้ได้ 2.2 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีเกษตรกรดูใช้ฟอสฟอรัสไปสะสมในฟางและเมล็ดข้าว 2.1 กิโลกรัมต่อไร่ การดูใช้โพแทสเซียมไปสะสมในฟางและเมล็ดข้าว พบว่าวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีการดูใช้โพแทสเซียมไปสะสมในฟางและเมล็ดข้าว 16 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีเกษตรกรมีการดูใช้โพแทสเซียมในฟางและเมล็ดข้าว 14.5 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งวิธีทดสอบข้าวดูใช้โพแทสเซียมไปสะสมในฟางและเมล็ดข้าวสูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 9.4 (ตารางที่ 1)

3. ผลผลิตข้าว

ผลการปลูกข้าวในจังหวัดเชียงราย ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และร้อยเอ็ด เฉลี่ย 60 แปลง ทั้งฤดูนาปรังและนาปี พบว่า วิธีทดสอบมีผลผลิตข้าวสูงกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีเกษตรกร ซึ่งวิธีทดสอบมีค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าว 575 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนวิธีเกษตรกรมีค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าว 540 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งวิธีทดสอบมีค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวสูงกว่าวิธีเกษตรกร 34 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.00 (ตารางที่ 2)

- ต้นทุน

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนพบว่าต้นทุนเฉลี่ยในการผลิตข้าวทั้ง 5 จังหวัด ทั้งฤดูนาปรังและนาปี พบว่าในวิธีทดสอบมีต้นทุนต่ำกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีต้นทุน 2,660 บาทต่อไร่ หรือ 4.64 บาทต่อกิโลกรัม และวิธีเกษตรกรมีต้นทุนเฉลี่ย 3,431 บาทต่อไร่ หรือ 6.36 บาทต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเมล็ดพันธุ์และค่าปุ๋ยเคมีของของวิธีทดสอบมีค่าต่ำกว่าวิธีเกษตรกร และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยวิธีทดสอบมีค่าเมล็ดพันธุ์และค่าปุ๋ยเคมี 304 และ 311 บาทต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับวิธีของเกษตรกรมีค่าเมล็ดพันธุ์และค่าปุ๋ยเคมี 491 และ 859 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ค่าเมล็ดพันธุ์และค่าปุ๋ยเคมีของวิธีทดสอบมีค่าต่ำกว่าวิธีเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 38 และ 63 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

- กำไร

ผลการวิเคราะห์กำไรเฉลี่ยในการผลิตข้าวทั้ง 5 จังหวัด เฉลี่ย 60 แปลง ทั้งฤดูนาปรังและนาปี พบว่าวิธีทดสอบมีกำไรสูงกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร วิธีทดสอบและวิธีเกษตรกร มีกำไรเฉลี่ย 2,700 และ 1,618 บาทต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

- สัดส่วนรายได้ต่อต้นทุน (BCR)

สัดส่วนรายได้ต่อต้นทุนเฉลี่ย ทั้ง 5 จังหวัด เฉลี่ย 60 แปลง ทั้งฤดูนาปรังและนาปี พบว่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนรวม วิธีทดสอบให้ผลตอบแทนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร ซึ่งมีค่าความแตกต่าง 0.54 (ตารางที่ 2)

4. ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของข้าว

- ฤดูนาปรัง

จังหวัดเชียงรายประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย 64.5 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ขณะที่วิธีเกษตรกรมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย 37.7 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม

ไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชซึ่งวิธีทดสอบทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 41.5 (ตารางที่ 26) ส่วนประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในจังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี พบว่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย 52.02 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ขณะที่วิธีเกษตรกรมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย 20.87 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชซึ่งวิธีทดสอบทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 59.9 ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในจังหวัดร้อยเอ็ด พบว่าประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย 63.7 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ขณะที่วิธีเกษตรกรมีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย 20.6 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชซึ่งวิธีทดสอบทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 67.7

ตารางที่ 1 ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินและเมล็ดพันธุ์ข้าวอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อการดูแลใช้ธาตุอาหารไปสะสมในส่วนต่างๆของข้าว เฉลี่ย 60 แปลง ในฤดูนาปรังและนาปี ปี 2558 ของจังหวัดเชียงราย ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และร้อยเอ็ด

ธาตุ (กก./ไร่)	ฟาง			เมล็ดข้าว			ฟาง+เมล็ดข้าว		
	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	T- test	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	T- test	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	T- test
ไนโตรเจน	5.18	5.24	-0.39ns	5.61	5.44	1.29ns	10.78	10.69	0.42ns
ฟอสฟอรัส	1.01	1.00	0.18 ns	1.18	1.14	1.33 ns	2.18	2.14	0.91ns
โพแทสเซียม	12.85	11.66	2.79**	3.08	2.82	2.73**	15.93	14.48	3.33**

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

ตารางที่ 2 ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และเมล็ดพันธุ์ข้าวอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ต่อต้นทุนการผลิตข้าวในแปลงเกษตรกรในจังหวัดเชียงราย ร้อยเอ็ด ชัยนาท และสุพรรณบุรี จำนวน 60 ราย ในฤดูนาปรังและนาปี ปี 2558

รายละเอียด	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	ผลต่าง	T-Test
1. เมล็ดดี/รวง (เปอร์เซ็นต์)	79.92	79.22	0.70	1.61 ^{ns}
2. น้ำหนักแห้งฟางข้าว (กิโลกรัม/ไร่)	1,057.39	1,012.91	44.48	1.69*
3. ผลผลิตความชื้น 14 % (กิโลกรัม/ไร่)	573.35	539.74	33.61	2.29*
4. ต้นทุน (บาท/ไร่)	2,660.14	3,431.22	-771.08	-8.71**
(บาท/กิโลกรัม)	4.64	6.36	-1.72	-9.81**
4.1 ค่าจ้างแรงงาน (บาท/ไร่)	1,610.49	1,610.49	0.00	
- ค่าจ้างเตรียมดิน	681.53	681.53	0.00	
- ค่าจ้างปลูก	99.55	99.55	0.00	
- ค่าจ้างหว่านปุ๋ย	118.88	118.88	0.00	
- ค่าจ้างพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช	79.81	79.81	0.00	
- ค่าจ้างพ่นสารเคมีกำจัดโรคแมลง	49.56	49.56	0.00	
- ค่าจ้างเก็บเกี่ยว	518.67	518.67	0.00	
- ค่าขนส่งข้าวไปขาย	62.48	62.48	0.00	
4.2 ค่าวัสดุ (บาท/ไร่)	1,093.19	1,864.26	-771.08	10.10**
- ค่าเมล็ดพันธุ์	303.63	490.93	-187.29	-9.62**
- ค่าปุ๋ยเคมี	311.10	858.67	-547.58	-8.18**
- ค่าสารเคมีกำจัดวัชพืช	184.56	184.56	0.00	
- ค่าสารป้องกันกำจัดศัตรูข้าว	45.01	65.09	-20.08	
- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (สูบน้ำ)	248.89	265.02	-16.13	
5. รายได้ (บาท/ไร่)	5,359.83	5,049.38	310.45	2.89**
ราคาขายได้ (บาท/กิโลกรัม)	9.32	9.32	0.00	
6. กำไร (บาท/ไร่)	2,699.69	1,618.16	1,081.53	11.43**
7. BCR (รายได้/ต้นทุน)	2.01	1.47	0.54	8.76**

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

- ฤดูนาปี

จังหวัดเชียงรายประสิทธิภาพการใช้น้ำวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 59.7 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัมปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ขณะที่วิธีเกษตรกรมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 38.2 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ซึ่งวิธีทดสอบทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้นสูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 36.0 (ตารางที่ 3) ส่วนประสิทธิภาพการใช้น้ำในจังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี และกาญจนบุรีพบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 102.1 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ขณะที่วิธีเกษตรกรมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 47.1 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชซึ่งวิธีทดสอบทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 53.9 ประสิทธิภาพการใช้น้ำในจังหวัดร้อยเอ็ด พบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 39.2 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ขณะที่วิธีเกษตรกรมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 12.9 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชซึ่งวิธีทดสอบทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 67.3 (ตารางที่ 3)

- ฤดูนาปรังและนาปี

ประสิทธิภาพการใช้น้ำเฉลี่ยในปี 2558 ทั้งฤดูปรังและนาปี ในจังหวัดเชียงราย ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และร้อยเอ็ด พบว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำวิธีทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีเกษตรกร โดยวิธีทดสอบมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 63.6 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัมปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทช ขณะที่วิธีเกษตรกรมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 29.3 กิโลกรัมผลผลิตเมล็ดต่อกิโลกรัม ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชซึ่งวิธีทดสอบทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 53.9 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และเมล็ดพันธุ์ข้าวอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตข้าวในแปลงเกษตรกร จังหวัดเชียงราย ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และร้อยเอ็ด เฉลี่ย 60 แปลง ทั้งฤดูนาปรังและนาปี ปี 2558

ฤดูปลูก	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กิโลกรัมผลผลิต/กิโลกรัมปุ๋ย)		T-test
	วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	
นาปรัง			
เชียงราย	64.50	37.76	2.18**
ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี	52.02	20.89	4.25**
ร้อยเอ็ด	63.71	20.61	8.28**
นาปี			
เชียงราย	59.70	38.24	2.06**
ชัยนาท สุพรรณบุรี กาญจนบุรี	102.12	47.06	3.76 **
ร้อยเอ็ด	39.21	12.87	8.44**
รวมเฉลี่ย นาปี-นาปรัง	63.55	29.28	8.41**

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในการปลูกข้าวนาปรัง ปี 2558 เมื่อเปรียบเทียบวิธีทดสอบซึ่งลดการใช้ปุ๋ยเคมี ร้อยละ 25 ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู 500 กรัม คลุกกับเมล็ดพันธุ์ ข้าว 15 กิโลกรัมไร่ต่อแล้วหว่าน เปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกร ซึ่งใช้ปุ๋ยแบบวิธีเกษตรกรและใช้เมล็ดพันธุ์ 25 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ใช้ปุ๋ยฟิซีฟิอาร์-ทู จะเห็นว่า น้ำหนักฟางข้าว ผลผลิตเมล็ดข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูนาปรังและนาปี วิธีทดสอบให้น้ำหนักฟางข้าวและผลผลิตเมล็ดข้าวสูงกว่าวิธีเกษตรกรอย่างชัดเจน ซึ่งค่าเฉลี่ย การทดลองฤดูนาปรังและนาปี 60 แปลง พบว่า วิธีทดสอบให้น้ำหนักแห้งฟางเฉลี่ย 934 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่วิธีเกษตรกร มีน้ำหนักแห้งฟางเฉลี่ย 881 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ วิธีทดสอบให้ผลผลิตเฉลี่ย 573 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่วิธีเกษตรกรให้ผลผลิต 540 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนทั้งฟางข้าวและผลผลิตเมล็ดข้าวความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ชี้ให้เห็นว่าผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ช่วยทำให้น้ำหนักแห้งฟางข้าวและผลผลิตเมล็ดข้าวความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจน แม้มีการใช้เมล็ดพันธุ์ลดลงเหลือ 15 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยผลวิเคราะห์การ

ดูการใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปสะสมในฟางและเมล็ดข้าว 60 แปลง ทั้งฤดูนาปรัง และนาปี ปี 2558 ทั้ง 5 จังหวัด จะเห็นว่า การใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของข้าวสูงกว่าวิธีทดสอบ ส่วน โพแทสเซียม วิธีทดสอบข้าวมีการดูใช้โพแทสเซียมสูงกว่าวิธีเกษตรกรอย่างชัดเจน ซึ่งให้เห็นว่าศักยภาพของ ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ข้าว ซึ่งช่วยให้ข้าวได้รับธาตุอาหารโดยเฉพาะโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งที่ได้รับ ปุ๋ยน้อยกว่าวิธีเกษตรกรและลดอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินร้อยละ 25 เมื่อผลผลิตเมล็ดเพิ่มสูงกว่าวิธี เกษตรกร ในขณะที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีและใช้เมล็ดพันธุ์น้อยกว่า จึงมีผลให้ต้นทุนการผลิตในส่วน of ค่าปุ๋ยและค่า เมล็ดพันธุ์แตกต่างจากวิธีเกษตรกรอย่างชัดเจน ซึ่งค่าเฉลี่ยต้นทุน มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 771 บาทต่อไร่ เกษตรกรมีกำไรให้เพิ่มขึ้นจากวิธีเกษตรกรเฉลี่ย 1,081 บาท ซึ่งผลจากเกษตรกรมีรายได้ต่อต้นทุนเพิ่มขึ้นจาก วิธีเกษตรกร 1.47 เป็น 2.01 หรือ เพิ่มขึ้น 0.54

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

- 1 ได้ชุดเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกซ์ข้าว-ทุ ร่วมกับปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว 15 กิโลกรัมต่อไร่ 1 ชุด สำหรับลดต้นทุนการผลิตข้าว
2. แนวทางการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และกรมวิชาการเกษตร เป็น แกนหลักในการนำเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มีความเข้าใจ ในผลงานวิจัยและนำไปขยายผลสู่เกษตรกร ทั้งใน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ วิธีการใช้ ผสมผสานกับ ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการลดปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ โดยควรเน้นการถ่ายทอดให้ศูนย์ข้าวชุมชน โดยผ่านหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตรและกรมการข้าวในพื้นที่ และกรมส่งเสริมการเกษตร เป็นผู้จัดการ การขยายผลงานสู่เกษตรกร

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2552. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. จัดพิมพ์โดยกลุ่มวิจัย ปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 122 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2555. จัดพิมพ์โดยสำนักงาน เศรษฐกิจ การเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 199 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. จัดพิมพ์โดยสำนักงาน เศรษฐกิจ การเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 240 หน้า.
- Bashan, Y, and H. Levany. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Can. J. Microbiol. 36, 591-608.
- Bashan, Y, and H. Levany. 1988. Adsorption of the rhizosphere bacterium *Azospirillum brasilense* Cd to soil, sand and peat particles. J.Gen. Microbiol. 134: 1811-1820
- Bashan, Y, and G. Holguin. 1997. *Azospirillum*-plant relationship: Environmental and physiological advances. Can. J. Microbiol. 43:103-121.

- Boddey, R.M. 1995. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: contributions and prospects for improvement. *Plant Soil* 174, 195-209.
- Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basic of fertilizer recommendation. F.A.O. *Soil Bull.*, 3821.
- Diem, G. 1978. Colonization of rice roots by diazotroph bacteria. In *Environmental role of nitrogen-fixing blue-green algae and asymbiotic bacteria*. Edited by U.Granhall. *Ecol. Bull. (Stockholm)* 26, 305-311.
- Fages, J. 1992. An industrial view of *Azospirillum* inoculation : formulation and application technology. *Symbiosis* 13: 15-26.
- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41:109-117.
- Heijnen, C.E., Hok-A-Hin, C.H. and van Veen, J.A. 1992. Improvements to the use of bentonite Clay as a protective agent, increasing survival levels of bacteria introduced into soil. *Soil Biol.Biochem.* 24:533-538.
- Jacoud. C. 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. *Can. J. Microbiol.* 45, 339-342.
- Kloepper, J.W. 1994. Plant growth promoting rhizobacteria (other systems). P.135-166. In: *Azospirillum/Plant Associations*.(Ed.) Y.Okon, Boca Taton Ann Arbor London,Tokyo.
- Mehnaz, S. 2001. Isolation and 16S rRNA sequence analysis of the beneficial bacteria from the rhizosphere of rice. *Can. J. Microbiol.* 47, 110-117.
- 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.
- Shedeed, I. Z, Sahar., Yassen A., 2009. Effect of method and rate of fertilizer application under drip irrigation on yield and nutrient Uptake by tomato. *Egypt. J. Appl. Sci.*, 2(2) : 139-147.
- Vessey K.L. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil.* 255:571-586.

ผลของไบโอชาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ดินร่วนปนทรายและดินเหนียวในสภาพโรงเรือน

Effect of Biochar on Soil Fertility Change on a Sand to a Sandy Loam Soil and a Clay Soil in a Greenhouse

ชัชชนพร เกื้อหนู¹ พีระพงษ์ เชาวนพงษ์¹ ปัญญาพร เลิศรัตน์
สายน้ำ อุดพั่ว¹ รมิดา ชันตรีกรม¹

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

เพื่อเพิ่มศักยภาพของดินให้มีการหมุนเวียนของธาตุอาหารเหมาะสมต่อการเพาะปลูก จึงให้ความสำคัญในไบโอชาร์ที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงดิน ดังนั้นทำการศึกษาผลของไบโอชาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ดินร่วนปนทรายและดินเหนียวในสภาพโรงเรือน ที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชทดสอบ ใช้แผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in RCB มี 4 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 เป็นดิน 2 ชนิด คือ 1) ดินเหนียว (Clay-CI) 2) ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam-SL) ปัจจัยที่ 2 ไบโอชาร์ 5 ระดับ คือ 0 16 32 48 และ 64 กรัมต่อดิน 10 กิโลกรัม โดยทุกตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟตและโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน ผลการทดลองพบว่า ดินเหนียวให้ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์และการดูดใช้ธาตุอาหารทั้งหมดในต่อช่วงสูงและเมื่อปรับปรุงดินเหนียวด้วยไบโอชาร์มีแนวโน้มให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักรวมต่อช่วงเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าดินร่วนปนทรายที่ใส่ไบโอชาร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่า นอกจากนี้ การใส่ไบโอชาร์ปรับปรุงดินมีผลทำให้ปริมาณการสะสมของไนเตรทในดินเหนียวและดินร่วนปนทรายเพิ่มสูงกว่าดินที่ไม่ใส่ไบโอชาร์เลย

คำหลัก: ไบโอชาร์ ดินเหนียว ดินร่วนปนทราย ไพรโรไลซิส เหน้้ำมันสำปะหลัง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ศักยภาพการผลิต ความอุดมสมบูรณ์ดิน วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

คำนำ

ดินเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัยด้านอาหาร เศรษฐกิจและสภาพแวดล้อมโลก คุณภาพดินส่วนใหญ่มีกบ่งชี้ถึงปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งในดิน ซึ่งเป็นแหล่งหมุนเวียนธาตุอาหารพืชที่สำคัญ แต่การทำการเกษตรที่ไม่เหมาะสม กระตุ้นให้ดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ลงอย่างรวดเร็ว กอปรกับประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ดิน จึงเป็นปัจจัยส่งเสริมและเร่งให้อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ การจะรักษาอินทรีย์วัตถุให้อยู่ในระดับที่เพียงพอและมีการหมุนเวียนธาตุอาหารในดินอย่างยั่งยืน จึงนับเป็นเรื่องยากในการจัดการดินภายใต้สภาวะเช่นนี้ เพราะในที่สุดจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตและความสามารถในการผลิตพืชในเชิงปริมาณมีรายได้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ไบโอชาร์เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่มีความสนใจเพื่อปรับปรุงดินทางการเกษตร ได้จากการนำของเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรม มาแยกสลายด้วยความร้อน จะได้วัสดุที่มีความคงทนต่อการย่อยสลาย จึงกักเก็บคาร์บอนในดินได้ยาวนานเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอินทรีย์อื่นๆ นอกจากนี้แล้ว ยังมีสมบัติที่มีความพรุนสูงจึงทำให้พื้นที่ผิวมาก การถูกออกซิไดซ์ได้สูงฟุ้งขึ้นเป็นองค์ประกอบ จึงสามารถดูดซับธาตุอาหารไว้ในดินและเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารแก่พืชยิ่งขึ้น เมื่อปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์จึงส่งผลให้ศักยภาพการผลิตของดินเหมาะสมต่อการเพาะปลูก

เนื่องจากปุ๋ยเคมีราคาแพง การจัดการธาตุอาหารพืชที่มีประสิทธิภาพนอกจากลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงแล้ว จำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตพืชไปพร้อมๆกัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการวิจัยให้ได้ข้อมูลการใช้ไบโอชาร์ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงดินที่แตกต่างกัน สำหรับนำไปใช้ในการจัดการดินอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการ

การเตรียมไบโอชาร์

ไบโอชาร์ผลิตจากเห้งน้ำมันสำปะหลังโดยผ่านกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนอย่างรวดเร็ว (fast pyrolysis) ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาบดละเอียดเพื่อวิเคราะห์หาพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด และ อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Micro-Kjeldahl method (AOAC, 1990) ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่วัดด้วยกรดผสมของกรดเปอร์คลอริกและกรดไนตริก แล้ววิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี Vanadomolybdate และ Flame Spectrophotometer (AOAC, 1990) ตามลำดับ

การทดลองในสภาพโรงเรือน

การทดลองในสภาพโรงเรือนกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระยะ 1 ปี (ตุลาคม 2556-กันยายน 2557) ใช้แผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in RCB มี 4 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 เนื้อดิน 2 ชนิด คือ 1) ดินเหนียว (Clay soil-CL) 2) ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam soil-SL) ปัจจัยที่ 2 ไบโอชาร์ 5 ระดับ คือ 0 16 32 48 และ 64 กรัมต่อดิน 10 กิโลกรัม นำดินเหนียวชุดดินวังสะพุงและดินร่วนปนทรายชุดดินจันทึก เก็บที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมา ใส่กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบน 30 เซนติเมตร อัตรา 10 กิโลกรัม ผสมดินก่อนปลูกด้วยไบโอชาร์อัตราต่างๆที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินของดินเหนียว อัตรา 15-10-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ คิดเป็นปริมาณปุ๋ยที่ใส่คือ 1.05-0.70-0.27 กรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อดิน 10 กิโลกรัม ส่วนดินร่วนปนทราย อัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ คิดเป็นปริมาณปุ๋ยที่ใส่เท่ากับ 0.35-0.70-0.27 กรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อดิน 10 กิโลกรัม ปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง โดยปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่สองครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก ส่วนที่เหลือใส่หลังปลูก 25 วัน ในรูปยูเรีย ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมใส่ครั้งเดียวพร้อมปลูกในรูปทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 70 วัน เก็บตัวอย่างต้นส่วนเหนือดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณการดูดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม เก็บตัวอย่างดินทุกกระถางวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (1:5) อินทรีย์วัตถุด้วยวิธี Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สกัดด้วย Bray II และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี colorimetric (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ด้วย ammonium acetate pH 7.0 วิเคราะห์ปริมาณโดย Atomic Absorption Spectrophotometer (Pratt, 1965) ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตโดยวิธี semi-micro Kjeldahl (Bremner, 1996) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) โดยวิธีของจำป็น (2547) การอิมมูโนดอต และปริมาณต่างๆที่แลกเปลี่ยนได้ บันทึกข้อมูลสมบัติของไบโอชาร์ การเจริญเติบโต ผลผลิตน้ำหนักแห้งข้าวโพด ปริมาณและการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินและเคมีดินหลังปลูก

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติของไบโอชาร์

ไบโอชาร์ที่ได้จากเห้งน้ำมันสำปะหลังมีปฏิกิริยาเป็นกลาง (pH 6.6) ค่าการนำไฟฟ้าสูง ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน เท่ากับ 77.9 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด 0.64, 0.23 และ 1.26 เปอร์เซ็นต์ N, P และ K ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติของไบโอชาร์ที่ได้จากเหง้ำมันสำปะหลัง

pH	EC (dS/m)	OM (%)	C/N	TN (%)	TP (%)	TK (%)
6.6	2.17	86.21	77.9	0.64	0.23	1.26

2. สมบัติของดินก่อนการทดลอง

จากตารางที่ 2 ดินเหนียวมีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5) ค่าการนำไฟฟ้าของดินต่ำ อินทรีย์วัตถุในดินปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก โซเดียมและแคลเซียมสูง แมกนีเซียมปานกลาง ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทไนโตรเจนเท่ากับ 0.19 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินสูงมีค่า 24 cmolkg⁻¹ และการอิ่มตัวด้วยด่างปานกลาง (57 เปอร์เซ็นต์)

ส่วนดินร่วนปนทรายมีปฏิกิริยาเป็นด่างอ่อน (pH 7.5) ค่าการนำไฟฟ้าของดินและอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลาง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก โซเดียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง แมกนีเซียมปานกลาง ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่ำเพียง 0.07 มิลลิกรัม NH₄⁺ ต่อกิโลกรัม และ 0.01 มิลลิกรัม NO₃⁻ ต่อกิโลกรัม ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ของดินต่ำ (10 cmolkg⁻¹) แต่การอิ่มตัวด้วยด่างมีปริมาณสูงมาก (155 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 2 สมบัติของดินก่อนปลูก ปี 2557

Textures	pH	EC (dS/m)	OM (%)	NH ₄ ⁺ (mg/kg)	NO ₃ ⁻ (mg/kg)	CEC (cmol /kg)	BS (%)	P (-----mg/kg-----)	K	Na	Ca	Mg
Cl	6.5	0.04	2.00	0.19	0.19	24	57	5.4	507	393	1,500	245
SL	7.5	0.03	1.52	0.07	0.01	10	155	21.8	154	369	2,000	132

3. การเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพด

หากผลิตข้าวโพดในดินเหนียวพบว่า ข้าวโพดมีความสูงต้นสูงสุดเมื่อใส่ไบโอชาร์อัตรา 48 กรัมต่อดิน 10 กิโลกรัม อาจเป็นเพราะการปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ซึ่งเป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก ดูดซับธาตุอาหารไว้ในดินแล้วปลดปล่อยให้พืชอย่างช้าๆ กอปรกับการใส่ไบโอชาร์อัตราดังกล่าวให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าอัตราอื่นๆ (ภาพที่ 1 และ 2) ในขณะที่ดินร่วนปนทรายให้ความสูงของต้นข้าวโพดและน้ำหนักแห้งต่อซังที่ได้รับการใส่และไม่ใส่ไบโอชาร์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบดินทั้งสอง จะเห็นได้ว่า การผลิตข้าวโพดในดินเหนียวให้ความสูงของต้นและน้ำหนักแห้งต่อซังมากกว่าในดินร่วนปนทราย จาก 43.5 ถึง 83.8 เซนติเมตร และ 42.0 ถึง 80.5 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ผลที่ได้สอดคล้องกับที่พบในการศึกษาอื่นๆ (อิสริยาภรณ์ และคณะ, 2554; Chan *et al.*, 2007)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความสูงและน้ำหนักแห้งต่อซังของต้นข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว ปี 2557

BC rates (g/10 kg soil)	Height (cm)			Dry weight (g/plant)		
	Cl ^{1/}	SL ^{1/}	Difference ^{2/}	Cl ^{1/}	SL ^{1/}	Difference ^{2/}
0	191.5b	148.0	43.5**	88.7b	46.4	42.3**
16	200.5ab	139.0	61.5**	102.2b	49.8	52.4**
32	198.3ab	137.5	60.8**	89.1b	43.6	45.5**
48	218.3a	134.5	83.8**	124.5a	44.1	80.5**
64	187.5b	135.3	52.3**	90.5b	48.5	42.0**

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละเนื้อดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ^{2/} ** แตกต่างกันโดยเทียบกับ LSD 0.01

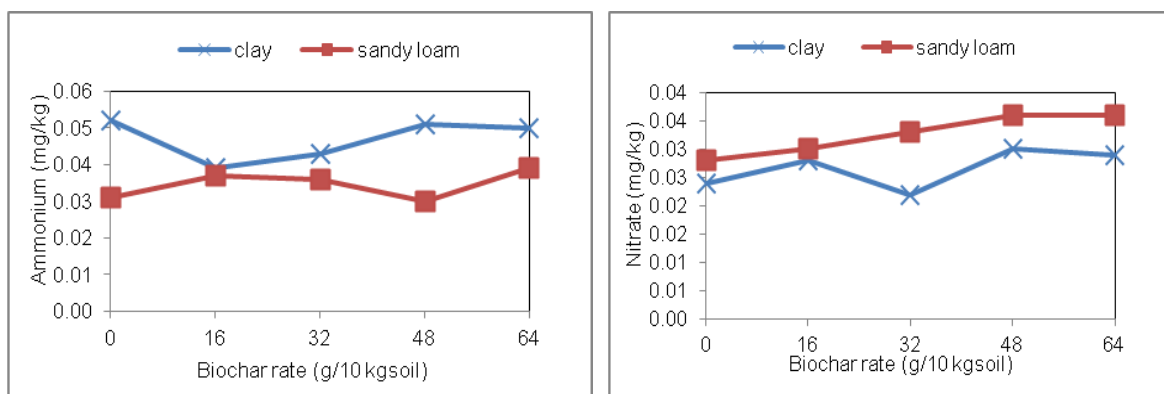
4. ปริมาณและการดูดใช้ธาตุอาหารของต้นข้าวโพด

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุอาหารในตอซึ่งไม่พบว่ามีการสะสมที่ผิดปกติระหว่างเนื้อดินกับอัตราของไบโอชาร์ และไม่มีมีความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีไบโอชาร์ที่ศึกษา แต่ขึ้นอยู่กับชนิดของดินเป็นสำคัญ (ตารางที่ 4) ถึงแม้ว่าดินร่วนปนทรายให้การสะสมของไนโตรเจนในตอซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับดินเหนียว ส่วนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สะสมมีปริมาณสูงกว่าดินเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในตอซึ่งข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวมีค่าสูงกว่าและแตกต่างกับดินร่วนปนทรายอย่างเด่นชัด อาจเป็นเพราะว่าดินเหนียวดูดยึดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์เอาไว้แล้วปลดปล่อยให้พืชนำไปใช้ประโยชน์อย่างช้าๆเมื่อเปรียบเทียบกับดินร่วนปนทราย

5. ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-)

เมื่อปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์มีผลทำให้ปริมาณของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นตามอัตราของไบโอชาร์ที่เพิ่มขึ้นในดิน แต่หากใส่มากเกินไปจะลดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนต่อพืชเพราะสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนของดินสูง ในกรณีของแอมโมเนียมไนโตรเจนพบมีปริมาณสูงสุดในดินเหนียวที่อัตราไบโอชาร์ 48 กรัมต่อดิน 10 กิโลกรัม (0.052 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างกับการไม่ใส่ไบโอชาร์เลย (ภาพที่ 1) อาจเป็นเพราะผลของกระบวนการแอมโมนิฟิเคชันที่เปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยเป็นแอมโมเนียมสะสมในดิน ในขณะที่ดินร่วนปนทรายที่ปรับปรุงด้วยไบโอชาร์มีการสะสมของแอมโมเนียมต่ำกว่า ซึ่งหากใช้ดินดังกล่าวนี้ปลูกข้าวโพดจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับน้ำหนักแห้งตอซึ่งของข้าวโพด ดังแสดงในตารางที่ 3

อย่างไรก็ตาม ดินร่วนปนทรายมีแนวโน้มสะสมไนเตรทมากกว่าดินเหนียวและปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามอัตราของไบโอชาร์ แต่หากใส่เกินกว่าระดับ 48 กรัมต่อดิน 10 กิโลกรัม ไม่ทำให้ปริมาณของไนเตรทในดินเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด ส่วนดินเหนียวแม้จะสะสมไนเตรทต่ำกว่าแต่ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน อาจเป็นไปได้ว่าดินเหนียวก็เก็บความชื้นมากกว่าจึงส่งเสริมการระเหยของไนโตรเจน หรืออีกเหตุผลที่เป็นไปได้ไบโอชาร์ดูดยึดแอมโมเนียมเอาไว้ จึงลดอัตราการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน ผลการทดลองยังพบว่า หากไม่มีการปรับปรุงดินเลยจะส่งผลให้ดินทั้งสองมีปริมาณของไนเตรทต่ำสุด ดังแสดงในภาพที่ 2 แสดงว่าอาจเกิดการสูญเสียไนเตรทไนโตรเจนในรูปของก๊าซต่างๆจากปุ๋ย (Sun *et al.*, 2014) จึงเป็นที่น่าสนใจว่า นอกจากถ่านไบโอชาร์จะช่วยลดการระเหยของก๊าซสู่บรรยากาศแล้ว ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอีก เพราะโดยทั่วไปดินที่มี pH มากกว่า 7 จะสูญเสียไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เสาวคนธ์ (2557), Dempster *et al.*, (2012), Eldridge *et al.*, (2010)



ภาพที่ 1 และ 2 แสดงค่าเฉลี่ยแอมโมเนียมและไนเตรทในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

6. การเปลี่ยนแปลงของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

ไบโอชาร์ไม่ทำให้ปฏิกิริยาดินและค่าการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลง แต่แสดงผลชัดเจนต่อการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดิน ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราของไบโอชาร์และแตกต่างกับดินที่ไม่มีการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) อาจเป็นเพราะองค์ประกอบมีคาร์บอนที่เสถียรและสัดส่วนระหว่าง

คาร์บอนและไนโตรเจนสูง จึงคงทนต่อการย่อยสลาย (Sohi *et al.*, 2009; Verheijen *et al.*, 2010) ในทำนองเดียวกับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของดินที่ใส่ไบโอชาร์ แต่หากไม่ใส่จะให้ค่าดังกล่าวต่ำ อาจเป็นไปได้ว่าไบโอชาร์ถูกออกซิไดซ์แล้วได้หมู่ฟังก์ชันเพิ่มมากขึ้น (Chan *et al.*, 2007; Liang *et al.*, 2006; Nelissen *et al.*, 2015) กอปรกับมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูงถึง 1.26 เปอร์เซ็นต์ หากเปรียบเทียบระหว่างเนื้อดินพบว่า ดินเหนียวมีอินทรีย์วัตถุและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าดินร่วนปนทราย แต่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าอย่างเห็นได้ เนื่องจากดินร่วนปนทรายที่องค์ประกอบมีแคลเซียมสูงจึงดูดซับฟอสฟอรัสไว้ แต่เมื่อใส่ไบโอชาร์ในดินที่มีฤทธิ์เป็นด่างในอัตราเพิ่มขึ้น จะลด binding energy และปลดปล่อยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น (Xu *et al.*, 2014) จึงพบว่ามี ปฏิสัมพันธ์กันระหว่างดินร่วนปนทรายกับไบโอชาร์ที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม ไบโอชาร์ไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและการอิ่มตัวด้วยตัวของดิน แต่ขึ้นอยู่กับดินเป็นสำคัญ จึงพบว่าดินเหนียวมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงกว่าเมื่อเทียบกับดินร่วนปนทราย แต่การอิ่มตัวด้วยตัวของดินต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณค่าที่แลกเปลี่ยนได้

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ดินเหนียวที่ศึกษามีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง จึงมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีประจุบวกโดยทำให้แมกนีเซียมและแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดในต่อชั่งข้าวโพดเพิ่มขึ้นและแตกต่างกับดินร่วนปนทรายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อปรับปรุงดินเหนียวด้วยไบโอชาร์อัตรา 48 กรัมต่อดิน 10 กิโลกรัม มีแนวโน้มให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งสูงสุด ปริมาณอินทรีย์วัตถุและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด แต่อัตราการเพิ่มของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณต่ำกว่าดินร่วนปนทรายที่ปรับปรุงด้วยไบโอชาร์ อย่างไรก็ตาม แม้การใส่ไบโอชาร์จะให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินร่วนปนทรายมีค่าใกล้เคียงกับในดินเหนียว แต่การสะสมของไนเตรทไนโตรเจนซึ่งมีในปริมาณที่สูงกว่าดินเหนียว อาจเป็นสาเหตุของการสูญเสียไนโตรเจนในดินได้ จึงส่งผลให้การดูดซับไนโตรเจนทั้งหมดในต่อชั่งมีปริมาณต่ำ ดังนั้นจะนำผลงานวิจัยนี้ไปขยายผลต่อในสภาพพื้นที่ เพื่อศึกษาอิทธิพลของไบโอชาร์ต่อการหมุนเวียนของไนโตรเจนในดินและการสูญเสียในรูปก๊าซไนตรัสออกไซด์ เพื่อจะได้ข้อมูลการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพและแนวทางลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกที่เป็นปัญหาในปัจจุบัน

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการศึกษาดังกล่าวใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปขยายผลต่อในสภาพพื้นที่ ในการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้จากภาคการเกษตรการผลิตมันสำปะหลังมาแยกสลายด้วยความร้อนแบบไม่ใช้หรือใช้ออกซิเจนน้อยมาก จะได้ถ่านไบโอชาร์สำหรับนำไปปรับปรุงดิน นอกจากช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินและอินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นแหล่งหมุนเวียนธาตุอาหารแล้ว ไบโอชาร์ยังลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกเพราะดูดซับไนเตรทไนโตรเจนเอาไว้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปปรับใช้ในการผลิตไบโอชาร์ที่ได้จากวัสดุอินทรีย์ชนิดอื่นๆที่มีความเฉพาะเจาะจงกับการผลิตพืช เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำไปเผยแพร่ให้กับเกษตรกรเห็นความสำคัญของเศษเหลือจากภาคการเกษตรแทนการเผาทิ้ง เพราะนอกจากช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชของดินแล้วยังเป็นวิธีลดการเกิดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของต้นข้าวโพด ปี 2557

Treatments		Nutrient concentration (%)					Nutrient uptake (g/plant)				
Textures		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Clay		0.43	0.10	1.24	0.26	0.10	0.42	0.10	1.23	0.26	0.09
Sandy loam		0.40	0.15	1.54	0.37	0.11	0.19	0.07	0.70	0.17	0.05
Biochar rates (g/10kgsoil)											
0		0.44	0.11	1.32	0.30	0.11	0.31	0.07	0.86	0.19	0.07
16		0.41	0.11	1.35	0.32	0.10	0.32	0.08	0.99	0.22	0.08
32		0.42	0.12	1.42	0.33	0.10	0.29	0.08	0.92	0.21	0.06
48		0.41	0.14	1.37	0.31	0.10	0.34	0.10	1.08	0.23	0.08
64		0.39	0.14	1.48	0.33	0.10	0.27	0.09	0.98	0.21	0.07
F-test											
Textures (T)		ns	**	**	**	*	**	**	**	**	**
Biochar rates (BC)		<1	ns	ns	<1	<1	<1	<1	ns	ns	ns
TxBC		<1	ns	<1	<1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV. (%)		16.4	23.1	10.8	14.4	14.9	28.0	18.6	18.6	20.5	19.1

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละเนื้อดินไม่แตกต่างกันทางสถิติใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%,
^{2/} ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * และ ** แตกต่างกันโดยเทียบกับ LSD 0.05 และ LSD 0.01

ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปี 2557

	pH			EC (dS/ m)			OM (%)			Avail. P (mg/kg)			Exch. K (mg/kg)		
	CL	SL	Mean	CL	SL	Mean	CL	SL	Mean	CL	SL	Mean	CL	SL	Mean
BC rates (g/10kgsoil)	0	5.9	7.6	0.06	0.08	0.07	1.93	1.31	1.62c	5.9	21.1	13.5c	288	91	190d
	16	5.9	7.7	0.07	0.07	0.07	2.06	1.37	1.71b	8.8	31.5	20.2b	295	103	199cd
	32	5.9	7.7	0.06	0.07	0.07	2.10	1.42	1.76b	8.1	35.2	21.6ab	349	111	230b
	48	6.0	7.8	0.06	0.07	0.06	2.21	1.47	1.84a	9.5	36.3	22.9ab	321	124	222bc
	64	6.0	7.7	0.07	0.07	0.07	2.21	1.56	1.88a	10.5	39.1	24.8a	392	138	265a
Mean	5.9	7.7		0.06	0.07		2.10	1.43		8.6	32.7		329	113	
F-test	Texture (T)	**			ns			**			**			**	
	BC		ns		<1			**			**			**	
	TxBC		ns		ns			<1			*			ns	
CV. (%)		1.4			28.7			4.0			18.5				11.6

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละเนื้อดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, * และ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับ LSD 0.05 และ LSD 0.01

ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปี 2557 (ต่อ)

	Exch. Ca (mg/kg)			Exch. Mg (mg/kg)			CEC (cmol _c /kg)			BS (%)			Exch. Base (cmol/kg)		
	CL	SL	Mean	CL	SL	Mean	CL	SL	Mean	CL	SL	Mean	CL	SL	Mean
BC rates (g/10kgsoil)	0	1,525	2,483	2,004	287	165	22.5a	11.3	16.9	58.5	131.8a	95.1	11.03	14.21	12.62
	16	1,535	2,468	2,001	269	176	222	13.8c	13.9	80.8	100.3c	90.5	11.00	13.77	12.39
	32	1,519	2,450	1,985	286	172	229	18.0b	13.8	61.5	111.0bc	86.3	11.07	14.50	12.79
	48	1,543	2,494	2,018	295	178	237	19.8ab	12.3	58.8	120.5ab	89.6	11.43	14.52	12.97
	64	1,532	2,354	1,943	282	185	234	17.0b	11.5	68.0	122.8ab	95.4	11.55	14.07	12.81
Mean	1,531	2,449		284	175		18.2	12.6		65.5	117.3		11.22	14.21	
F-test	Texture (T)	**			**			**			**			**	
	BC		ns		ns			ns			<1			<1	
	TxBC		ns		ns			**			**			<1	
CV. (%)		3.8			5.3			14.3			13.9				5.0

หมายเหตุ ^{1/} ตัวเลขที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละเนื้อดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ^{2/} ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ** แตกต่างกัน

โดยเทียบกับ LSD 0.05 และ LSD 0.01

เอกสารอ้างอิง

- จำเป็น อ่อนทอง. 2547. *การวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช* ภาควิชา
ธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ.สงขลา. 168 หน้า.
- เสาวคนธ์ เหมวงษ์ .2557. *ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และแกลบต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจนของ
ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปีที่ 16 ฉบับที่ 1: 69-75.
Bulletin of Applied Sciences Vol. 1 No.133.
- อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ พัลลภ ไชโยโป ภูมิ จันทร์อุทัย และ เสน่ห์ พงศาปาน. 2554. *ผลของถ่านและปุ๋ยต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนในดินทรายจัด*. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีที่ 6 ฉบับที่ 1.
14 หน้า.
- AOAC. 1990. *Official method of analysis of the association of official analytical chemists*. Virginia,
USA. 684 pp.
- Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. *Determination of total, organic and available forms of phosphorus
in soil*. Soil Sci. 59: 39-45.
- Bremner, J.B. 1996. *Nitrogen-total In: Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods- SSSA
book series on 5. Chapter 37: 1085-1121*.
- Chan K. Y., V.L. Zwieten , I. Meszaros , A. Downie and S. Joseph . 2007. *Agronomic values of
greenwaste biochar as a soil amendment*. Australian Journal of Soil Research 45, 629-634.
- Dempster, D.N., D.L. Jones, D.M. Murphy, D.M. 2012. *Clay and biochar amendments decrease
dinorganic but not dissolved organic nitrogen leaching in soil*. Soil Res. 50, 216–221.
- Eldridge, S., C. Chen, Z. Xu, I. Meszaros and K.Y. Chan. 2010. *Greenwaste biochar potentially
reduces nitrogen fertilizer losses*. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for
a Changing World 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. 4 p.
- Liang B., J. Lehmann, D. Solomon, J. Kinyangi, J. Grossman, B. O'Neill, J. O. Skjemstad, J. Thies, F.
J. Luizão, J. Petersen and E. G. Neves. 2006. *Black carbon increases cation exchange
capacity in soils*. Soil Sci. Soc. of America J. Vol. 70 No. 5, p. 1719-1730.
- Nelissen, V., G. Ruyschaert, D.M. Abusi, T. D'Hose, K. D.Beuf B. Al-Barri, W. Cornelis and P. Boeckx.
2015. *Impact of a woody biochar on properties of a sandy loam soil and spring barley
during a two-year field experiment*. Europ. J. Agronomy. 62:65-78.
- Peech, M. 1965. Hydrogen Ion Activity. pp. 914-926. In C.A. Black, D. D. Evans, L. E. Ensminger, and
F.E. Clark (eds.). *Method of Soil Analysis. American Society of Agronomy*. Madison.
Wisconsin. USA.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. In C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part 2*.
Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.
- Sohi, S., E. Lopez-Capel, E. Krull, and R. Bol. 2009. *Biochar, climate change and soil: a review to
guide future research*. CSIRO Land and Water Science Report.
- Sun L., L. Li, Z. Chen, J. Wang and Z. Xiong. 2014. *Combined effects of nitrogen deposition and
biochar application on emission of N₂O, CO₂ and NH₃ from agricultural and forest soils*.
60:254-265.
- Verheijen F., S. Jeffery, A.C. Bastos, M. Van der Velde and I. Diafas. 2010. *Biochar application to soils. A
Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions*: 166 p.

- Walkey 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.
- Xu G., J.N Sun, H.B. Shao, S.X. Chang. 2014. *Biochar had effects on phosphorus sorption and desorption in three soils with differing acidity.* Ecological Engineering 62:54-60.

การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวไวแสงพื้นที่แปลงใหญ่ข้าว ในจังหวัดขอนแก่น

Application of PGPR Biofertilizer for Increasing Rice Yield in Corporate Rice Farm of Khon Kean Province

อุษณา สุขจันทร์ สรรเสริญ เสี่ยงใส สรรเพชญ์ อัมพัฒน์ อรัญญ์ ชันติวิชัย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น

กองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวไวแสงในพื้นที่นาแปลงใหญ่จังหวัดขอนแก่น มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว มีเป้าหมายในการเพิ่มผลผลิต ร้อยละ 15 โดยรัฐบาลมีนโยบายด้านข้าวเพื่อช่วยเหลือชาวนาในด้านราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอนและมีแนวโน้มของราคาตกต่ำ ให้มีราคาที่ดีขึ้นเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับชาวนา ด้วยการส่งเสริมให้มีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตข้าวและปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตข้าวมาเป็นแบบประณีต สนับสนุนการทำการเกษตรรวมเชิงอุตสาหกรรมครบวงจร ตลอดจนสนับสนุนให้มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น ได้นำปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ มาทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิตข้าวในพื้นที่การปลูกข้าวไวแสง ภายใต้โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ของจังหวัดขอนแก่น โดยการทดสอบเป็นแบบแปลงใหญ่ในไร่เกษตรกร มีการปลูกข้าวทั้งแบบนาหว่านและนาหยอด การทดสอบเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี ดังนี้ กรรมวิธีทดสอบ การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ตามค่าวิเคราะห์ดิน และกรรมวิธีของเกษตรกร ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 16-8-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ส่วนการดูแลรักษาให้ดำเนินการตามวิธีการของเกษตรกร และสุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว พบว่า กรรมวิธีทดสอบ การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีของเกษตรกร ซึ่งให้ผลผลิต จำนวน 341 และ 254 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อคิดผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ พบว่า กรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกรร้อยละ 41 และทำให้เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,053 บาทต่อไร่

การสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรแปลงส่งเสริมการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ที่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ สามารถช่วยลดต้นทุนปุ๋ยเคมี ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เพิ่มปริมาณรากของต้นข้าวทำให้สามารถดูดซึมอาหารได้ดี ต้นข้าวแข็งแรงเพิ่มขึ้น และการต้านทานของโรคและแมลง ได้ถึงร้อยละ 68 60 59 และ 75 ตามลำดับ และเกษตรกรทั้งหมดมีความต้องการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวในฤดูปลูกปี 2560 และปีต่อไป

คำหลัก : ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ การผลิตข้าว ข้าวไวแสง และ แปลงใหญ่ข้าว

คำนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลัก และการทำนาเป็นอาชีพหลักที่สำคัญของเกษตรกรไทย ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าว ในปี 2556/2557 ประมาณ 77.13 ล้านไร่ (แบ่งเป็นนาปี 62.08 ล้านไร่ นาปรัง 15.05 ล้านไร่) หรือคิดเป็นร้อยละ 50 ของพื้นที่การเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีจำนวน 3.76 ล้านครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 65 ของเกษตรกรทั้งประเทศ สามารถผลิตข้าวได้ 36.85 ล้านครัวเรือน และส่งออกทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละ 200,000 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็น สัดส่วนร้อยละ 20 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศของภาคการเกษตร นอกจากนี้ ข้าวยังเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมต่อเนื่องจำนวนมาก ก่อให้เกิดการจ้างงานในอุตสาหกรรมข้าวหลายล้าน ครัวเรือนในช่วงที่ผ่านมาการดำเนินนโยบายด้านข้าวของรัฐบาลเพื่อช่วยเหลือชาวนาในด้านราคาผลผลิตที่ไม่แน่นอนมี แนวโน้มของราคาที่ตกต่ำให้มีราคาที่ดีขึ้นเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับชาวนา สามารถดำรงชีพอยู่ได้ ซึ่งเป็นแนวทางการ แก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ทำให้ชาวนาสวนใหญ่ยังคงต้องพึ่งพาภาครัฐ ยังไม่สามารถพึ่งพาตนเองได้ครบวงจรทั้งด้านการ ผลิตและการตลาด แนวทางที่จะแก้ไขปัญหในระยะยาวเพื่อช่วยให้ชาวนากลับมาพึ่งตนเองได้ จำเป็นต้องมีการปรับ โครงสร้างการผลิต ที่เน้นการลดต้นทุนการผลิต การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพผลผลิตเป็นหลัก ทำให้ ชาวนาสามารถผลิตข้าวโดยมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง มีการปลูกข้าวแบบประณีตสามารถปฏิบัติดูแลรักษาอย่างถูกต้อง และเหมาะสมเป็นผลให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น และผลผลิตมีคุณภาพดี ส่งผลให้ชาวนาจำหน่ายข้าวได้ราคาที่ดีมีรายได้เพิ่ม มากขึ้น

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้จัดทำโครงการปรับโครงสร้างการผลิตข้าว ซึ่งเป็นแนวนโยบายที่มี เป้าประสงค์ที่จะแก้ไขปัญหาเรื่องข้าวในระยะยาวให้กับชาวนาทั่วประเทศ เพื่อให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น เกิดความมั่นคง ในอาชีพและสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนในที่สุด โดยขับเคลื่อนการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพ ผลผลิตข้าวของชาวนา เน้นการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลผลิตและคุณภาพข้าว โดยมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการ ผลิต การบริหารจัดการการผลิตและการตลาด สนับสนุนการวางแผนการผลิตและปัจจัยที่จำเป็น ส่งเสริมให้ชุมชน บริหารจัดการกันเอง ซึ่งจะมีเจ้าหน้าที่ของรัฐคอยแนะนำและให้คำปรึกษาเพื่อผลักดันให้เกิดการขับเคลื่อนการ ปรับปรุงโครงสร้างการผลิตข้าวและสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ยุทธศาสตร์ที่ 2 การเพิ่ม ประสิทธิภาพการผลิตข้าว เพื่อชาวนาสามารถผลิตข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ได้ปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงขึ้น และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง โดยการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตข้าวและปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตข้าว มาเป็นแบบประณีต สนับสนุนการทำนาแปลงรวมเชิงอุตสาหกรรมครบวงจร ส่งเสริมสนับสนุนการใช้เครื่องจักรกล การเกษตร และส่งเสริมสนับสนุนการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ

โดยจังหวัดขอนแก่นได้จัดทำโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ข้าวขึ้น ทั้งสิ้น 12 โซน ดังนี้

โซนที่ 1 จำนวน 2 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอเมือง ที่ตั้งโครงการ บ้านหนองตูม ตำบลหนองตูม อำเภอเมือง จังหวัด ขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6

โซนที่ 2 จำนวน 3 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอซำสูง ที่ตั้งโครงการ บ้านโนน ตำบลบ้านโนน อำเภอซำสูง จังหวัด ขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6

โซนที่ 3 จำนวน 3 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอน้ำพอง ที่ตั้งโครงการ บ้านคอกคี่-แสนตอ ตำบลบัวใหญ่ อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ ผลิต กข6

โซนที่ 4 จำนวน 4 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอหนองเรือ ที่ตั้งโครงการ บ้านหนองนกเขียน ภูมูลเป่า ตำบลโนนทอง อำเภอหนองเรือ จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6

- โซนที่ 5 จำนวน 1 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอชุมแพ ที่ตั้งโครงการ บ้านหนองบัว ตำบลชุมแพ อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6
- โซนที่ 6 จำนวน 1 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอสีชมพู ที่ตั้งโครงการ บ้านวังทอง ตำบลวังเพิ่ม อำเภอสีชมพู จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6
- โซนที่ 7 จำนวน 1 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอบ้านไผ่ ที่ตั้งโครงการ บ้านโสกจาน ตำบลในเมือง อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต ข้าวหอมมะลิ 105
- โซนที่ 8 จำนวน 1 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอชนบท ที่ตั้งโครงการ บ้านห้วยอึ่ง ตำบลโนนพะยอม อำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6
- โซนที่ 9 จำนวน 1 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอแวงใหญ่ ที่ตั้งโครงการ บ้านถลุงเหล็ก ตำบลโพนนาฬียง อำเภอแวงใหญ่ จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6
- โซนที่ 10 จำนวน 1 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอโนนศิลา ที่ตั้งโครงการ บ้านแก่น้อย ตำบลเปือยใหญ่ อำเภอโนนศิลา จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6
- โซนที่ 11 จำนวน 1 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอพล ที่ตั้งโครงการ บ้านหนองพระ ตำบลโคกสง่า อำเภอพล จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6
- โซนที่ 12 จำนวน 1 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอหนองสองห้อง ที่ตั้งโครงการ บ้านศรีสมบูรณ์ตำบลคึมชาด อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต ข้าวหอมมะลิ 105

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้มีเทคโนโลยีปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์หรือปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Promoting Rhizobacteria หรือ PGPR) ซึ่งเป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณรอบรากพืช (Rhizosphere) ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยช่วยเพิ่มปริมาณรากได้ 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์สามารถสร้างฮอร์โมนพืชทำให้ระบบรากพืชแข็งแรง เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดน้ำและปุ๋ย ทำให้ต้นพืชแข็งแรง ต้านทานโรค ช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้ 10 เปอร์เซ็นต์ และสามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น จึงได้นำปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์มาทดสอบการเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่การปลูกข้าวไวแสงของโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถช่วยเหลือเกษตรกรในการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตข้าวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวของจังหวัดขอนแก่นต่อไปได้

แผนการผลิตข้าว

- 1) ช่วงวันปลูก เดือนพฤษภาคม -เดือนมิถุนายน
- 2) ช่วงวันเก็บเกี่ยว เดือนพฤศจิกายน-เดือนธันวาคม
- 3) แหล่งน้ำที่ใช้ชลประทานและน้ำฝน
- 4) เทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และใส่ปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ตามค่าวิเคราะห์ดิน

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- 1) ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ และปุ๋ยเคมี
- 2) เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3) ตลับเมตร
- 4) เคียวเกี่ยวข้าว
- 5) เครื่องวัดความชื้น
- 6) เมล็ดพันธุ์ข้าวไวแสง
- 6) จอบ

วิธีการ

คัดเลือกพื้นที่ดำเนินการ โดยเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิต ไม่เสี่ยงต่อฝนแล้ง/น้ำท่วม ชาวนามีความพร้อมและสมัครใจที่จะร่วมโครงการทดสอบ สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของโครงการ และเป็นชุมชนที่ได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานส่วนท้องถิ่น ได้แก่ ศูนย์ข้าวชุมชนที่มีความพร้อม/หรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชน/สหกรณ์การเกษตร/กลุ่มผู้ใช้น้ำ เป็นต้น

1. แปลงทดสอบ เปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี

แผนการทดลอง เป็นการทดสอบในพื้นที่เกษตรกรที่ร่วมโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ เน้นแปลงไขแดงหรือจุดแปลงสาธิตเทคโนโลยีการผลิตข้าว โดยปลูกข้าวพื้นที่ 2 ไร่ เปรียบเทียบกรรมวิธีละ 1 ไร่ ก่อนปลูกสุมเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน เริ่มปลูกข้าวเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน พ.ศ.2559 ทดสอบทั้งการปลูกข้าวแบบนาหว่านและนาหยอด ดังนี้

กรรมวิธีทดสอบ ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 2) และกรรมวิธีของเกษตรกร ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 16-8-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง ดูแลรักษาตามวิธีการของเกษตรกร และเก็บเกี่ยวข้าวในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2559 เกษตรกรร่วมทดสอบ จำนวน 23 ราย

การบันทึกข้อมูล รายชื่อเกษตรกร พิกัดแปลง สมบัติของดิน ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) องค์กรประกอบผลผลิต

2. แปลงส่งเสริมการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว

ส่งเสริมให้มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว ในพื้นที่เกษตรกรที่ร่วมโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ เน้นแปลงไขขาวหรือบริเวณรอบๆแปลงสาธิตเทคโนโลยีการผลิตข้าว จำนวนเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ 200 ราย พื้นที่เข้าร่วมโครงการ 3,000 ไร่ พันธุ์ข้าวที่ผลิต กข6 โดยเลือกพื้นที่โซนที่ 2 จำนวน 3 หมู่บ้าน 1 ตำบล อำเภอข้าสูง จังหวัดขอนแก่น

ให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี แล้วจัดทำแบบสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรที่นำปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ไปใช้ ที่มีผลต่อการผลิตข้าว ได้แก่ การลดต้นทุนในการใส่ปุ๋ยเคมี การเพิ่มผลผลิตข้าว การเพิ่มรากทำให้ดูดอาหารได้ดีและต้นแข็งแรง การต้านทานโรคและแมลง โดยการให้คะแนนเป็นระดับ ดังนี้ คะแนน 5 คือ มีความพึงพอใจมากที่สุด คะแนน 4 คือ มีความพึงพอใจมาก คะแนน 3 คือ มีความพึงพอใจปานกลาง คะแนน 2 คือ มีความพึงพอใจน้อย และ คะแนน 1 คือ ควรปรับปรุง และความต้องการใช้ปุ๋ยฟิซีฟิอาร์ในฤดูกาลถัดไป

ระยะเวลา เริ่มต้น เดือนมีนาคม 2559

สิ้นสุด เดือนมกราคม 2560

ตารางที่ 1 รายชื่อเกษตรกร ที่อยู่ พักแแปลงและพันธุ์ข้าวที่ปลูก ของแปลงทดสอบการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิฟาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในนาข้าวของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ปี 2559/60

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	พักแแปลง		พันธุ์ข้าว
			X	Y	
1	นายทองพูล จันทร์ภิรม	208 ม.5ต.ชุมแพ อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น	48Q 183007	1827958	กข6
2	นางวราย ชาศิสุวรรณ	20 ม.5 ต.ชุมแพ อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น	48Q 188303	1827928	กข6
3	นายทองแดง จิงกูเขียว	68 ม.15ต.วังเพิ่มอ.สีชมพู จ.ขอนแก่น	48Q 198406	1857670	กข6
4	นายอภิเดช วงษ์ชมภู	4 ม.8ต.หนองตุม อ.เมือง จ.ขอนแก่น	48Q 276825	1824708	กข6
5	นางบุญหนัก นาคทัต	3 ม.8 ต.หนองตุม อ.เมือง จ.ขอนแก่น	48Q 277032	1824892	กข6
6	นางกาญจนา ชาญรอบรู้	16 ม.8 ต.หนองตุม อ.เมือง จ.ขอนแก่น	48Q 277057	1824805	กข6
7	นายวิฑูล แสนคำ	64 ม.8 ต.บัวใหญ่ อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น	48Q 277057	1824805	กข6
8	นายสนอง คำร้อย	59 ม.8 ต.บัวใหญ่ อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น	48Q 280363	1836141	กข6
9	นายสุรินทร์ พิเชฐพงษ์วิมุตติ	89 ม.3 ต.โนนเมือง อ.บ้านไผ่ จ.ขอนแก่น	48Q 260636	1777278	กข6
10	นายบุญมี โสมะเกตุ	16 ม.3 ต.เปือยใหญ่ อ.โนนศิลา จ.ขอนแก่น	48Q 249106	1772603	กข6
11	นายบุญส่ง สายแสน	ม.3 ต.เปือยใหญ่ อ.โนนศิลา จ.ขอนแก่น	48Q 249427	1772478	กข6
12	นางบุญเต็ม สุดใจ	89 ม.4 ต.โนนพะยอม อ.ชนบท จ.ขอนแก่น	48Q 241629	1780892	กข6
13	นางคำปุ่น ประไพศรีศรี	54 ม.3 ต.โคกสง่า อ.พล จ.ขอนแก่น	48Q 231616	1743165	กข6
14	นายประสาทท จำปาลอด	35 ม.7 ต.คึมชาด อ.หนองสองห้อง จ.ขอนแก่น	48Q 260637	1748226	กข6
15	นายเสียวสวาท ศรีพวง	26 ม.3 ต.บ้านโนน อ.คำสูง จ.ขอนแก่น	48Q 283347	1829015	กข6
16	นายอุทัย แฉ่งขัน	7 ม.4 ต.บ้านโนน อ.คำสูง จ.ขอนแก่น	48Q 283093	1829260	กข6

ตารางที่ 2 สมบัติของดินของแปลงทดสอบการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟัอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในนาข้าวของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ปี 2559/60

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	สมบัติดิน								
		pH	EC(ds/m)	OM %	Avail P (mg/kg)	Avail K (mg/kg)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	เนื้อดิน
1	นายทองพูล จันทร์ภิรม	6.55	0.095	0.670	82	18	64.9	22.8	12.3	ดินร่วนทราย
2	นางวาโย ขาติสุวรรณ	7.25	0.057	0.760	25	31	35.5	20.7	14.8	ดินร่วนทราย
3	นายทองแดง จังภูเขียว	5.60	0.135	0.540	4	34	39.1	38.8	22.1	ดินร่วน
4	นายอภิเดช วงษ์ชมภู	6.05	0.077	1.095	152	80	40.0	38.8	21.2	ดินร่วน
5	นางบุญหนัก นาคทัต	5.10	0.159	1.750	4.5	60	23.0	45.3	31.7	ดินร่วนเหนียว
6	นางกาญจนา ขาญอรบรู	5.70	0.094	1.830	7.5	85	14.0	42.8	43.2	ดินร่วนเหนียวปนทราย
7	นายวิฑูล แสนคำ	6.10	0.121	0.930	69	45	61.0	31.8	7.2	ดินร่วนทราย
8	นายสนอง คำร้อย	5.10	0.103	0.810	21	37	49.8	38.0	12.2	ดินร่วน
9	นายสุริยัน พิเชฐพงษ์วิมุติ	5.70	0.031	0.435	9	42	86.0	12.8	1.2	ดินทราย
10	นายบุญมี โสมะเกตุ	6.60	0.048	0.935	5.5	44	50.3	28.8	20.9	ดินร่วน
11	นายบุญส่ง สายแสน	7.30	0.436	1.510	6	84	43.3	25.8	30.9	ดินร่วนเหนียว
12	นางบุญเต็ม สุดใจ	5.40	0.167	0.920	8.5	48	39.3	42.3	18.4	ดินร่วน
13	นางคำปุ่น ประไพศรีศรี	5.40	0.032	0.720	11	79	48.8	28.8	22.4	ดินร่วน
14	นายประสาท จำปาลอด	5.50	0.020	0.245	3.5	28	81.8	12.9	5.3	ดินทรายร่วน
15	นายเสียวสวาท ศรีพวง	5.70	0.076	1.945	5	88	40.0	24.8	35.2	ดินร่วนเหนียว
16	นายอุทัย แสงชัน	5.40	0.275	1.305	7	70	11.0	23.3	65.7	ดินเหนียว
เฉลี่ย		5.90	0.12	1.025	26.3	54.3	45.5	29.9	22.8	

สถานที่ทำการทดลอง อ.ชุมแพ อ.สีชมพู อ.เมือง อ.น้ำพอง อ.บ้านไผ่ อ.โนนศิลา อ.ชนบท อ.พล
อ.หนองสองห้อง และ อ.ซำสูง จ.ขอนแก่น

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. แปลงทดสอบ เปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี

ผลการทดสอบเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมีในนาข้าวของเกษตรกร ในพื้นที่ 10 อำเภอ ของ จังหวัดขอนแก่น ปี 2559/60 พบว่า กรรมวิธีทดสอบ การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ตาม ค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีของเกษตรกร โดยกรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยที่ ความชื้นร้อยละ 14 จำนวน 341 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีเกษตรกรให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 254 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อคิดผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ กรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธี เกษตรกรร้อยละ 41 โดยมีเกษตรกร 2 ราย ที่กรรมวิธีทดสอบสามารถให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นมาก ได้แก่ นายทองพูล จันทร์ภิรม และนางกาญจนา ชาญรอบรู้ ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 187 และ 117 ตามลำดับ การเปรียบเทียบผลการ ทดสอบรายเกษตรกร ทั้ง 16 ราย พบว่า กรรมวิธีทดสอบให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร อยู่ระหว่าง 3-406 กิโลกรัมต่อไร่ โดยราคาข้าวเปลือก ปี 2559 ราคา กิโลกรัมละ 12 บาท เกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับการ ใส่ปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีรายได้เพิ่มขึ้น 42-4,876 บาทต่อไร่ แต่มีเกษตรกร 3 รายที่กรรมวิธี ทดสอบผลผลิตน้อยกว่ากรรมวิธีของเกษตรกรระหว่างร้อยละ 12-19 เนื่องจากปริมาณน้ำในแปลงทดสอบไม่เพียงพอ ต่อความต้องการของต้นข้าว

2. แปลงส่งเสริมการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว

ผลการสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ จำนวน 44 ราย โดยเกษตรกรเป็นเพศ ชาย ร้อยละ 45 และเพศหญิง ร้อยละ 55 (ตารางที่ 4) เกษตรกรได้นำปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ไปใช้โดยวิธีคลุกเมล็ดพันธุ์ ข้าวแล้วหว่าน ร้อยละ 48 เกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์คลุกกับปุ๋ยเคมีหว่านรองพื้นหรือหว่านหลังปลูก ร้อยละ 45 และเกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ทั้ง 2 วิธีคือ คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวแล้วหว่านและคลุกปุ๋ยเคมีแล้วหว่าน ร้อยละ 7 ตามลำดับ

พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจที่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ สามารถช่วยลดต้นทุนปุ๋ยเคมีได้ในระดับ มากที่สุดถึงร้อยละ 68 และมีความพึงพอใจระดับมากร้อยละ 27 และเกษตรกรมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด เนื่องจากปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 60 และมีความพึงพอใจระดับมากร้อยละ 32 ส่วนการ เพิ่มปริมาณรากของต้นข้าวทำให้สามารถดูดซึมอาหารได้ดีนั้นพบว่า เกษตรกรร้อยละ 59 และ 34 มีความพึงพอใจใน ระดับมากที่สุดและมากตามลำดับ และความพึงพอใจที่ต้นข้าวแข็งแรงเพิ่มขึ้น และการต้านทานของโรคและแมลง พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด ร้อยละ 75 พึงพอใจในระดับมาก ร้อยละ 23 และเมื่อสอบถามถึง ความต้องการนำปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์มาใช้ในการเพาะปลูกของฤดูกาลถัดไปนั้น ร้อยละ 100 เกษตรกรมีความต้องการ นำกลับมาใช้อีก (ตารางที่ 5)

และจากการสังเกตของเกษตรกรถึงความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ นั้น เกษตรกรพบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิ อาร์ และเกษตรกรมีความต้องการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ แต่ไม่สามารถหาซื้อตามร้านค้าวัสดุทางการเกษตร โดยทั่วไปได้

ตารางที่ 3 ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) และรายได้ (บาท) ของแปลงทดสอบการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในนาข้าวของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ปี 2559/60

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ผลผลิต (กก./ไร่)		ผลผลิตเพิ่ม (%)	รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้เพิ่ม (บาท/ไร่)
		วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร		วิธีทดสอบ	วิธีเกษตรกร	
1	นายทองพูล จันทร์ภิรม	624	217	187	7,483	2,607	4,876
2	นางวาโย ขาติสุวรรณ	269	331	-19	3,225	3,970	-745
3	นายทองแดง จังภูเขียว	305	177	72	3,660	2,123	1,536
4	นายอภิเดช วงษ์ชมพู	232	212	9	2,781	2,542	239
5	นางบุญหนด นาคทัด	324	369	-12	3,888	4,434	-546
6	นางกาญจนา ชาญรอบรู้	331	152	117	3,971	1,828	2,143
7	นายวิฑูล แสนคำ	482	262	84	5,780	3,143	2,636
8	นายสนอง คำร้อย	222	212	5	2,659	2,539	120
9	นายสุริยัน พิเชษฐพงษ์วิมุตติ	360	278	29	4,324	3,340	984
10	นายบุญมี โสมะเกตุ	296	292	1	3,547	3,506	42
11	นายบุญส่ง สายแสน	235	285	-17	2,826	3,417	-592
12	นางบุญเต็ม สุดใจ	315	256	23	3,785	3,067	719
13	นางคำปุ่น ประไพศรีศรี	336	245	37	4,036	2,937	1,099
14	นายประสาธ จำปาลอด	238	162	47	2,861	1,948	913
15	นายเสียวสวาท ศรีพวง	598	389	54	7,179	4,667	2,513
16	นายอุทัย แข็งขัน	297	220	35	3,558	2,640	918
เฉลี่ย		341	254	41	4,098	3,044	1,053

หมายเหตุ ราคาข้าวเปลือก 12 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร จำนวน 44 รายที่ตอบแบบสอบถาม ของแปลงส่งเสริมการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในนาข้าวของ เกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ปี 2559/60

ข้อมูล		ร้อยละ
เพศ	ชาย	45
	หญิง	55
วิธีการใช้ฟิซีฟิอาร์	ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ไปคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวแล้วหว่าน	48
	ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีหว่านรองพื้นหรือหว่านหลังปลูก	45
	ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ทั้ง 2 วิธี	7

ตารางที่ 5 ระดับความพึงพอใจของเกษตรกรที่นำปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ไปใช้ จำนวน 44 ราย ของแปลงทดสอบการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในนาข้าวของเกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ปี 2559/60

ผลของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	ระดับความพึงพอใจ (ร้อยละ)				
	มากที่สุด (5 คะแนน)	มาก (4 คะแนน)	ปานกลาง (3 คะแนน)	น้อย (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
1.การลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมี	68	27	5	0	0
2.การเพิ่มผลผลิตข้าว	66	32	2	0	0
3.การเพิ่มรากทำให้ดูดอาหารได้ดี	59	34	7	0	0
4.ต้นแข็งแรง ต้านทานโรคและแมลง	75	23	2	0	0
5.ความต้องการใช้ปุ๋ยฟิซีฟิอาร์ในฤดูกาลถัดไป	100	0	0	0	0

สรุปผลการทดลอง

การทดสอบการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ตามค่าวิเคราะห์ดิน ในการผลิตข้าวพื้นที่โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ (ข้าว) ในพื้นที่ 10 อำเภอ ของจังหวัดขอนแก่น (ฤดูปลูก 2559/2560) นั้น ได้ทดสอบร่วมกับเกษตรกร จำนวน 16 ราย พบว่า ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 41 และมีรายได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,053 บาทต่อไร่

การสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรแปลงส่งเสริมการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ที่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ สามารถช่วยลดต้นทุนปุ๋ยเคมี ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เพิ่มปริมาณรากของต้นข้าวทำให้สามารถดูดซึมอาหารได้ดี ต้นข้าวแข็งแรงเพิ่มขึ้น และการต้านทานของโรคและแมลง ได้ถึงร้อยละ 68 60 59 และ 75 ตามลำดับ และเกษตรกรทั้งหมดมีความต้องการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวในฤดูปลูกปี 2560 และปีต่อไป

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. กลุ่มชาวนาผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีได้มาตรฐานไว้ใช้เองและกระจายในท้องถิ่นในปีต่อไป และมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ดีเพิ่มขึ้น 1,053 บาทต่อไร่
2. อบรมกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตข้าวคุณภาพ ประมาณ 300 ราย พื้นที่อำเภอเวียงเก่าและอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น สามารถผลิตข้าวเปลือกคุณภาพดีได้ ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นและลดต้นทุนการผลิตข้าวได้จริง
3. ช่วยชาวนาที่มีความเข้มแข็ง สามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน จำนวน 300 ราย และเป็นแหล่งเรียนรู้การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 1 ศพก.(อำเภอเวียงเก่า) ให้แก่ชาวนารายอื่นๆได้

พัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์

Development and Method Validation on Analysis of Ammonium Nitrogen in Chemical Fertilizer using Magnesium Oxide

ทองจันทร์ พิมพ์เพชร

วรรณรัตน์ ชุตติบุตร

อาธิยา ปุ่นประโคน

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ เริ่มดำเนินงานตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนกันยายน 2559 ณ กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ดำเนินการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ระหว่าง 2 วิธี คือ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (50% NaOH) และใช้แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ในการกลั่น เปรียบเทียบ ผลทางสถิติ Paired t-test พบว่า ผลวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนของทั้ง 2 วิธี ในตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยเชิงผสมที่ไม่มียูเรียเป็นส่วนผสม ไม่แตกต่างกัน แต่ในตัวอย่างปุ๋ยเชิงผสมที่มียูเรียเป็นส่วนผสม มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ และจากการหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ เท่ากับ 0.15 และปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจ วัดปริมาณได้ โดยมีความแม่นยำและความเที่ยง เท่ากับ 0.50 การพิสูจน์ความแม่นยำ และความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ที่ระดับ ความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ได้ %Recovery เท่ากับ 100.38, 100.08 และ 100.09 และค่า HorRat เท่ากับ 0.50, 0.54 และ 0.34 ตามลำดับ และจากการศึกษาลักษณะเนื้อสาร (Matrix) โดยการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง ความเข้มข้น ต่ำ กลาง สูง ที่เติมลงในตัวอย่างที่ไม่มีแอมโมเนียมไนโตรเจน ได้ %Recovery เท่ากับ 99.61, 99.18 และ 99.48 และ ค่า HorRat เท่ากับ 0.51, 0.32 และ 0.34 ตามลำดับ ซึ่งผลวิเคราะห์ที่ได้มีค่าความแม่นยำและความเที่ยง ผ่านเกณฑ์ การยอมรับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ เป็นวิธีมาตรฐาน ของห้องปฏิบัติการ ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และเหมาะสมกับการใช้งานตามวัตถุประสงค์

คำสำคัญ : แอมโมเนียมไนโตรเจน โซเดียมไฮดรอกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์

คำนำ

ไนโตรเจน เป็นธาตุที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากหรือธาตุอาหารมหัพภาค (Macronutrient) ซึ่งถือว่าเป็นธาตุ ที่มีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีมีหลายรูป เช่น แอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน ยูเรียไนโตรเจน เป็นต้น การวิเคราะห์ไนโตรเจนในแต่ละรูปมีวิธี เฉพาะที่แตกต่างกัน เช่น ไนโตรเจนทั้งหมดใช้วิธีเจลดาล์ (Kjeldahl method) หรือวิธีคอมบัสชัน (Combustion method) (AOAC, 2016) แอมโมเนียมไนโตรเจนใช้วิธีแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide method) (AOAC, 2016) ไนเตรทไนโตรเจนใช้วิธีเดวาร์ดา (Devarda method) (AOAC, 2016) และยูเรียไนโตรเจน ใช้วิธีเจลดาล์ (Kjeldahl method for nitrate free) (AOAC, 2016) แต่วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน มีข้อจำกัด คือ เป็นวิธีที่ใช้สำหรับวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยที่มีแอมโมเนียม ยกเว้นไนโตรเจนที่ย่อยสลาย ได้ง่ายเมื่อให้ความร้อน เช่น ยูเรียและแคลเซียมไซยาไนด์ (OMAF, 1987) และเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมกับยูเรีย (AOAC, 2016) เนื่องจากตัวอย่างที่ส่งมาวิเคราะห์หาสัดส่วนไนโตรเจน หรือไนโตรเจนในรูปต่างๆ (Fraction-N) ณ กลุ่มงานวิจัย

ระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยนั้น มีวัตถุประสงค์ประกอบทั้งที่เป็นแอมโมเนียม ไนเตรท และยูเรีย ปัจจุบันยังไม่มีวิธีวิเคราะห์ใดที่เหมาะสมสำหรับแยกวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างที่มียูเรียเป็นส่วนผสม โดยเฉพาะวิธีที่ใช้สารละลาย 50% NaOH ในการกลั่น จะส่งผลต่อปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้ให้มีความสูงกว่าปกติ อีกทั้งสารละลาย 50% NaOH ที่ใช้ต้องผ่านการเตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลาย ซึ่งเกิดความร้อนสูงมากในระหว่างการเตรียม อีกทั้งยังก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อผู้เตรียม และต้องทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง เพื่อให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จึงสามารถนำไปใช้งานได้ แต่เมื่อห้องปฏิบัติการได้เปลี่ยนวิธีวิเคราะห์มาใช้ MgO ในการกลั่น แทนสารละลาย 50% NaOH จึงจำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ เพื่อให้มั่นใจว่าวิธีวิเคราะห์ที่ใช้อยู่เหมาะกับการใช้งานตามวัตถุประสงค์

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าศนิยม 4 ตำแหน่ง และ 2 ตำแหน่ง
2. Macro kjeldahl digestion apparatus and distilling apparatus
3. Magnetic stirrer
4. เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์
5. Boric acid (H_3BO_3), AR grade
6. Ethyl alcohol 90 % (C_2H_5OH), AR grade
7. Methylene blue, AR grade
8. Methyl red, AR grade
9. Pumice stone granular, AR grade
10. Standard hydrochloric acid 1 N (HCl), AR grade
11. Sodium hydroxide (NaOH), Commercial grade
12. Magnesium oxide (MgO), Commercial grade
13. วัสดุอ้างอิง (Reference material ; RM)
 - Ammonium sulphate 99.999 % Purity 21.20 % nitrogen (Aldrich Chem. 204501)
14. วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified reference material ; CRM)
 - Ammonium dihydrogen phosphate 12.15 ± 0.01 % nitrogen (SRM No.194 NIST)
 - Sodium carbonate 99.970 ± 0.014 % (SRM 351a)
15. ตัวอย่างปุ๋ยสูตร 0-P-K (Sample blank) ปุ๋ยเชิงเดี่ยว จำนวน 10 ตัวอย่าง ปุ๋ยเชิงประกอบ จำนวน 10 ตัวอย่าง และปุ๋ยเชิงผสมจำนวน 20 ตัวอย่าง

วิธีการ

1. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยว จำนวน 10 ตัวอย่าง ปุ๋ยเชิงประกอบ จำนวน 10 ตัวอย่าง และปุ๋ยเชิงผสม จำนวน 20 ตัวอย่าง
2. วิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน (%AN) ในตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยว จำนวน 10 ตัวอย่าง ปุ๋ยเชิงประกอบ จำนวน 10 ตัวอย่าง และปุ๋ยเชิงผสม จำนวน 20 ตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบ Paired t-test ระหว่าง 2 วิธี โดยวิธีที่ 1 ใช้ 50% NaOH และวิธีที่ 2 ใช้ MgO
 - 2.1 ดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนโดยวิธีที่ 1 ใช้ 50% NaOH
 - 2.1.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยว จำนวน 10 ตัวอย่าง ปุ๋ยเชิงประกอบ จำนวน 10 ตัวอย่าง และปุ๋ยเชิงผสมจำนวน 20 ตัวอย่าง
 - 2.1.2 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยใช้ 50% NaOH ในการกลั่น
 - 2.1.3 บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- 2.2 ดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนโดยวิธีที่ 2 ใช้ MgO
 - 2.2.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยว จำนวน 10 ตัวอย่าง ปุ๋ยเชิงประกอบ จำนวน 10 ตัวอย่าง และปุ๋ยเชิงผสม จำนวน 20 ตัวอย่าง
 - 2.2.2 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยใช้ MgO ในการกลั่น
 - 2.2.3 บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 2.3 เปรียบเทียบ Paired t-test ของผลวิเคราะห์ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี (เกณฑ์การยอมรับ $t_{\text{exp}} < t_{\text{crit}}$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)
3. การศึกษาหาปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of detection; LOD) และปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดปริมาณได้ โดยมีความแม่นยำและความเที่ยง (Limit of quantification; LOQ)
 - 3.1 ชั่ง Sample blank น้ำหนัก 0.3xxx – 0.4xxx กรัม
 - 3.2 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยใช้ MgO ในการกลั่น
 - 3.3 บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - 3.4 คำนวณหาค่า LOD และ LOQ ตามสูตร $S'_0 = S_0 \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{nb}}$

$$\text{LOD} = 3S'_0$$

$$\text{LOQ} = 10S'_0$$
 - 3.5 การพิสูจน์ความแม่นยำ (Accuracy) และความเที่ยง (Precision) ของ LOQ โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานจาก CRM ให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับหรือใกล้เคียงกับความเข้มข้นของ LOQ แล้วดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนตามวิธีวิเคราะห์ จากนั้นบันทึกข้อมูล และคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประเมิน Accuracy (เกณฑ์การยอมรับ %Recovery ตาม AOAC, 2016) ประเมิน Precision (เกณฑ์การยอมรับ HorRat < 2 ; AOAC, 2016)
4. การศึกษาหาความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง
 - 4.1 ชั่ง CRM ความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 20 ช้ำ พร้อมทำ Reagent blank โดยทำการวิเคราะห์ที่เวลาแตกต่างกัน
 - 4.2 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยใช้ MgO ในการกลั่น
 - 4.3 บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM โดยพิจารณา %Recovery (เกณฑ์การยอมรับ ตาม AOAC, 2016)
 - 4.4 ศึกษาลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) โดยชั่ง CRM ความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง เติมลงใน Sample blank ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับขั้นตอน 4.1 – 4.3 โดยทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นละ 20 ช้ำ
5. การศึกษาหาความเที่ยง (Precision) ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจน ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง
 - 5.1 ชั่ง CRM ความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ความเข้มข้นละ 20 ช้ำ โดยทำการวิเคราะห์ที่เวลาแตกต่างกัน
 - 5.2 ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยใช้ MgO ในการกลั่น
 - 5.3 บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคำนวณค่า Precision โดยใช้ Horwitz equation คำนวณแบบ Repeatability (เกณฑ์การยอมรับ HorRat < 2; AOAC, 2016)
 - 5.4 ศึกษาลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) โดยชั่ง CRM ความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง เติมลงใน Sample blank ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับขั้นตอน 5.1 – 5.3 โดยทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นละ 20 ช้ำ
6. สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่า โดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลง และความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยว จำนวน 10 ตัวอย่าง ปุ๋ยเชิงประกอบ จำนวน 10 ตัวอย่าง และปุ๋ยเชิงผสม จำนวน 20 ตัวอย่าง ระหว่าง 2 วิธี คือ ใช้ 50% NaOH และใช้ MgO นำผลวิเคราะห์ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี มาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Paired t-test พบว่า ผลวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยเชิงผสมที่ไม่มียูเรียเป็นส่วนผสม ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปุ๋ยเชิงผสมที่มียูเรียเป็นส่วนผสม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างปุ๋ยเชิงเดี่ยว โดยวิธีที่ 1 ใช้ 50% NaOH และวิธีที่ 2 ใช้ MgO

ตัวอย่างที่	สูตรปุ๋ย	สูตรโมเลกุล	ลักษณะตัวอย่าง	%AN	
				ใช้ 50% NaOH	ใช้ MgO
1	13-0-0	Ca.Mg(NO ₃)	แผ่นแบนเล็กสีขาวขุ่น	0.67	0.65
2	15-0-0	Ca(NO ₃) ₂ .H ₂ O	เม็ดสีเหลืองอ่อน	1.29	1.28
3	15-0-0	Ca(NO ₃) ₂ .H ₂ O	เม็ดสีขาวขุ่น	1.35	1.30
4	20-0-0	(NH ₄) ₂ SO ₄	เม็ดใหญ่สีขาวขุ่น	21.36	21.33
5	21-0-0	(NH ₄) ₂ SO ₄	เกล็ดเล็กๆ สีขาวใส	21.20	21.29
6	25-0-0	(NH ₄)Cl	เม็ดสีชมพู	25.75	25.81
7	25-0-0	(NH ₄)Cl	ผงสีขาว	25.29	25.28
8	26-0-0	5Ca(NO ₃) ₂ .NH ₄ NO ₃ .10H ₂ O	เม็ดสีเทา	13.14	13.10
9	27-0-0	5Ca(NO ₃) ₂ .NH ₄ NO ₃ .10H ₂ O	เม็ดสีขาวขุ่น	13.73	13.65
10	27-0-0	NH ₄ NO ₃ . (NH ₄) ₂ SO ₄	เม็ดสีขาวขุ่น	19.12	19.02

ตารางที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างปุ๋ยเชิงประกอบ โดยวิธีที่ 1 ใช้ 50% NaOH และวิธีที่ 2 ใช้ MgO

ตัวอย่างที่	สูตรปุ๋ย	สูตรโมเลกุล	ลักษณะตัวอย่าง	%AN	
				ใช้ 50% NaOH	ใช้ MgO
1	10-40-0	NH ₄ H ₂ PO ₄	เกล็ด/ผงสีขาว	10.40	10.36
2	11-52-0	NH ₄ H ₂ PO ₄	เม็ดสีเทา	11.63	11.60
3	12-60-0	NH ₄ H ₂ PO ₄	เกล็ดสีขาวใส	12.26	12.27
4	12-61-0	NH ₄ H ₂ PO ₄	เกล็ดสีขาวใส	12.22	12.12
5	16-18-0	-	เม็ดสีเทา	16.12	15.54
6	16-20-0	-	เม็ดสีเทา	16.14	16.15
7	17-46-0	(NH ₄) ₂ HPO ₄	เม็ดสีเทา	17.79	17.66
8	18-46-0	(NH ₄) ₂ HPO ₄	เม็ดสีน้ำตาล	17.99	17.66
9	20-53-0	(NH ₄) ₂ HPO ₄	เกล็ดสีขาวใส	21.14	21.09
10	21-53-0	(NH ₄) ₂ HPO ₄	เกล็ดสีขาวใส	21.23	21.29

ตารางที่ 3 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างปุ๋ยเชิงผสม (ไม่มียูเรียเป็นส่วนผสม) โดยวิธีที่ 1 ใช้ 50% NaOH และวิธีที่ 2 ใช้ MgO

ตัวอย่างที่	สูตร	%AN	
		ใช้ 50% NaOH	ใช้ MgO
1	3-3-35	3.66	3.61
2	6-32-32	5.64	5.60
3	7-56-13	7.09	7.16
4	8-24-24	8.59	8.53
5	10-26-26	10.03	9.89
6	15-15-15	8.73	8.65
7	16-16-16	9.24	9.28
8	17-17-17	8.83	8.79
9	19-9-19	10.17	10.14
10	24-5-5	13.33	13.26

ตารางที่ 4 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างปุ๋ยเชิงผสม (มียูเรียเป็นส่วนผสม) โดยวิธีที่ 1 ใช้ 50% NaOH และวิธีที่ 2 ใช้ MgO

ตัวอย่างที่	สูตร	%AN	
		ใช้ 50% NaOH	ใช้ MgO
1	4-5-7	3.18	2.69
2	9-9-9	4.03	3.37
3	15-7-18	4.70	3.63
4	16-16-8	8.15	7.35
5	21-3-3	4.18	2.02
6	23-4-3	5.64	2.41
7	26-12-8	5.87	3.36
8	27-12-6	12.26	10.87
9	30-10-10	5.73	3.64
10	33-8-8	6.85	4.26

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ที่ได้จาก 2 วิธี โดยใช้สถิติ Paired t-test

ชนิดปุ๋ย	Paired t-test		ผลการเปรียบเทียบ
	t_{exp}	t_{crit}	
ปุ๋ยเชิงเดี่ยว	1.04	2.26	ns
ปุ๋ยเชิงประกอบ	1.91	2.26	ns
ปุ๋ยเชิงผสม (ไม่มียูเรียเป็นส่วนผสม)	2.13	2.26	ns
ปุ๋ยเชิงผสม (มียูเรียเป็นส่วนผสม)	5.70	2.26	S*

* Significant at 5% level

การหาค่า LOD และ LOQ ของวิธีวิเคราะห์ ได้เท่ากับ 0.15 และ 0.50 ผลการพิสูจน์ความแม่นยำและความเที่ยงของ LOQ ได้ %Recovery เท่ากับ 100.50 และ HorRat เท่ากับ 0.54 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ดังตารางที่ 6-7

ตารางที่ 6 การศึกษาหาค่า LOD และ LOQ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างที่ไม่มีแอมโมเนียมไนโตรเจน (Sample blank) เนื่องจาก Sample blank มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้นต่ำ ประมาณ 0.50 %AN

ค่าทางสถิติ	% AN
Mean (n=10)	0.517
SD (n=10)	0.05
LOD (3S ₀)	0.15
LOQ (10S ₀)	0.50

ตารางที่ 7 การพิสูจน์ความแม่นยำ และความเที่ยงของ LOQ โดยการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.5005 % AN

ค่าทางสถิติ	% AN
Mean (n=10)	0.503
SD (n=10)	0.01
%Recovery	100.50
HorRat	0.54

ที่ความเข้มข้น 0.5005 % AN (LOQ) มี %Recovery เท่ากับ 100.50 (เกณฑ์การยอมรับ 97-103 %) และ HorRat เท่ากับ 0.54 (เกณฑ์การยอมรับ HorRat < 2) ผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ผลการพิสูจน์ความแม่นยำ และความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ได้ %Recovery เท่ากับ 100.38, 100.08 และ 100.09 และ ค่า HorRat เท่ากับ 0.50, 0.54 และ 0.34 ตามลำดับ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การพิสูจน์ความแม่นยำ และความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ใน CRM ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 2.60 % AN ความเข้มข้นกลาง (SRM No.194 NIST 12.15 $\pm$ 0.01 % nitrogen) และความเข้มข้นสูง (Ammonium sulphate 99.999 % Purity 21.20 % nitrogen)

ค่าทางสถิติ	% AN ความเข้มข้นต่ำ	% AN ความเข้มข้นกลาง	% AN ความเข้มข้นสูง
	2.60 %	12.15 %	21.20 %
Mean (n=20)	2.61	12.16	21.22
SD (n=20)	0.03	0.12	0.12
%RSD	1.15	0.99	0.57
Predicted RSD	2.28	1.82	1.67
%Recovery	100.38	100.08	100.09
HorRat	0.50	0.54	0.34

การศึกษาลักษณะเนื้อสาร (Matrix) โดยการวิเคราะห์ CRM ความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง ที่เติมลงในตัวอย่างที่ไม่มีแอมโมเนียมไนโตรเจน การพิสูจน์ความแม่นยำได้ %Recovery เท่ากับ 99.61, 99.18 และ 99.48 และความเที่ยงได้ค่า HorRat เท่ากับ 0.51, 0.32 และ 0.34 ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ศึกษาลักษณะเนื้อสาร (Matrix) โดยการวิเคราะห์ CRM ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 2.60 % AN ความเข้มข้นกลาง (SRM No.194 NIST 12.15 $\pm$ 0.01 % nitrogen) และความเข้มข้นสูง (Ammonium sulphate 99.999% Purity 21.20 % nitrogen) เติมลงใน Sample blank

ค่าทางสถิติ	% AN ความเข้มข้นต่ำ	% AN ความเข้มข้นกลาง	% AN ความเข้มข้นสูง
	2.60 %	12.15 %	21.20 %
Mean (n=20)	2.59	12.05	21.09
SD (n=20)	0.03	0.07	0.12
%RSD	1.16	0.58	0.57
Predicted RSD	2.28	1.82	1.67
%Recovery	99.61	99.18	99.48
HorRat	0.51	0.32	0.34

การเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ระหว่าง 2 วิธี พบว่าทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 10 แต่วิธีที่ 2 ช่วยลดขั้นตอน และระยะเวลาในการเตรียมสารละลายได้อย่างน้อย 6 ชั่วโมง ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบต้นทุนในการวิเคราะห์ระหว่าง 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ใช้ 50% NaOH และวิธีที่ 2 ใช้ MgO

ลำดับที่	รายละเอียด	ใช้ 50% NaOH	ใช้ MgO
1	ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ (E)	9.26	9.26
2	ค่าสารเคมีและวัสดุวิทยาศาสตร์ (C)	199.48	198.94
3	ค่าใช้จ่ายด้านสาธารณูปโภค (U)	23.78	23.78
4	ค่าแรงงาน (M)	159.30	159.30
5	ค่าจัดเตรียมเอกสาร (D)	4.31	4.31
6	ค่า Safety factor(F)	1.2	1.2
7	รวมต้นทุนการวิเคราะห์ (บาท)	474.50	473.85
(((E + C + U + M) × F) + D)			

ดังนั้น ต้นทุนของวิธีที่ 1 (50% NaOH) มากกว่าวิธีที่ 2 (MgO) อยู่ 474.50 – 473.85 = 0.65 บาท

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบขั้นตอน และระยะเวลาในการวิเคราะห์ระหว่าง 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ใช้ 50% NaOH และวิธีที่ 2 ใช้ MgO

ขั้นตอนที่	ใช้ 50% NaOH	ใช้ MgO
1	เตรียมสารละลาย 50% NaOH และทิ้งให้เย็นอย่างน้อย 6 ชั่วโมง	-
2	ชั่งตัวอย่างปุย 1 ชั่วโมง	ชั่งตัวอย่างปุย 1 ชั่วโมง
3	เติมน้ำกลั่น + สารละลาย 50% NaOH* 1 ชั่วโมง	เติมน้ำกลั่น + MgO 1 ชั่วโมง
4	กลั่นเป็นเวลาประมาณ 1.30 ชั่วโมง	กลั่นเป็นเวลาประมาณ 1.30 ชั่วโมง
5	ไทเทรต 1 ชั่วโมง	ไทเทรต 1 ชั่วโมง
6	คำนวณผล 1 ชั่วโมง	คำนวณผล 1 ชั่วโมง
รวมขั้นตอน	มี 6 ขั้นตอน	มี 5 ขั้นตอน
และระยะเวลาในการวิเคราะห์	ระยะเวลา 6 ชั่วโมง + 5.30 ชั่วโมง = 11.30 ชั่วโมง	ระยะเวลา 5.30 ชั่วโมง

หมายเหตุ 1. 50% NaOH* ใช้งานในรูปสารละลายที่ผ่านการเตรียม ซึ่งต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง สารละลายนี้จะเย็นที่อุณหภูมิห้องและพร้อมสำหรับการใช้งาน

2. วิเคราะห์ได้ 30 ตัวอย่าง/รอบ

สรุปผลการทดลอง

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้ MgO ทำให้มั่นใจว่าวิธีที่ใช้อยู่มีความเหมาะสมกับการใช้งานตามวัตถุประสงค์ เป็นวิธีที่ช่วยลดขั้นตอน และระยะเวลาในการวิเคราะห์ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และมีความปลอดภัยต่อผู้วิเคราะห์มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ทั้ง 2 วิธีก็ยังไม่เหมาะกับตัวอย่างปุยที่มียูเรียเป็นส่วนผสม โดยเฉพาะวิธีที่ใช้สารละลาย 50% NaOH ในการกลั่น ซึ่งส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงกว่าปกติ

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้ MgO ได้วิธีที่เป็นมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ ผลการวิเคราะห์เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของมาตรฐานสากล และได้ข้อมูลผลการทวนสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์เพื่อประกอบการขอรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ในขอบข่ายการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้ MgO ที่ความเข้มข้น 2.6 – 21.2 เปอร์เซ็นต์แอมโมเนียมไนโตรเจน

เนื่องจากยังไม่มีวิธีวิเคราะห์ใดที่เหมาะสมสำหรับแยกวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างที่มียูเรียเป็นส่วนผสมได้ ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาค่าคลาดเคลื่อน (Error) ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในตัวอย่างปุ๋ยที่มียูเรียเป็นส่วนผสม เพื่อให้ได้ค่าคงที่ หรือ Factor ที่ใช้สำหรับหาค่าปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างปุ๋ยที่มียูเรียเป็นส่วนผสม หรือพัฒนาเป็นชุดทดสอบอย่างง่าย (Test kit) ที่มีค่าความแม่นยำและความเที่ยง ที่เหมาะสมสำหรับทดสอบไนโตรเจนรูปแบบต่างๆ ในปุ๋ยเคมีต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2551. *คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี*. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 66 หน้า
- คณะกรรมการด้านวิชาการของกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2554. *แนวทางการจัดทำความสมเหตุสมผลของการวัด*. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. 131 หน้า
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 หน้า
- ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ. 2555. *เคมี 2*. พิมพ์ครั้งที่ 10. สุทธิสาร พญาไท กรุงเทพฯ. 411 หน้า
- อุมภาพร สุขม่วง และอารีย์ คชฤทธิ์. 2553. *เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร “ความใช้ได้ของวิธีทดสอบ”*. กรมวิทยาศาสตร์บริการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ. 33 หน้า
- American Society of Testing and Materials (ASTM). 2001. *Standard Practice for Preparation, Standardization, and Storage of Standard and Reagent Solutions for Chemical Analysis*. Washington. Oct. 2001. p. 336–350.
- Eurachem. 2014. *The Fitness for Purpose of Analytical Methods A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. 2nd Ed. 62 pp.
- Horwitz, W. (ed.). 2016. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 20th Ed. AOAC International Inc., Gaithersburg, MD.
- The National Institute of Agro-environmental Sciences. 1987. *Official Method of Analysis of Fertilizers*. Foundation Norin Kosaikai, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken. 130 pp.

พัฒนาวิธีวิเคราะห์และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ในปุ๋ยเคมีโดยเทคนิคเฟลมโฟโตเมทรี

Method Development and Method Validation on Analysis of Water Soluble Potassium in Chemical Fertilizer by Flame Photometric Technique

รัตนาภรณ์ คชวงศ์ วรรณรัตน์ ชูติบุตร ภัทราพร คำผล จิรพันธ์ ศรีทองกุล

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาและพัฒนาวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีด้วยเทคนิคเฟลมโฟโตเมทรี เพื่อเปรียบเทียบผลของการเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงประกอบ ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้าและปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ดผง จำนวน 37 ตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีค่ามากกว่าการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 25 ตัวอย่าง โดยการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีผลให้ความเที่ยงของค่าวิเคราะห์ลดลง 28 ตัวอย่าง และค่าความเที่ยงไม่ผ่านเกณฑ์กำหนด 2 ตัวอย่าง ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี พบว่า ช่วงความเป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์หาโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 0 ถึง 24 มก./กก. เลือกช่วง 0 ถึง 15 มก./กก. เป็นช่วงการใช้งานซึ่งไม่มีผลกระทบจากลักษณะเนื้อสาร (Matrix effect) ชัดจำกัดในการตรวจพบ เท่ากับ 0.07 %K₂O ชัดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ เท่ากับ 10.0 %K₂O พิสูจน์ความแม่นยำและความเที่ยงที่ความเข้มข้นต่ำ กลางและสูง เท่ากับ 60.34, 34.61 และ 10.00 %K₂O พบว่า ค่าวิเคราะห์มีความแม่นยำและความเที่ยงผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล
คำสำคัญ : ปุ๋ยเคมี โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ เฟลมโฟโตมิเตอร์ สารลดการรบกวนทางเคมี

คำนำ

การวัดปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (Water soluble potassium ; WK₂O) ในปุ๋ยเคมีโดยวิธีเฟลมโฟโตเมทรี ซึ่งกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ได้พัฒนาจากวิธีวิเคราะห์ของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016) และ Official Method of Analysis of Fertilizers (OMAF, 1987) นั้นได้ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แล้วว่ามี ความถูกต้อง และแม่นยำ เป็นที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล (วรรณรัตน์และคณะ, 2549) ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Flame photometer) ซึ่งเป็นหลักการอิมิซชันสเปกโทรสโกปี (Emission spectroscopy) โดยให้พลังงานแก่อะตอมด้วยเปลวไฟทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอมเปลี่ยนจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เสถียร อิเล็กตรอนจึงต้องกลับมาสู่สถานะพื้นที่ไม่เสถียรกว่าและเกิดการปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง โดยเครื่องมือจะทำการวัดปริมาณคลื่นแสงที่ปล่อยออกมา (Intensity of emission) สำหรับการวิเคราะห์ โดยหลักการนี้จะเกิดการรบกวนจากการแทรกสอดทางเคมี (Chemical interferences) ได้เสมอ เนื่องจากอุณหภูมิของเปลวไฟที่ใช้แก๊สอะเซทิลีน (Acetylene) เป็นเชื้อเพลิงและใช้อากาศ (Air) เป็นตัวออกซิเจนที่จะอยู่ในช่วง 2,300 ถึง 2,500 เคลวิน ซึ่งเป็นข้อจำกัดให้ธาตุหลายชนิดที่ไม่สามารถถูกกระตุ้นได้และไปรบกวนการวิเคราะห์ (Interference) เกิดสารประกอบที่แตกตัวยากหรือเกิดแบคกราวด์ (Background) สูง และอาจมีอิทธิพลของแอนไอออน

(Anion) เช่น ซัลเฟต ($(\text{SO}_4)^{2-}$) ฟอสเฟต ($(\text{PO}_4)^{3-}$) ที่รบกวนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะ (Dhanlal, 2000) โดยในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้หลักการเดียวกันนี้สามารถพัฒนาให้มีอุณหภูมิสูงถึง 10,000 เคลวิน และมีความเสถียรมากกว่าเปลวไฟของเฟลมโฟโตมิเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยวิธีนี้ยังคงเป็นเทคนิคแบบเดิมที่สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ต้องระวังการเลือกใช้อุณหภูมิของเปลวไฟและควรมีการเติมสารละลาย (Interfering anion) ที่ทำให้แอนไอออนซึ่งรบกวนการวิเคราะห์กลายเป็นสารประกอบที่ไม่รบกวนการวิเคราะห์ทั้งในสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน (แมนและคณะ, 2552) เช่น การเติมกรดไฮโดรคลอริกเพื่อวิเคราะห์โพแทสเซียมและโซเดียมในตัวอย่างซีเมนต์ (Junsomboon and Jakmunee, 2011) การเติมสารละลาย EDTA เพื่อวิเคราะห์แคลเซียมในตัวอย่างพืช (Alexander, 1963) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยเคมีโดยใช้เครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ หรือ อะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer : AAS) อาจมีการรบกวนจากฟอสเฟต กรดซิตริก และ กลีโกลแอมโมเนียม จึงมีการเติมสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตในกรดไฮโดรคลอริกเพื่อลดการรบกวนดังกล่าว (ลัดดาวัลย์ และคณะ, 2529) และในตัวอย่างปุ๋ยเคมีอาจมีธาตุอาหารพืชหรือสารประกอบที่รบกวนการวิเคราะห์ได้หากมีปริมาณมากกว่าโพแทสเซียมในอัตราส่วนดังนี้ คือ โซเดียม:โพแทสเซียม เท่ากับ 2:1 แคลเซียม:โพแทสเซียม เท่ากับ 20:1 แมกนีเซียม:โพแทสเซียม เท่ากับ 20:1 ฟอสเฟต:โพแทสเซียม เท่ากับ 50:1 และ ซัลเฟต:โพแทสเซียม เท่ากับ 100:1 (กิตติพร, 2535) ดังนั้นในการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยสำหรับวิธีมาตรฐานของเฟลมโฟโตเมทรี หรือ อะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมทรี จึงมีการเติมสารละลายเพื่อลดการรบกวนทางเคมี (Interference suppressor solution) ในปริมาตรสุดท้ายร้อยละ 10 โดยปริมาตร และมีการระบุว่าในกรณีที่ตัวอย่างไม่มีสารรบกวนไม่ต้องเติมสารลดการรบกวนทางเคมี (OMAF, 1987) ซึ่งในตัวอย่างปุ๋ยเคมีทั่วไปที่ต้องการวิเคราะห์โพแทสเซียมจะมีสารรบกวนดังกล่าวน้อยกว่าปริมาณโพแทสเซียม ดังนั้นการเติมสารละลายเพื่อลดการรบกวนทางเคมีอาจไม่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ จึงมีความเป็นไปได้ว่าการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีอาจยังคงให้ผลวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันและจะช่วยลดต้นทุนการวิเคราะห์ลงได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีและทดสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Sherwood model 420)
2. เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
3. เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Digital platform shaker)
4. เครื่องแก้วและวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติการทดสอบ
5. สารมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 1,000 มก./กก.
6. สารเคมี AR grade ได้แก่ Potassium chloride, Calcium carbonate, Urea, Hydrochloric acid
7. Potassium chloride : CRM (BCR 113)
8. Potassium dihydrogen phosphate : SRM (200b)
9. ปุ๋ยเคมีต่างๆ ได้แก่ ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด ปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ดผง ปุ๋ยเชิงเดี่ยวและปุ๋ยเชิงประกอบ

วิธีการ

1. ศึกษาผลของการเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีต่อปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี
 - 1.1 วิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด ปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ดผง ปุ๋ยเชิงเดี่ยวและปุ๋ยเชิงประกอบ โดยครอบคลุมความเข้มข้นของโพแทสเซียมใน ต่ำ กลางและสูง

โดยเติมสารลดการรบกวนทางเคมีตามวิธีในคู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี กรมวิชาการเกษตร ซึ่งประยุกต์จากวิธีวิเคราะห์ OMAF (1987) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีในสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน ตัวอย่างละ 10 ซีซี

1.2 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของปุ๋ยแต่ละชนิดจากวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี

1.2.1 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี

1.2.1.1 การทดสอบความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของวิธีวิเคราะห์ 2 วิธี

σ_1^2 = ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

σ_2^2 = ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมของวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

สมมุติฐาน

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

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

กำหนดค่านัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

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

1.2.1.2 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำของวิธีวิเคราะห์ 2

วิธี แบบ Independent sample t -test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

μ_1 = ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

μ_2 = ค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมจากวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

สมมุติฐาน

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

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

กำหนดค่านัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

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

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

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

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

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

2. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

2.1 การศึกษาหาช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity) และช่วงการใช้งาน (Range)

2.1.1 ชั่งตัวอย่างที่มีเนื้อสารชนิดเดียวกับปุ๋ยแต่ตัวไม่มีสารที่ทดสอบ (Sample blank) น้ำหนัก 1.xxxx กรัม เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 7 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 มก./กก.

ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียมกับค่าความเข้มข้นแสงที่อ่านจากเครื่องแฟลมโฟโตมิเตอร์ (Reading) พิจารณาช่วงที่เป็นเส้นตรง

2.1.2 ซั่งตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบแล้วเติมสารมาตรฐานโพแทสเซียม 7 ระดับ ในช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง 3 ซั่ง ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย บันทึกผล สร้างกราฟระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานโพแทสเซียมกับ ค่าเฉลี่ยของค่าที่อ่านจากเครื่องแฟลมโฟโตมิเตอร์ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เกณฑ์การยอมรับ $r \geq 0.995$ (APHA, AWWA and WEF, 2012)

2.1.3 ทดสอบผลกระทบจากลักษณะเนื้อสาร (Matrix effect) ของกราฟสารมาตรฐาน (Calibration curve) เกณฑ์การยอมรับ คือ ความชันของกราฟสารมาตรฐานโพแทสเซียมและกราฟสารมาตรฐานโพแทสเซียมที่เติมตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบต่างกันไม่เกิน 10 % (NATA Technical Note 17, 2013)

2.2 การศึกษาหาค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of detection ; LOD) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of quantitation ; LOQ)

2.2.1 ซั่งตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบ น้ำหนัก 1.0000 กรัม ดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คำนวณค่า LOD และ LOQ

2.2.2 พิสูจน์ค่าความแม่นยำและความเที่ยงของ LOQ

2.3 การพิสูจน์ค่าความแม่นยำและความเที่ยงของวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และ สูง โดยซั่งตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบและซั่ง CRM ความเข้มข้น ต่ำ กลางและสูงเติมลงไปพร้อมกับทำตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบดำเนินการทดสอบตามวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ย โดยทำการทดสอบระดับความเข้มข้นละ 15 ซั่ง แบบต่างวัน ประเมินค่าความแม่นยำโดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM เกณฑ์การยอมรับ %Recovery 98-102 (AOAC, 2016) และประเมินค่าความเที่ยงโดย HorRat (Horwitz's Ratio) เกณฑ์การยอมรับน้อยกว่า 2 (AOAC, 2016)

3 สรุปและรายงานผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์ความคุ้มค่าโดยเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ระยะเวลาการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงและความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1 ศึกษาวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมีแบบเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากการวิเคราะห์ของ 2 วิธี โดยนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวน (F-test) และใช้สถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากตัวอย่างปุ๋ย 31 สูตร 37 ตัวอย่าง ประเมินโดย one-tailed test พบว่า ปุ๋ยเชิงเดี่ยวและเชิงประกอบ (ตารางที่ 1) ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด (ตารางที่ 2) ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า (ตารางที่ 3) และปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ดผง (ตารางที่ 4) รวม 20 สูตร 25 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมากกว่าวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แตกต่างกับการศึกษาของ กิตติพร (2535) ซึ่งเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยวิธีตกตะกอน (Gravimetric sodium tetraphenylborate method) ซึ่งมีการเติมสารละลาย EDTA-NaOH เพื่อเป็นสารลดการรบกวนทางเคมี และวิธีแฟลมโฟโตเมตริก (Flame photometric method) ซึ่งไม่มีการเติมสารลดการรบกวนทางเคมี โดยทดลองในปุ๋ยเคมีเชิงผสม 20 ตัวอย่าง พบว่า ทั้งสองวิธีให้ผลวิเคราะห์ที่สอดคล้องกันแต่การวิเคราะห์ด้วยแฟลมโฟโตมิเตอร์มีค่าสูงกว่าและแตกต่างกับการศึกษาของลัดดาวัลย์และคณะ (2529) ซึ่งทำการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยวิธีสกัดตัวอย่างสารเคมีและปุ๋ยด้วยน้ำแล้วทดลองเติมและไม่เติมสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตในกรดไฮโดรคลอริก หรือ สารลดการรบกวนทางเคมี ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS เพื่อเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซัลเฟต และปุ๋ยเคมีเชิงผสม 3 สูตร พบว่า ผลวิเคราะห์ของทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน

เปรียบเทียบความเที่ยงของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำจากการวิเคราะห์ของ 2 วิธี โดยใช้สถิติ HorRat (Horwitz's ratio) เกณฑ์กำหนดน้อยกว่า 2.0 (AOAC, 2016) ดังแสดงในตารางที่ 1-4 พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบเติมสารลดการรบกวนทางเคมีและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี มีค่า HorRat ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 1 และ 2 ตัวอย่าง ตามลำดับ และพบว่า ค่า HorRat ของวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีค่าสูงกว่าวิเคราะห์โดยเติมสารลดการรบกวนทางเคมี จำนวน 28 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 37 ตัวอย่าง แสดงว่าการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมีผลให้ความเที่ยงของค่าวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในตัวอย่างปุ๋ยเคมีลดลง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณ %WK₂O ของปุ๋ยเชิงเดี่ยวและปุ๋ยเชิงประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

Formulas of straight and compound fertilizer		% WK ₂ O									
		0-52-34	0-52-34	13-0-46	13-0-46	45-97	51.45	0-0-50	0-0-50	0-0-60	0-0-60
Add suppressor	Mean	34.77	34.84	47.01	45.97	60.15	51.33	60.94	60.78	61.77	61.77
	SD	0.27	0.29	0.36	0.32	0.51	0.63	0.28	0.34	0.23	0.23
	HorRat	0.49	0.55	0.62	0.52	0.68	0.74	0.39	0.39	0.47	0.47
Non suppressor	Mean	34.41	34.54	46.62	45.47	59.21	51.66	60.67	59.88	61.11	61.11
	SD	0.44	0.34	0.47	0.38	0.54	0.55	0.33	0.61	0.45	0.45
	HorRat	1.15	0.98	1.23	1.00	0.64	0.73	0.76	0.71	0.51	0.51
P-value		0.11	0.35	0.11	0.44	0.35	0.43	0.33	0.07	0.04*	0.04*
α = 0.05		0.03*	0.04*	0.03*	0.01*	0.12	0.00*	0.04*	0.00*	0.00*	0.00*

* Significant at 5% level

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณ %WK₂O ของปุ๋ยเชิงผสมแบบเป็นเม็ดที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

Formulas of granulation mixed fertilizer		% WK ₂ O									
		10-0-4	8-8-8	12-3-3	12-9-21	8-3-15	13-13-21	6-0-30	6-0-30	10-10-35	10-10-35
Add suppressor	Mean	4.36	10.47	3.64	21.31	13.62	22.04	23.78	24.20	30.43	30.43
	SD	0.03	0.17	0.03	0.19	0.21	0.10	0.29	0.12	0.46	0.46
	HorRat	0.38	0.85	0.43	0.52	0.85	0.27	0.74	0.31	0.95	0.95
Non suppressor	Mean	4.37	10.54	3.61	21.25	13.39	21.99	23.55	23.79	29.95	29.95
	SD	0.06	0.22	0.07	0.40	0.20	0.26	0.23	0.17	0.28	0.28
	HorRat	0.67	1.13	0.85	1.12	0.82	0.72	0.58	0.43	0.59	0.59
P-value		0.07	0.23	0.04*	0.03*	0.45	0.01*	0.27	0.20	0.11	0.11
α = 0.05		0.25	0.22	0.14	0.35	0.02*	0.33	0.05	0.00*	0.01*	0.01*

* Significant at 5% level

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณ %WK₂O ของปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้าที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

Formulas of bulk blending		% WK ₂ O									
mixed fertilizer		25-9-9	27-12-6	16-16-8	22-5-22	17-17-17	29-5-18	14-7-35	15-5-35	14-7-35	
Add suppressor	Mean	9.77	7.27	7.89	21.93	17.23	18.43	34.57	34.70	36.04	
	SD	0.15	0.09	0.06	0.20	0.30	0.35	0.41	0.33	0.75	
	HorRat	0.82	0.65	0.38	0.56	1.58	1.10	0.77	0.62	1.34	
Non suppressor	Mean	9.68	7.23	7.69	21.22	16.87	17.64	32.90	32.85	34.35	
	SD	0.14	0.16	0.26	0.37	0.25	0.23	0.63	0.51	0.60	
	HorRat	0.77	1.15	1.75	1.05	0.87	0.76	1.22	0.99	1.12	
P-value	F-test	0.43	0.08	0.00*	0.07	0.34	0.15	0.15	0.14	0.29	
α = 0.05	t-test	0.11	0.25	0.03*	0.00*	0.04*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	

* Significant at 5% level

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณ %WK₂O ของปุ๋ยเชิงผสมแบบเกล็ดผงที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเติมและไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

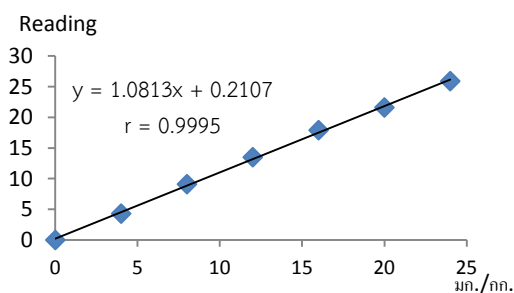
Formulas of crystal mixed		% WK ₂ O									
fertilizer		30-20-10	24-7-7	35-10-5	10-52-17	21-21-21	20-20-20	9-5-45	6-15-40	10-5-40	
Add suppressor	Mean	10.04	7.23	5.83	17.80	21.23	22.09	46.18	41.96	41.16	
	SD	0.51	0.21	0.16	0.23	0.51	0.31	0.58	0.32	0.45	
	HorRat	2.74**	1.50	1.37	0.77	1.44	0.84	0.85	0.51	0.73	
Non suppressor	Mean	9.62	6.85	5.57	17.21	20.51	21.51	44.13	40.33	39.97	
	SD	0.46	0.35	0.17	0.27	0.65	0.33	0.57	0.70	1.12	
	HorRat	2.54**	2.62**	1.49	0.92	1.88	0.93	0.86	1.15	1.86	
P-value	F-test	0.39	0.11	0.45	0.35	0.27	0.42	0.47	0.03*	0.01*	
α = 0.05	t-test	0.05	0.01*	0.04*	0.00*	0.01*	0.00*	0.00*	0.00*	0.01*	

* Significant at 5% level

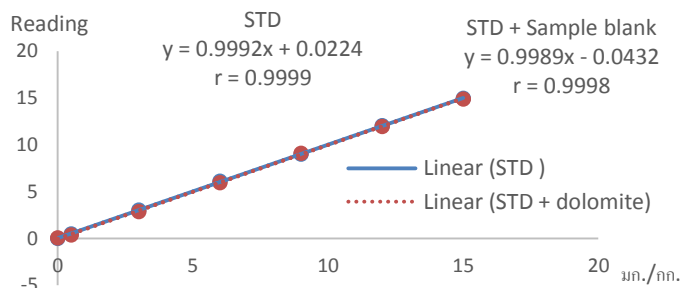
** HorRat > 2.0 (AOAC, 2016))

2. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

2.1 การหาช่วงความเป็นเส้นตรงและช่วงการใช้งาน โดยสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ; มก./กก. (แกน X) และค่าความเข้มของแสงที่อ่านจากเครื่อง (แกน y) เมื่อหาช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง พบว่าอยู่ในช่วง 0-24 มก./กก. (ภาพที่ 1) เลือกเอาช่วง 0-15 มก./กก. เป็นช่วงการใช้งานนำมาหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น ได้ค่า r เท่ากับ 0.9999 (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 ช่วงความเป็นเส้นตรงของการทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี



ภาพที่ 2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นและทดสอบผลกระทบจากลักษณะเนื้อสารของการทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี

2.2 ทดสอบผลกระทบจากลักษณะเนื้อสาร (Matrix effect) ของกราฟสารมาตรฐาน (Calibration curve) พบว่าความชันของกราฟสารมาตรฐานโพแทสเซียม เท่ากับ 0.9992 และความชันของกราฟสารมาตรฐานโพแทสเซียมที่เติม Sample blank (โดโลไมท์ : Dolomite($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)) เท่ากับ 0.9989 (ภาพที่ 2) ซึ่งมีความแตกต่างกัน 0.03% แสดงว่ากราฟทั้งสองมีความชันต่างกันไม่เกินเกณฑ์ยอมรับที่ 10% กราฟสารมาตรฐานในช่วง 0-15 มก./กก. จึงไม่มีผลกระทบจากลักษณะเนื้อสาร

2.3 การหา LOD และ LOQ (ตารางที่ 5)

การทดสอบตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบ จำนวน 15 ซ้ำ คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง พบว่า $SD = S_0 = 0.0247$

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

$$LOD = 3 \times S'_0 = 3 \times 0.0247 = 0.07 \%K_2O = 0.06 \text{ มก./กก.}$$

$$LOQ = 10 \times S'_0 = 10 \times 0.0247 = 0.25 \%K_2O = 0.21 \text{ มก./กก.}$$

2.4 พิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของ LOQ (ตารางที่ 5)

เนื่องจากไม่สามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของ LOQ ที่ระดับ 0.25 $\%K_2O$ จึงประมาณค่าและทดสอบที่ความเข้มข้นสูงขึ้นโดยลำดับและสามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงได้ที่ความเข้มข้น 10.0 $\%K_2O$ โดยชั่ง CRM สูตร 0-0-60 น้ำหนัก 8.2817 กรัม ใส่ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันเต็มลงใน ในตัวอย่างที่ไม่มีสารที่ทดสอบ แล้วนำไปทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยที่มีลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10.00 $\%K_2O$ สามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงของ LOQ ได้

ตารางที่ 5 การทดสอบความแม่นยำและเที่ยงตรงของวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำโดยไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีในปฏิกิริยาลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) แตกต่างกัน

Replication	LOD				LOQ and LOW (10.00 %K ₂ O)				Middle (34.61 ± 0.01 %K ₂ O)				High (60.39 ± 0.01 %K ₂ O)						
	Sample blank (g)	Reading	μn./m.	%K ₂ O	Sample blank (g)	CRM (g)	Reading	μn./m.	%K ₂ O	Sample blank (g)	SRM (g)	Reading	μn./m.	%K ₂ O	Sample blank (g)	CRM (g)	Reading	μn./m.	%K ₂ O
1	1.0079	0.00	-0.0361	-0.0432	1.0038	1.1408	9.39	9.27	9.79	1.0052	0.2816	8.32	8.25	35.17	1.0059	0.2427	12.13	12.03	59.73
2	1.0029	0.00	0.0096	0.0115	1.0006	1.1710	9.64	9.52	9.79	1.0086	0.2840	8.19	8.12	34.43	1.0000	0.2479	12.17	12.12	58.91
3	1.0250	0.00	0.0052	0.0062	1.007	1.2368	10.13	10.00	9.74	1.0064	0.2819	8.08	8.03	34.32	1.0050	0.2426	12.34	12.21	60.64
4	1.0130	0.00	-0.0279	-0.0331	1.0084	1.1346	9.39	9.27	9.84	1.0068	0.2877	8.43	8.32	34.85	1.0032	0.2429	12.04	11.87	58.87
5	1.0095	0.00	-0.0364	-0.0434	1.0083	1.1464	9.46	9.34	9.81	1.0015	0.2820	8.25	8.15	34.80	1.0066	0.2483	12.49	12.28	59.55
6	1.0376	0.02	0.0191	0.0222	1.0082	1.1516	9.47	9.35	9.78	1.0012	0.2866	8.31	8.27	34.77	1.0034	0.2409	11.72	11.67	58.36
7	1.0170	0.00	0.0100	0.0119	1.0096	1.3080	10.98	10.85	9.99	1.0025	0.2876	8.42	8.41	35.20	1.0061	0.2451	12.05	11.99	58.91
8	1.0055	0.00	-0.0006	-0.0007	1.0008	1.1352	9.62	9.50	10.08	1.0016	0.2859	8.27	8.09	34.08	1.0089	0.2403	12.12	12.07	60.51
9	1.0112	0.00	-0.0016	-0.0019	1.0032	1.1858	9.77	9.65	9.80	1.0059	0.2841	8.32	8.24	34.95	1.0061	0.2407	11.94	11.82	59.18
10	1.0037	0.01	0.0086	0.0104	1.0004	1.1090	9.17	9.05	9.83	1.0099	0.2838	8.30	8.25	35.02	1.0081	0.2489	12.41	12.32	59.61
11	1.0028	-0.02	0.0111	0.0133	1.0221	1.1332	10.99	10.90	9.86	1.0046	0.2634	7.61	7.53	34.45	1.0168	0.2406	11.83	11.77	58.91
12	1.0069	0.01	0.0319	0.0382	1.0189	1.3486	11.07	10.98	9.81	1.0075	0.2626	7.58	7.44	34.11	1.0247	0.2469	11.99	11.90	58.05
13	1.0041	0.01	0.0195	0.0234	1.0203	1.1546	9.44	9.36	9.76	1.0090	0.2874	8.41	8.38	35.10	1.0150	0.2421	11.89	11.79	58.68
14	1.0054	0.00	-0.0003	-0.0004	1.0167	1.2605	10.42	10.33	9.87	1.0036	0.2760	7.88	7.80	34.06	1.0250	0.2481	12.18	12.04	58.47
15	1.0077	0.01	-0.0200	-0.0239	1.0214	1.2180	9.99	9.90	9.79	1.0019	0.2615	7.56	7.50	34.56	1.0312	0.2447	12.46	12.29	60.51
Mean			-0.0005	0.0006					9.84					34.66					59.26
SD			0.0207	0.0247					0.09					0.40					0.81
% Recovery			-	-					98.34					100.14					98.13
HorRat			-	-					0.48					0.75					0.96

2.5 การพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง (ตารางที่ 5)

ผลการทดลองพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงได้ที่ความเข้มข้น 10.00 %K₂O ส่วนที่ระดับความเข้มข้นกลางและสูง สามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงได้ที่ความเข้มข้น 34.61 และ 60.39 %K₂O ตามลำดับ

3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่า

เมื่อพิจารณาต้นทุนการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำของกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี พบว่า มีต้นทุน 601.09 บาทต่อตัวอย่าง ซึ่งในการเตรียมสารลดการรบกวนทางเคมีโดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตละลายในกรดไฮโดรคลอริกมีต้นทุนค่าสารเคมี 5.70 บาทต่อตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 0.95 ของต้นทุนการวิเคราะห์ โดยระหว่างปี 2556-2558 มีตัวอย่างที่วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม 6,346, 7,056 และ 5,877 ตัวอย่าง เฉลี่ยเท่ากับ 6,426 ตัวอย่างต่อปี ดังนั้นการไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีจะสามารถลดต้นทุนการวิเคราะห์โพแทสเซียมเฉพาะค่าสารเคมีได้เป็นมูลค่าถึง 36,628 บาทต่อปี

ตารางที่ 6 สรุปต้นทุนการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

ลำดับ	รายการต้นทุนการวิเคราะห์	บาท/ตัวอย่าง
1	ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ	11.31
2	สารเคมีและวัสดุวิทยาศาสตร์	356.03
3	รายจ่ายด้านสาธารณูปโภค	23.78
4	แรงงาน	106.20
5	การจัดเตรียมเอกสาร	4.31
รวม	$1.2 \times (11.31 + 356.03 + 23.78 + 106.20) + 4.31 =$	601.09

สรุปผลการทดลอง

1 การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในตัวอย่างปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า ปุ๋ยเชิงผสมแบบเกร็ดผง ปุ๋ยเชิงเดี่ยวและปุ๋ยเชิงประกอบ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมจากวิธีวิเคราะห์ที่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีมากกว่าวิธีวิเคราะห์ที่ไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 25 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 37 ตัวอย่าง การไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมีจึงมีแนวโน้มทำให้ผลวิเคราะห์ต่ำและความเที่ยงลดลง

2 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนทางเคมี พบว่าช่วงที่เป็นเส้นตรงในการทดสอบ อยู่ในช่วง 0-24 มก./กก. เลือกช่วง 0-15 มก./กก. ซึ่งมีค่า r เท่ากับ 0.9999 เป็นช่วงการใช้งาน ชัดจำกัดในการตรวจพบ (LOD) คือ 0.07 %K₂O หรือ 0.06 มก./กก. และชัดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ที่สามารถพิสูจน์ความแม่นยำและเที่ยงตรงได้ คือ 10.00 %K₂O โดยความแม่นยำและเที่ยงตรงที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง คือ 10.00, 34.61 และ 60.39 %K₂O อยู่ในเกณฑ์การยอมรับ ดังนั้นวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำแบบไม่เติมสารลดการรบกวนจึงมีความแม่นยำและเที่ยงตรงของการตรวจวิเคราะห์อยู่ในช่วงความเข้มข้น 10.00 - 60.39 %K₂O จึงไม่เหมาะสมกับตัวอย่างปุ๋ยที่มีค่าโพแทสเซียมปริมาณต่ำกว่า 10 %K₂O

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นข้อมูลประกอบการตรวจรับรองห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของเอกชนซึ่งอาจมีการวิเคราะห์แตกต่างไปจากกรรมวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

- กิตติพร เหล่าแสงธรรม. 2535. การศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยเคมี โดย Flame Photometric Method: เอกสารรายงานการวิจัยของบุคลากร กรมวิทยาศาสตร์บริการ. แหล่งข้อมูล: http://lib3.dss.go.th/fulltext/Vichakran/vichakran_cd_0004.pdf, 7 มกราคม 2558.
- แม่น อมรสิทธิ์ อมร เพชรสม ยุวดี เชี่ยววัฒนา อติยา ศิริภิญญานนท์ ศรีวิไล โอมภิญญาณ และอุมาพร สุขม่วง. 2552. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ Principle and Techniques of Instrumental Analysis Spectroscopy. ชวนพิมพ์ กรุงเทพมหานคร. 676 หน้า.
- ลัดดาวลย์ มีสุข จันทิรา อริยธัช สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์ และเพ็ญศรี ชูวรเวช. 2529. การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยชนิดต่างๆ โดยใช้และไม่ใช้ suppressor. หน้า 17-22 ใน *เอกสารวิชาการด้านปฐพีวิทยาผลงานวิจัยประจำปี 2529 เล่ม 1*. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.
- วรรณรัตน์ ชุตติบุตร อมรา หายจวนิช และชฎาพร คงนาม. 2549. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ในปุ๋ย. หน้า 50-57 ใน *ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2549*. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- Alexander, K.E.F. 1963. Flame Photometric Determination of Cations in Cane Leaves and Stalks. *Proceeding of The South African Sugar Technologists's Association* : 130-133
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environmental Federation (WEF). 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22th Edition. Washington, DC., USA. p. 1-7.
- Association of Official Analytical Chemises (AOAC). 2016. Official Method of Analysis of AOAC International 20th Edition. Gaithersburg Maryland, USA. Official Method 983.02 p.23-26.
- Dhanlal, D.L. 2000. Types of Interferences in Atomic absorption Spectroscopy. แหล่งข้อมูล: <http://delloyd.50megs.com/moreinfo/AAinterferences.html>, 30 เมษายน 2560.
- Junsomboon, J. and J. Jakmunee. 2011. Determination of Potassium, Sodium and Alkalies in Portland Cement, Fly Ash, Admixtures and Water of Concrete by a Simple Flow Injection Flame Photometric System. *Journal of Automate Methods and Management in Chemistry* : 1-9.
- NATA Technical Note 17. 2013. Guideline for The Validation and Verification of Quantitative and Qualitative Test Methods. National Association of Testing Authorities, Australia. p. 8-10.
- Official Method of Analysis of Fertilizers (OMAF). 1987. The National Institute of Agriculture Sciences Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan. Official Method 4.3.3 p. 34-36.

การพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน

Development of Soil Test Kits to Determine Organic Matter Phosphorus and Potassium in Soils

สุภา โพธิ์จันทร์ จีระรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ ญาณธิชา จิตต์สะอาด สงกรานต์ มะลิสอน
พจมาลย์ ภูสาร จิตติรัตน์ ชูชาติ

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

.....

บทคัดย่อ

การพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกร นักวิชาการและผู้สนใจในการเข้าถึงการวิเคราะห์ดินทางการเกษตร ซึ่งชุดตรวจสอบที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ อินทรีย์วัตถุใช้หลักการการออกซิไดซ์คาร์บอนด้วย KMnO_4 ฟอสฟอรัสวัดแปลงจาก Molybdenum blue method และโพแทสเซียมวัดแปลงจาก Turbidimetric method โดยการตกตะกอนโพแทสเซียมด้วย Sodium tetraphenylborate ซึ่งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะใช้น้ำยาสกัดเดี่ยว (Mehlich I) เพื่อช่วยในการลดขั้นตอนและสารเคมี ที่ได้ทดสอบแล้วว่าให้ค่าวิเคราะห์ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.959** และ 0.945** สำหรับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลำดับ และเพื่อให้สอดคล้องกับการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินของกรมวิชาการเกษตร จึงได้ทำการหาตัวแปรระหว่างน้ำยาสกัดเดี่ยวและน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สมการ Linear regression ระหว่างค่าวิเคราะห์ที่ได้จากน้ำยาสกัดเดี่ยวและน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ คือ $y=0.9581x-12.973$ สำหรับฟอสฟอรัส และ $y=0.5372x+15.283$ สำหรับโพแทสเซียม และผลจากการทดลองให้เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์เบื้องต้นในพื้นที่จังหวัดพิจิตรและร้อยเอ็ดรวมทั้งหมด 7 คน พบว่า เกษตรกร 100 เปอร์เซ็นต์สามารถใช้งานได้ มีความพึงพอใจมาก และจากผลการทดสอบสามารถประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเบื้องต้นได้ แต่อย่างไรก็ตามชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินนี้ยังต้องมีการพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ง่ายมากขึ้นและมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

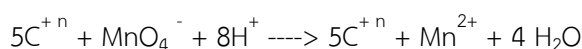
คำสำคัญ: ชุดตรวจสอบ น้ำยาสกัด อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม

คำนำ

ดินเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญ เพราะเป็นแหล่งผลิตปัจจัยทั้ง 4 การทำการเกษตรในช่วงที่ผ่านมาการเพาะปลูกได้มีการใช้ดินอย่างเข้มข้น แต่กลับละเลยการดูแลรักษาสภาพของดินอย่างถูกต้อง ทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมทั้งด้านโครงสร้างของดินและคุณสมบัติของดินอย่างมาก ส่งผลกระทบในด้านการลงทุนของเกษตรกรที่ต้องเพิ่มปัจจัยการผลิตมากขึ้น ปัญหาสภาพดินเสื่อมโทรมนั้นมีลักษณะความผิดปกติของดินที่เกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ สำหรับวิธีการที่ทำให้เราทราบถึงสาเหตุได้ถูกต้องและใกล้เคียงที่มากที่สุดคือ การวิเคราะห์ดิน เพื่อให้ทราบถึงความอุดมสมบูรณ์และปัญหาของดินในแปลงปลูกพืช พร้อมกับคำแนะนำ ในการแก้ไข ปรับปรุง บำรุงดิน เช่น การใช้ปุ๋ย การใช้น้ำปรับปรุงดินกรด รวมทั้งการใช้วัสดุ หรือสารปรับปรุงดินอย่างอื่นตามความจำเป็น เพื่อให้การปลูกพืชได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นและมีคุณภาพดีขึ้น ลดการใช้ปุ๋ยเกินความจำเป็น ลดการปนเปื้อนของปุ๋ยสู่สิ่งแวดล้อม และที่สำคัญคือลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร ซึ่งโดยทั่วไปการวิเคราะห์ดินมุ่งเน้นวิเคราะห์ปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งโดยทั่วไปการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในดินแต่ละธาตุใช้วิธีการสกัดไม่เหมือนกัน และเมื่อสกัดแล้ว การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำยาสกัดก็ใช้วิธีที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นการใช้

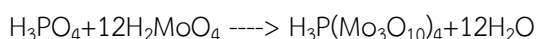
น้ำยาสกัดเดี่ยว (Single extractant) ที่สามารถสกัดได้หลายธาตุในครั้งเดียวจะสามารถประหยัดได้ทั้งสารเคมี เวลา และแรงงานในการวิเคราะห์หลังได้ ซึ่งสำหรับดินในประเทศไทยได้มีผู้ศึกษาการใช้ น้ำยาสกัดเดี่ยวไว้หลายท่าน เช่น Attanandana *et al.* (2001) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ NPK ด้วยน้ำยาสกัด 10 วิธี และพบว่า ค่าวิเคราะห์จากน้ำยาสกัด Mehlich I และ Morgan ให้ค่าสหสัมพันธ์สูงระหว่างค่าวิเคราะห์ของธาตุทั้งสามกับ น้ำหนักแห้ง และปริมาณการดูดกินธาตุอาหารทั้งหมดของข้าวโพด ส่วน สุรเชษฐ์ (2550) ทำการศึกษาประเมิน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์โดยใช้วิธีสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich III และ Ammonium bicarbonate-DTPA (AB-DTPA) ในดินที่ปลูกข้าวโพด 8 ชุดดิน พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดด้วย Mehlich III มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดของ ข้าวโพด แต่การสกัดด้วย AB-DTPA ให้ผลคล้ายกับการสกัดด้วย Mehlich III แต่มีสหสัมพันธ์ที่ต่ำกว่า

ปัจจุบัน การให้คำแนะนำปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตรยังคงอาศัยการประเมินไนโตรเจน จากปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter: OM) ซึ่งมีวิธีวิเคราะห์หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือวิธี Wet acid dichromate oxidation โดยวิธี Walkley and Black (1934) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาในส่วนของอินทรีย์วัตถุ ในดิน ตั้งแต่เศษซากพืชซากสัตว์และจุลินทรีย์ รวมถึงกรดอินทรีย์ ที่ได้จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งอัตราเร็วของการ ย่อยสลายขึ้นกับอุณหภูมิ ความชื้น และสภาพแวดล้อม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) แต่ พบว่า สารเคมีที่ใช้ ในการวิเคราะห์ คือ กรดซัลฟิวริก และ โพแทสเซียมไดโครเมต เป็นสารที่มีอันตรายต่อผู้ทำการทดลองและมีราคาสูง อีกทั้ง เป็นสารที่ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและยากต่อการกำจัด การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุอีกวิธี คือ วิธีวิเคราะห์หา ปริมาณคาร์บอนที่ละลายได้ (Labile carbon) โดยวัดปริมาณคาร์บอนที่ถูกออกซิไดส์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกา เนต (KMnO₄) หรือด่างทับทิม (Culman *et al.*, 2012) เป็นการทำให้ปฏิกิริยาระหว่าง KMnO₄ กับคาร์บอนในดินนั้น จะทำให้คุณสมบัติของ KMnO₄ เปลี่ยนไปคือสีม่วงเข้มเปลี่ยนเป็นสารละลายใสไม่มีสี (KMnO₄ 1 โมลสารจะออกซิไดซ์ คาร์บอนได้ 9,000 มิลลิกรัม) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนประจุของ Mn⁺⁷ เป็น Mn⁺² (Loginow *et al.*, 1987) ดังสมการ

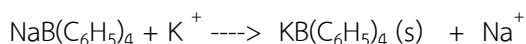


วิธีนี้เป็นวิธีมีการเกิดสีชัดเจน สามารถพัฒนาเป็นชุดตรวจสอบอย่างง่ายได้ อีกทั้งมีราคาถูก ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม และผู้ใช้งาน และมีผู้ศึกษาไว้แล้วว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (ศุภจิตา, 2553; Culman *et al.*, 2012; Lucus and Weil, 2012) จึงสามารถใช้ประเมินปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available phosphorus: Avail. P) ที่นิยมใช้และสามารถ ประยุกต์ใช้พัฒนาเป็นชุดตรวจสอบอย่างง่ายได้ คือ Molybdenum blue method เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถเห็น ความแตกต่างของสีน้ำเงินชัดเจนที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดิน โดยสีน้ำเงินเกิดจาก Phosphate ion จากสารละลายดิน ทำปฏิกิริยากับ Ammonium molybdate ascorbic acid ทำให้เกิด สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ดังสมการ



การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exchangeable potassium: Exch. K) สามารถได้หลายวิธี แต่วิธีที่สามารถประยุกต์ใช้พัฒนาเป็นชุดตรวจสอบอย่างง่าย คือ Turbidimetric method (Engelbrecht and MaCoy, 1956) โดยตกตะกอนโพแทสเซียมกับ Sodium tetraphenylboron ดังสมการ



การพัฒนาชุดตรวจสอบธาตุอาหารในดิน ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีแนวคิดให้ใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย ปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม เกษตรกรสามารถวิเคราะห์ได้เองในภาคสนาม และมีโอกาสทราบ ถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่เป็นทุนเดิมในดินและพืชก่อนปลูกหรือก่อนใส่ปุ๋ยของพื้นที่ ซึ่ง Attanadana *et al.*,

(2543) ได้พัฒนาชุดตรวจสอบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมในดินด้วยวิธีอย่างง่ายแบบเทียบสีที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับวิธีในห้องปฏิบัติการ

วิธีดำเนินงาน

อุปกรณ์

1. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์
2. เครื่อง UV/Visible Spectrophotometer
3. เครื่อง Flame Photometer
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
5. Automatic zero burette ขนาด 25 มิลลิลิตร
6. สารเคมี เครื่องแก้วและวัสดุวิทยาศาสตร์อื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน

วิธีการ

1. หาน้ำยาสกัดเดี่ยวที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน
 - 1.1 คัดเลือกตัวอย่างดินที่มีสมบัติแตกต่างกัน คือ มี pH ดิน ตั้งแต่กรดถึงด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตั้งแต่ต่ำถึงสูง มีเนื้อดินหยาบถึงละเอียด
 - 1.2 สกัดฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน โดยน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการคือ Bray II และ 1N NH₄OAc ตามลำดับ และวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ คือ Molybdenum blue method และ Flame photometer สำหรับ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ตามลำดับ
 - 1.3 สกัดฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน โดยน้ำยาสกัดเดี่ยวที่สามารถสกัดฟอสฟอรัสและ โพแทสเซียมได้ในครั้งเดียว ได้แก่ Mehlich I และ AB-DTPA และวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ คือ Molybdenum blue method และ Flame photometer สำหรับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ตามลำดับ
 - 1.4 เปรียบเทียบน้ำยาสกัด ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ และน้ำยาสกัดเดี่ยว โดยหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและน้ำยาสกัดเดี่ยว

ตารางที่ 1 รายละเอียดของน้ำยาสกัดชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

น้ำยาสกัด	ส่วนประกอบทางเคมี	อัตราส่วน (ดิน:น้ำยาสกัด)	เวลาสกัด	ธาตุที่สกัดได้
Bray II	0.03M NH ₄ F + 0.1M HCl	1 : 10	40 sec	P
Ammonium acetate	1N NH ₄ OAc	1 : 10	30 min	K
Mehlich I	0.05M HCl, 0.0125M H ₂ SO ₄	1 : 5	5 min	NPK
AB-DTPA	1M NH ₄ HCO ₃ , 0.005M DTPA	1 : 2	15 min	PK

2. หาตัวแปรระหว่างน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและน้ำยาสกัดเดี่ยว
 - 2.1 คัดเลือกตัวอย่างดินที่มีสมบัติแตกต่างกัน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามกลุ่มเนื้อดิน คือ กลุ่มดินเนื้อละเอียด (Fine-textured soils) กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (Medium-textured soils) กลุ่มดินเนื้อหยาบ (Coarse-textured soil)
 - 2.2 วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ และโพแทสเซียมในดิน โดยวิธีที่ใกล้เคียงกับชุดตรวจสอบ คือ
 - ใช้้ำยาสกัดเดี่ยวที่คัดเลือกได้
 - ใช้ซ็อนตวงตักดินแทนการชั่งดิน
 - เขย่าดินด้วยมือแทนการเขย่าด้วยเครื่อง
 - วิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ด้วยวิธี Molybdenum blue method และ Flame photometer ตามลำดับ

- คำนวณผลวิเคราะห์โดยสมมุติให้น้ำหนักดินที่ตกได้โดยการใช้ช้อนเท่ากับน้ำหนักที่ชั่ง
- 2.3 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ที่ได้กับผลวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน โดยวิธีที่ใกล้เคียงกับชุดตรวจสอบและวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
- 2.4 หาตัวแปรระหว่างค่าวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ และค่าวิเคราะห์ที่ได้จากน้ำยาสกัดเดี่ยวจากสมการเส้นตรง (Linear regression)
- 3. พัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน โดยใช้หลักการ ดังนี้
 - 3.1 อินทรีย์วัตถุ คัดแปลงจาก วิธีออกซิไดซ์คาร์บอนด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO₄)
 - 3.2 ฟอสฟอรัส คัดแปลงจาก Molybdenum blue method
 - 3.3 โพแทสเซียม คัดแปลงจาก Turbidimetric method โดยการตกตะกอนโพแทสเซียมกับ Sodium tetraphenylborate ซึ่งถ้าในดินมีปริมาณโพแทสเซียมสูงจะตกตะกอนได้มาก
- 4. การนำไปใช้ประโยชน์โดยให้เกษตรกรในพื้นที่ทดลองใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. หาน้ำยาสกัดเดี่ยวที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน
 คัดเลือกตัวอย่างดินที่มีสมบัติแตกต่างกัน คือ มี pH ดิน ตั้งแต่กรดถึงด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตั้งแต่ต่ำถึงสูง มีเนื้อดินหยาบถึงละเอียด จำนวน 73 ตัวอย่าง วิเคราะห์ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมโดยใช้น้ำยาสกัดมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Bray II และ NH₄OAc) และน้ำยาสกัดเดี่ยว พบว่า น้ำยาสกัดเดี่ยวทั้งสองชนิดให้ค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ต่ำกว่าน้ำยาสกัดมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 2) และเมื่อหาความสัมพันธ์ของทั้งสองวิธี พบว่า Mehlich I ให้ค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกว่าน้ำยาสกัดมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ส่วน AB-DTPA ให้ค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำยาสกัดมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 3) จึงเลือกใช้ Mehlich I เป็นน้ำยาสกัดเดี่ยวสำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน

ตารางที่ 2 ช่วงและค่าเฉลี่ยของค่าวิเคราะห์ดินที่ใช้ในการคัดเลือกน้ำยาสกัดเดี่ยว

รายการวิเคราะห์	น้ำยาสกัด	วิธีวิเคราะห์	ช่วง	เฉลี่ย
pH ดิน	-	ดิน : น้ำ (1:1)	4.1-8.4	6.1
ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (dS/m)	-	ดิน : น้ำ (1:5)	0.018-4.000	0.341
อินทรีย์วัตถุ (%)		Walkley and Black	0.13-8.53	2.30
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	Bray II		3-1108	158
	Mehlich I	Molybdenum blue method	1-989	128
	AB-DTPA		0-230	28
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	1N NH ₄ OAc		7-1188	214
	Mehlich I	Flame photometer	19-595	153
	AB-DTPA		32-931	270
เนื้อดิน	-	Hydrometer	Sand-Clay	-

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมโดยใช้น้ำยาสกัด Mehlich I และน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

น้ำยาสกัด	P (Bray II)	K (NH ₄ OAc)
Mehlich I	0.959**	0.945**
AB-DTPA	0.661	0.997**
จำนวนตัวอย่าง	73	73

** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (99%) โดย Linear regression

2. การหาตัวแปรระหว่างน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและน้ำยาสกัดเดี่ยว

เพื่อให้สอดคล้องกับการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร ที่ประเมินปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากน้ำยาสกัด Bray II และ NH₄OAc ตามลำดับ จึงต้องมีการหาตัวแปรระหว่างค่าวิเคราะห์จากน้ำยาสกัดเดี่ยว (Mehlich I) และ Bray II และ NH₄OAc จากการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยวิธีที่ใกล้เคียงกับชุดตรวจสอบและวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการในแต่ละกลุ่มเนื้อดิน พบว่า ทุกกลุ่มเนื้อดินมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 4) แสดงว่า วิธีที่ใกล้เคียงกับชุดตรวจสอบ คือ การใช้ช้อนตักดินแทนการชั่งดินและการเขย่าด้วยมือแทนการเขย่าด้วยเครื่องเขย่าและประเภทเนื้อดินไม่มีผลต่อค่าวิเคราะห์ จึงสามารถนำมาใช้สำหรับชุดตรวจสอบได้ ดังนั้นจึงเลือกสมการเส้นตรงของค่าวิเคราะห์ตัวอย่างดินทั้งหมดทั้งสามกลุ่มเนื้อดิน ดังภาพที่ 1 ในการหาตัวแปรระหว่างน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและน้ำยาสกัดเดี่ยว

ตามรูปของสมการเส้นตรง คือ $y=ax+c$

เมื่อ x คือ ผลวิเคราะห์จากน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

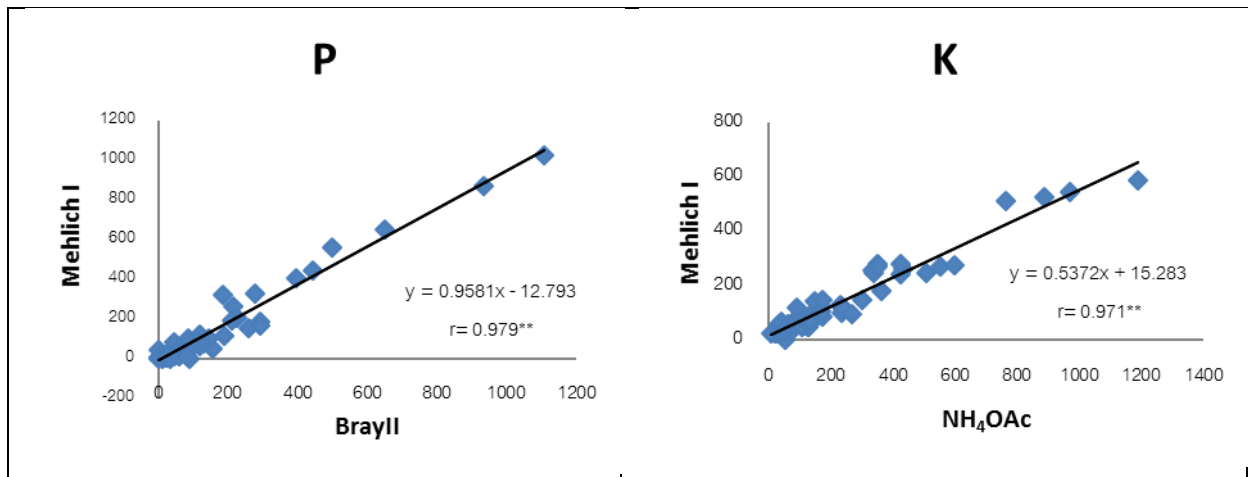
y คือ ผลวิเคราะห์จากน้ำยาสกัดเดี่ยว

ดังนั้นเมื่อแทนค่าผลวิเคราะห์จากน้ำยาสกัดเดี่ยวลงในสมการก็จะได้ผลวิเคราะห์จากน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยวิธีที่ใกล้เคียงกับชุดตรวจสอบและวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการในแต่ละกลุ่มเนื้อดิน (correlation coefficient: r)

กลุ่มเนื้อดิน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient: r)	
	P (Bray II & Mehlich I)	K (Bray II & NH ₄ OAc)
กลุ่มดินเนื้อละเอียด	0.985**	0.987**
กลุ่มดินเนื้อปานกลาง	0.973**	0.977**
กลุ่มดินเนื้อหยาบ	0.986**	0.988**
รวมสามกลุ่ม เนื้อดิน	0.979**	0.971**

** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (99%) โดย Linear regression



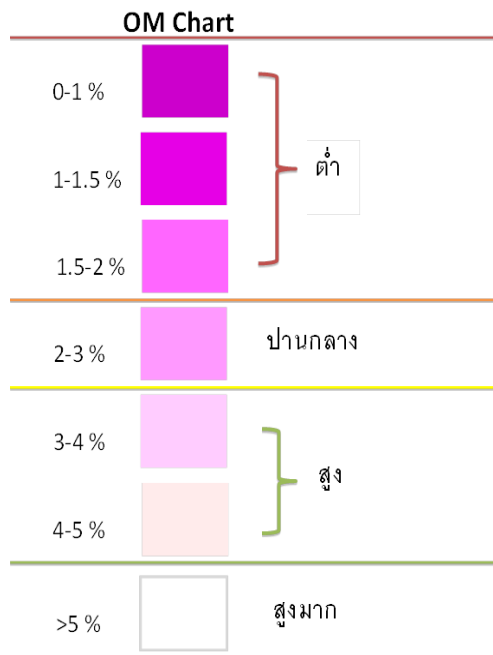
ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยวิธีที่ใกล้เคียงกับชุดตรวจสอบและวิธีมาตรฐาน ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการของทุกกลุ่มเนื้อดิน

3. การพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน

- 3.1 อินทรีย์วัตถุ ดัดแปลงจาก วิธีออกซิไดซ์คาร์บอนด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) โดยใช้หลักการการออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอนด้วย โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) และเทียบสีโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ที่สูญเสียไป ซึ่งถ้าในดินมีอินทรีย์คาร์บอนหรืออินทรีย์วัตถุสูง สีของ KMnO_4 จะจางลง อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยน้ำยา OM1, OM2, OM3 หลอดเขย่า OM กระดาษ OM และ แผ่นเทียบสี OM
- 3.2 ฟอสฟอรัส ดัดแปลงจาก Molybdenum blue method อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยน้ำยาพีเค 1 หลอดเขย่าพีเค น้ำยาพี กระดาษพี และแผ่นเทียบสีพี (น้ำยาพีเค 1 และหลอดเขย่าพีเค ใช้ในการเขย่าฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม)
- 3.3 โพแทสเซียม ดัดแปลงจาก Turbidimetric method ซึ่งถ้าในดินมีปริมาณโพแทสเซียมสูงจะตกตะกอนได้มาก อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยน้ำยาพีเค 1 หลอดเขย่าพีเค (ใช้ร่วมกับฟอสฟอรัส) น้ำยาเค 1 น้ำยาเค ขวดทำสีเค และชุดเทียบสีเค
- 3.4 จัดชุดเทียบสีโดยปรับตัวแปรเรียบร้อยแล้ว และใช้เกณฑ์ความเข้มข้น ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 2-4
- 3.5 จัดทำคู่มือคำแนะนำวิธีการใช้งานและจัดทำชุดตรวจสอบ (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 5 เกณฑ์ประเมินผลวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน

Parameter	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
Organic Matter (%)	0-2	2-3	> 3
Available Phosphorus (มก./กก.)	< 15	15-45	> 45
Exchangeable Potassium (มก./กก.)	< 50	50-100	> 100



ภาพที่ 2 แผ่นเทียบสีอินทรีย์วัตถุ และฟอสฟอรัส



ภาพที่ 3 แผ่นเทียบสีฟอสฟอรัส



ภาพที่ 4 ชุดเทียบสีโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 20-1500 มก./กก.



ภาพที่ 5 ชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน



ภาพที่ 6 การทดลองใช้ชุดตรวจสอบของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพิจิตรและร้อยเอ็ด

4. การนำไปใช้ประโยชน์

ได้มีการนำชุดตรวจสอบไปให้เกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมดูแลสุขภาพดินและน้ำ ในพื้นที่จังหวัดพิจิตรทดสอบ ฟอสฟอรัส จำนวน 5 ราย และจังหวัดร้อยเอ็ด ทดสอบ อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จำนวน 2 ราย ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์ที่ได้จากชุดตรวจสอบและห้องปฏิบัติการ

เกษตรกร	จังหวัด	OM (%)		Avail.P (มก./กก.)		Exch.K (มก./กก.)		MC (%)
		OM kit	OM lab	P kit	P lab	K kit	K lab	
1. นายประจวบ	พิจิตร	-	-	60	58	-	-	5.57
2. ลุงไพบูลย์	พิจิตร	-	-	30	40	-	-	13.06
3. นางสมพร	พิจิตร	-	-	200	187	-	-	5.99
4. นางราตรี	พิจิตร	-	-	30	13	-	-	3.14
5. นางจำนงค์	พิจิตร	-	-	10	36	-	-	8.39
6. นางทองพูล	ร้อยเอ็ด	1-1.5	0.66	60	77	150	98	10.32
7. นางบุญเรือง	ร้อยเอ็ด	0-1	0.20	10	5	65	20	9.14

จากการสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรทั้งหมด เห็นว่า ชุดตรวจสอบสามารถใช้งานง่าย ทราบผลได้เร็ว ปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม สามารถประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในเบื้องต้นได้ เกษตรกรมีความพึงพอใจและมีความสนใจที่จะนำไปใช้ ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

ได้ชุดตรวจสอบอย่างง่าย โดยอินทรีย์วัตถุใช้หลักการการออกซิไดซ์คาร์บอนด้วย KMnO_4 ฟอสฟอรัส ดัดแปลงจาก Molybdenum blue method และโพแทสเซียมดัดแปลงจาก Turbidimetric method โดยการ ตกตะกอนโพแทสเซียมด้วย Sodium tetraphenylborate ซึ่งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะใช้น้ำยาสกัดเดี่ยว (Mehlich I) เพื่อช่วยในการลดขั้นตอนและสารเคมี ที่ทดสอบแล้วทำให้ค่าวิเคราะห์ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ยิ่งกับน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.959** และ 0.945** สำหรับฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ตามลำดับ และเพื่อให้สอดคล้องกับการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินของกรมวิชาการ เกษตร จึงได้ทำการหาตัวแปรระหว่างน้ำยาสกัดเดี่ยวและน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สมการ Linear regression ระหว่างค่าวิเคราะห์ที่ได้จากน้ำยาสกัดเดี่ยวและน้ำยาสกัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ คือ $y=0.9581x-12.973$ สำหรับฟอสฟอรัส และ $y=0.5372x+15.283$ สำหรับโพแทสเซียม และผลจากการทดลองให้เกษตรกรนำไป ใช้ประโยชน์เบื้องต้นในพื้นที่จังหวัดพิจิตรและร้อยเอ็ดรวมทั้งหมด 7 คน พบว่า เกษตรกร 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถ ใช้งานได้ มีความพึงพอใจมากและจากผลการทดสอบสามารถประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในเบื้องต้นได้ แต่อย่างไรก็ตาม ชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินนี้ยังต้องมีการพัฒนาให้ สามารถใช้งานได้ง่ายมากขึ้นและมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ได้ชุดตรวจสอบอย่างง่ายอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน ที่สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัยต่อ ผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปในภาคสนามได้

เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศุภธิดา อ่ำทอง. 2553. การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ Permanganate Oxidizable Carbon เพื่อใช้ในการวัดปริมาณอินทรีย์วัตถุในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน. *รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้*. ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม. คณะผลิตกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 37 หน้า.
- สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์. 2550. การประเมินฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินบางชุดดินของประเทศไทย โดยวิธีเมลิช 3 และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต-ดีทีพีเอ. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Attanandana, T., C. Suwannarat, T. Vearasilp, S. Kongton, R. Meesawat, P. Boonampol, K. Soitong, C. Tipanuka and R.S. Yost. 2001. NPK fertilizer recommendation systems for corn: Decision aids and test kits. Paper Presented at the International Conference on Nutrient Balances for Sustainable Agriculture Production and Natural Resource Management in Southeast Asia. 20-22 February, 2001. IBSRAM and DOA-URRC, Bangkok, Thailand.
- Culman, S.W., S.S. Snap and M.A. Freeman. 2012. Permanganate Oxidizable Carbon Reflects a Processed Soil Fraction that Sensitive to Management. *Soil Sci. Am.J.* 76(2): 494-504
- Engelbrecht R.M. and F.A. McCoy. 1956. Determination of Potassium by Tetraphenylborate Method. *Anal. Chem.*, 1956, 28 (11), p 1772-1773
- Loginow, W., W. Wisniewski, S.S. Gonet, and B. Ciescinska. 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. *Polish Journal of Soil Science*. 20: p 47-52.
- Lucas, S.T. and R.R. Weil. 2012. Can a Labile Carbon Test be Used to Predict Crop Responses to Improved Soil Organic Matter Management. *Agronomy Journal*. Vol.104: p 1160-1170.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: p 29-37.

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซาดิแรคตินในสะเดา

Study on Relationships between Plant Nutrient and Azadirachtin in *Azadirachta indica*

สุภานันท์ จันทรประอบ ศิริพร สอนท่าโก¹ พงมัลย์ แก้ววิมล สุวลักษณ์ ไชยทอง สาธิตา โพธิ์น้อย

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

สะเดาไทยมีสารอะซาดิแรคติน (Azadirachtin) ซึ่งมีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ปริมาณน้อย จึงจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซาดิแรคตินในสะเดาไทย เพื่อให้ทราบถึงชนิดธาตุอาหารที่มีผลต่อปริมาณสารอะซาดิแรคตินในสะเดาไทย โดยทำการทดลองที่บริเวณสวนสะเดาไทย อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี พบว่า ปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.468 และ -0.439 ตามลำดับ ปริมาณธาตุทองแดงมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.244 ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาถึงผลของปริมาณธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และทองแดง ที่ต้นสะเดาไทยได้รับต่อปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทยต่อไป เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ปลูกสะเดาไทยให้สามารถเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทย

คำสำคัญ : สะเดา ธาตุอาหารพืช สารอะซาดิแรคติน

คำนำ

พืชสมุนไพรมีสารสำคัญหรือสารที่มีฤทธิ์ในการควบคุมศัตรูพืช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น คุณค่าของสมุนไพรขึ้นอยู่กับปริมาณสารสำคัญในสมุนไพรนั้น น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) จัดเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติซึ่งเป็นสารทุติยภูมิ จะมีปริมาณแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด หรือฤดูกาล โดยอาจเกิดจากพืชพยายามปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป (นิจศิริ, 2560) สภาพแวดล้อมซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดด่าง และปริมาณธาตุอาหารพืช เป็นต้น ธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) คลอรีน (Cl) โบรอน (B) และ โมลิบดีนัม (Mo) (จิราภรณ์, 2560) จากงานวิจัยในประเทศตุนีเซียพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบผักชีตุนีเซียเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 18 และ 43 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในสารละลายที่มีโซเดียมคลอไรด์ 25 และ 50 มิลลิโมลาร์ (Manel and Brahim, 2008) และใบเสจ (Sage) ให้น้ำมันหอมระเหย 0.67, 1.02, 2.09 และ 1.68 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในสารละลายที่มีโซเดียมคลอไรด์ 25, 50, 75 และ 100 มิลลิโมลาร์ (Mouna *et al.*, 2010) แสดงว่า คลอรีนซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชอาจส่งผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยในพืชทั้งสองชนิด สารอะซาดิแรคติน (Azadirachtin) เป็นสารสำคัญชนิดหนึ่งที่พบได้ในน้ำมันหอมระเหยจากสะเดา (Vijayalakshmi *et al.*, 2016) ซึ่งสารในกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการลอกคราบของแมลง การกิน การเจริญเติบโตของไข่

¹ กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

หนอน ตักแต่ มีผลต่อแมลงโดยเป็นสารไล่แมลง และเป็นสารที่ทำให้แมลงไม่ชอบวางไข่ (คณิต และจารย์ยา, 2557) โดยเมล็ดสะเดาอินเดียวพบสารอะซาดิแรคติน 4.6 มิลลิกรัมต่อกรัม เมล็ดสะเดาไทยพบสารอะซาดิแรคติน 2.4 มิลลิกรัมต่อกรัม สะเดาช้างพบสารอะซาดิแรคติน 0.25-2.0 มิลลิกรัมต่อกรัม (อุดมลักษณ์ และ พรณีกา, 2548) จะเห็นได้ว่าปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทยมีปริมาณน้อย ดังนั้น การปลูกสะเดาให้ได้คุณภาพสามารถเพิ่มปริมาณสารอะซาดิแรคตินได้นั้น จึงต้องมีการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณสารอะซาดิแรคติน ซึ่งธาตุอาหารพืชอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณสารอะซาดิแรคติน จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซาดิแรคตินในสะเดาไทย เพื่อให้ทราบถึงชนิดธาตุอาหารพืชที่มีผลต่อปริมาณสารอะซาดิแรคตินในสะเดาไทย เนื่องจาก เกษตรนิยมปลูกสะเดาไทย แต่เมล็ดสะเดาไทยมีปริมาณสารอะซาดิแรคตินน้อย ส่งผลให้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสารสกัดจากสะเดาไทยมีปริมาณสารอะซาดิแรคตินน้อย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter
2. เครื่อง Conductivity meter
3. เครื่อง Flame photometer
4. เครื่อง UV-Visible spectrophotometer
5. เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS)
6. เครื่อง High-performance liquid chromatograph (HPLC)

วิธีการ

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับดินในแปลงทดลอง

สุ่มเก็บตัวอย่างดินโดยการขุดดินที่ความลึก 0 ถึง 15 เซนติเมตร และ 15 ถึง 30 เซนติเมตร จากผิวดิน ทำการขุดทั้งหมด 7 จุด กระจายทั่วแปลงทดลองที่ทำการเก็บตัวอย่างพืช นำดินที่ได้ไปผึ่งในที่ร่มแล้วนำมาบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติของดิน ได้แก่ ลักษณะเนื้อดิน ค่า pH ดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch. K) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch. Ca) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch. Mg)

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารพืชในใบ

สุ่มเก็บตัวอย่างใบจากต้นสะเดาไทยที่มีสภาพสมบูรณ์ ทั้ง 4 ทิศรอบต้น จำนวน 20 ต้น ในระยะก่อนออกผล ระหว่างออกผล และหลังออกผล ล้างตัวอย่างใบด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มอล (0.1 N HCl) ตามด้วยน้ำกลั่นอีก 3 ครั้ง อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นำมาบดแล้วเก็บไว้ในที่แห้งสำหรับทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu)

3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารพืชกับปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทย

เก็บตัวอย่างผลในระยะผลอ่อนและผลแก่ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทั่วทั้งต้น นำตัวอย่างมาล้างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มอล ตามด้วยน้ำกลั่นอีก 3 ครั้ง อบที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส สำหรับทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอะซาดิแรคตินและปริมาณธาตุอาหารพืช ตามลำดับ นำข้อมูลปริมาณสารอะซาดิแรคตินและปริมาณธาตุอาหารพืชมาวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical package for the social science for windows) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient (r)) ของปริมาณธาตุอาหารพืชกับปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะและสมบัติของดินในแปลงทดลอง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซิติลเรคตินในสะเดา บริเวณสวนสะเดาไทย อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี เมื่อนำดินที่ระดับความลึก 0 ถึง 15 เซนติเมตร มาวิเคราะห์พบว่า มีลักษณะเป็นดินเหนียว ค่า pH อยู่ในช่วง 5.8 ถึง 7.4 ค่าการนำไฟฟ้าของดินอยู่ในช่วง 0.112 ถึง 0.499 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในช่วง 1.39 ถึง 2.46 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 17 ถึง 158 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในช่วง 144 ถึง 238 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 2446 ถึง 5582 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในช่วง 561 ถึง 908 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินที่ระดับความลึก 15 ถึง 30 เซนติเมตร ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินเหนียว ค่า pH อยู่ในช่วง 6.0 ถึง 7.7 ค่าการนำไฟฟ้าของดินอยู่ในช่วง 0.113 ถึง 1.554 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในช่วง 0.92 ถึง 2.02 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 13 ถึง 102 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 97 ถึง 141 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 2156 ถึง 6887 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในช่วง 496 ถึง 883 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร บริเวณสวนสะเดาไทย อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

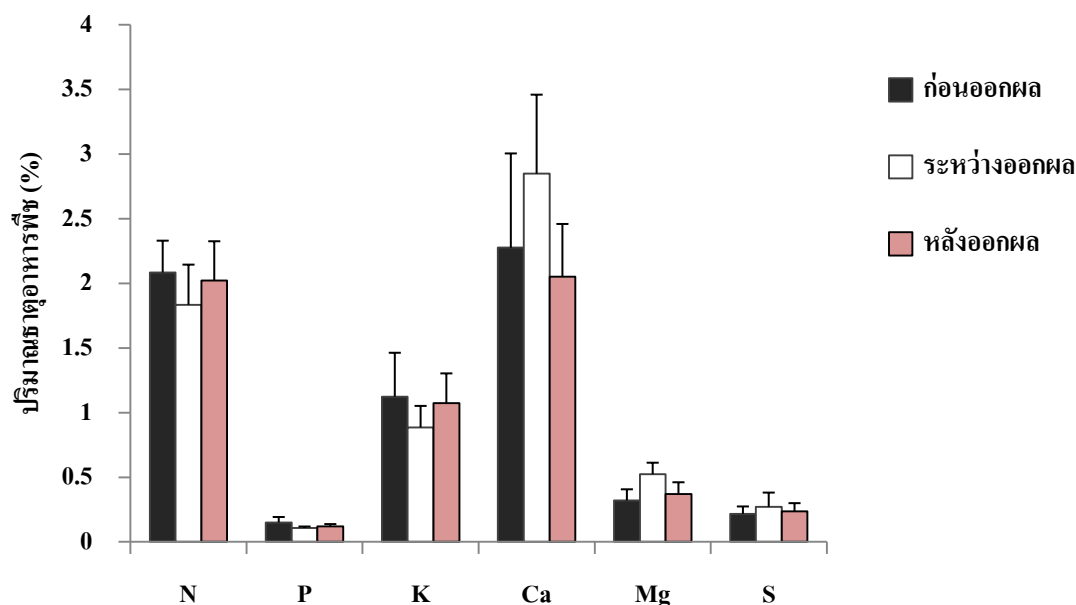
ตำแหน่ง	เนื้อดิน	ที่ระดับ ความลึก (cm)	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
1	ดินเหนียว	0-15	7.1	0.171	1.40	17	172	2446	597
	ดินเหนียวปนทรายแป้ง	15-30	7.6	0.239	1.07	32	101	3565	628
2	ดินเหนียว	0-15	7.1	0.310	1.72	22	144	3074	647
	ดินเหนียว	15-30	7.4	0.279	1.10	13	104	3029	512
3	ดินเหนียว	0-15	7.1	0.117	1.61	84	238	2717	660
	ดินเหนียว	15-30	7.3	0.113	0.92	79	103	2156	496

ตารางที่ 1 (ต่อ)

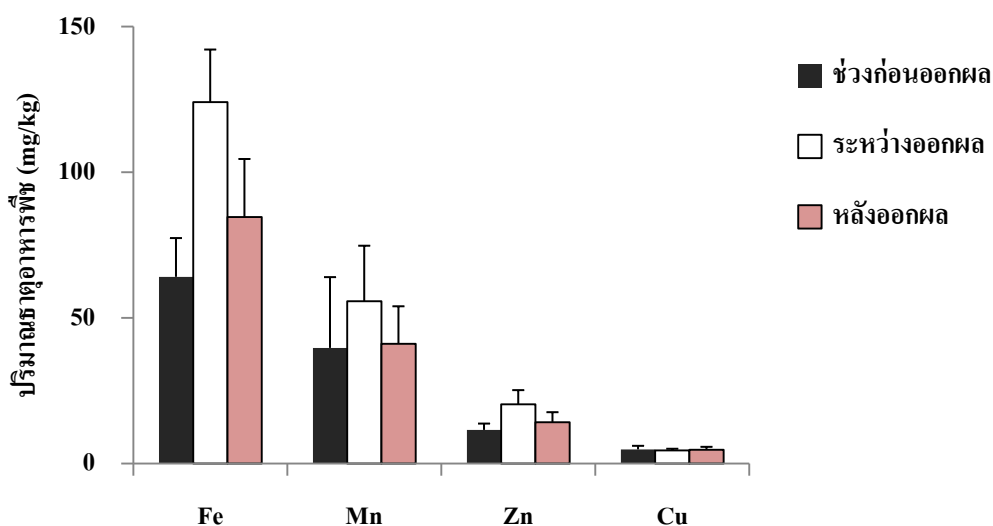
ตำแหน่ง	เนื้อดิน	ที่ระดับ ความลึก (cm)	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
4	ดินเหนียว	0-15	7.4	0.159	1.39	46	180	2611	561
	ดินเหนียว	15-30	7.7	0.141	1.18	22	135	3042	630
5	ดินเหนียว	0-15	6.2	0.499	2.46	158	187	4410	755
	ดินเหนียว	15-30	6.6	1.554	1.52	31	97	6887	743
6	ดินเหนียว	0-15	6.4	0.112	2.36	29	191	5582	908
	ดินเหนียว	15-30	6.8	0.205	2.02	102	141	4686	883
7	ดินเหนียว	0-15	5.8	0.162	1.43	38	203	3169	673
	ดินเหนียว	15-30	6.0	0.261	0.99	25	121	3644	626

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารพืชในใบสะเดา

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารพืชในใบสะเดาไทย จากต้นสะเดา จำนวน 20 ต้น พบว่า ใบสะเดาไทยมีปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) สูงที่สุด รองลงมาคือ ธาตุไนโตรเจน (N) ซึ่งปริมาณธาตุ แคลเซียม แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และ สังกะสี (Zn) ช่วงระหว่างออกผลมีปริมาณสูงกว่าช่วงก่อนออกผลและหลังออกผล (ภาพที่ 1 และ 2) ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ช่วงระหว่างออกผลมีปริมาณต่ำกว่าช่วงก่อนออกผลและหลังออกผล (ภาพที่ 1) ปริมาณธาตุ ทองแดง (Cu) ช่วงก่อนออกผล ระหว่างออกผล และหลังออกผล มีปริมาณใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 2)



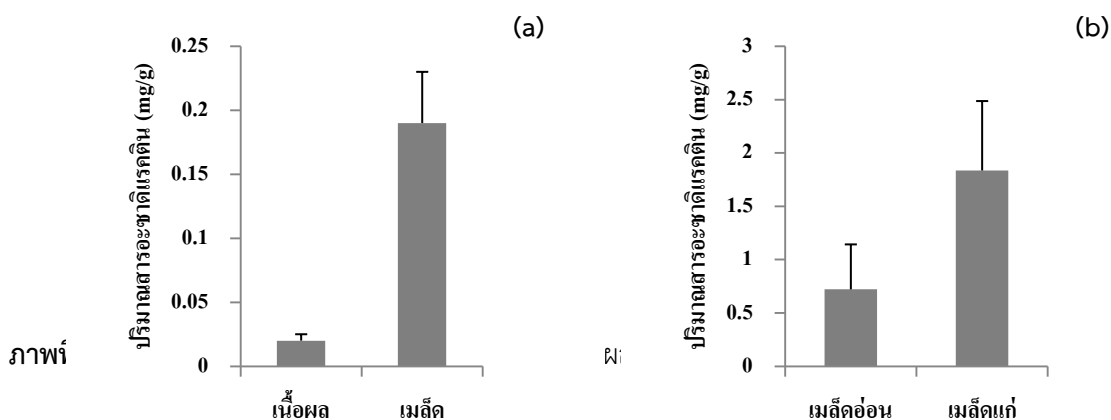
ภาพที่ 1 ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ กำมะถัน ในใบสะเดา ช่วงก่อนออกผล ระหว่างออกผล และหลังออกผล



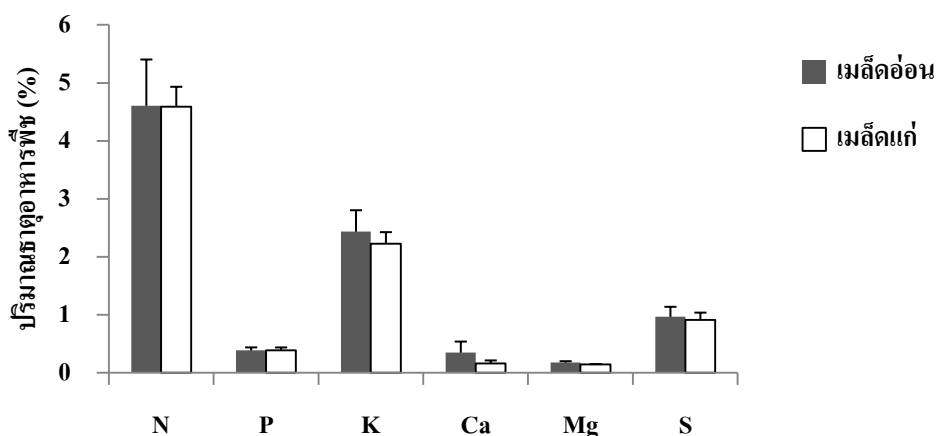
ภาพที่ 2 ปริมาณธาตุ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในใบสะเดา ช่วงก่อนออกผล ระหว่างออกผล และหลังออกผล

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารพืชกับปริมาณสารอะซิติลเรคตินในเมล็ดสะเดาไทย

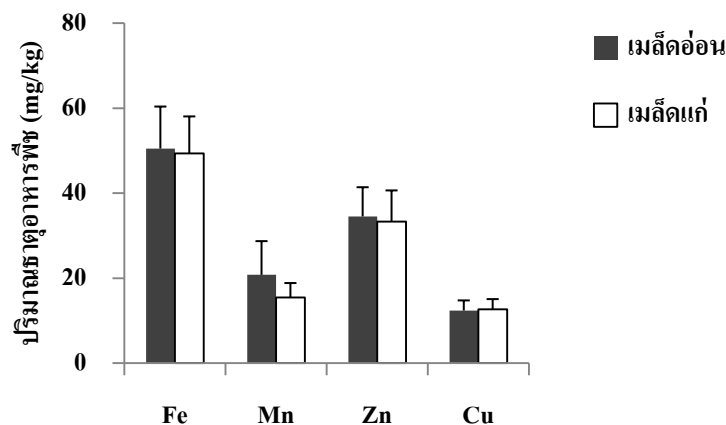
ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอะซิติลเรคตินในผลสะเดาไทยช่วงผลอ่อน พบว่า ปริมาณสารอะซิติลเรคตินในเมล็ดสะเดาไทยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าปริมาณสารอะซิติลเรคตินในเนื้อผลสะเดาไทย (ภาพที่ 3 (a)) ซึ่งสอดคล้องกับอุดมลักษณ์และพรณิกา (2548) พบว่า การนำผลสะเดาแห้งมาใช้จะมีสารอะซิติลเรคตินน้อยกว่าการใช้เมล็ดสะเดาถึง 50-60 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับความแห้งของผลสะเดาและคุณภาพของผลสะเดาแห้ง ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงนำเมล็ดสะเดาไทยมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซิติลเรคตินในเมล็ดสะเดาไทย



การวิเคราะห์ปริมาณสารอะซิติลเรคตินและปริมาณธาตุอาหารพืชในเมล็ดจากต้นสะเดาไทย จำนวน 20 ต้น โดยผลอ่อนสะเดามีน้ำหนักผลตั้งแต่ 0.66 - 3.60 กรัมต่อเมล็ด จำนวน 59 ตัวอย่าง และผลแก่สะเดา จำนวน 19 ตัวอย่าง พบว่า เมล็ดจากผลแก่มีปริมาณสารอะซิติลเรคตินปริมาณสูงกว่าเมล็ดจากผลอ่อน โดยเมล็ดจากผลแก่มีปริมาณสารอะซิติลเรคติน 1.79 ± 0.63 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนเมล็ดจากผลอ่อนมีปริมาณสารอะซิติลเรคตินอยู่ในช่วง 0.76 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อกรัม (ภาพที่ 3 (b)) เมล็ดสะเดามีปริมาณธาตุไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาคือ โพแทสเซียม (ภาพที่ 4) และจุลธาตุ (Micronutrients) ซึ่งมีปริมาณมากที่สุด คือ ธาตุเหล็ก (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ในเมล็ดอ่อนและเมล็ดแก่



ภาพที่ 5 ปริมาณธาตุ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในเมลิตอ่อนและเมลิตแก่

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารพืชกับปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมลิตสะเดาไทย จากเมลิตอ่อนและเมลิตแก่ จำนวน 78 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมลิตสะเดาไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.468 และ -0.439 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณธาตุทองแดงมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมลิตสะเดาไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.244 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณสารอะซาดิแรคตินกับปริมาณธาตุอาหารพืชในเมลิตสะเดาไทย

ธาตุอาหารพืช	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณสารอะซาดิแรคตินกับปริมาณธาตุอาหารพืช
ไนโตรเจน	0.118
ฟอสฟอรัส	0.216
โปแตสเซียม	-0.129
แคลเซียม	-0.468 **

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ธาตุอาหารพืช	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณสารอะซาดิแรคตินกับปริมาณธาตุอาหารพืช
แมกนีเซียม	-0.439 **
กำมะถัน	-0.164
เหล็ก	0.071
แมงกานีส	-0.203
สังกะสี	0.022
ทองแดง	0.244 *

หมายเหตุ : * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซาดิแรคตินในสะเดา บริเวณสวนสะเดาไทย อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ลักษณะเป็นดินเหนียว ค่า pH อยู่ในช่วง 5.8 ถึง 7.7 ค่าการนำไฟฟ้าของดินอยู่ในช่วง 0.112 ถึง 1.554 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในช่วง 0.92 ถึง 2.46 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 13 ถึง 158 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในช่วง 97 ถึง 238 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในช่วง 2156 ถึง 6887 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในช่วง 496 ถึง 908 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใบสะเดาไทยมีปริมาณธาตุ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส และ สังกะสี สูงในช่วงระหว่างออกผล มีปริมาณธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ต่ำในช่วงระหว่างออกผล แต่มีปริมาณธาตุทองแดงใกล้เคียงกันใน ช่วงก่อนออกผล ระหว่างออกผล และหลังออกผล เมล็ดสะเดาไทยมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมาคือ โพแทสเซียม และเมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชและปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทยพบว่า ปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.468 และ -0.439 ตามลำดับ ปริมาณธาตุทองแดงมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอะซาดิแรคติน ในเมล็ดสะเดาไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.244

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์และข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาถึงผลของปริมาณธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และทองแดง ที่ต้นสะเดาไทยได้รับต่อปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทยต่อไป เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ปลูกสะเดาไทยให้สามารถเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณสารอะซาดิแรคตินในเมล็ดสะเดาไทย

เอกสารอ้างอิง

- คณิต ขอพลอยกลาง และ จารุยา ขอพลอยกลาง, 2557. ผลของสารสกัดจากสภาพแห้งของเมล็ดสะเดา (*Azadirachta* sp.) เมล็ดน้อยหน่า (*Annona* sp.) รากหนอนตายหยาก (*Stemona* sp.) และรากหางไหล (*Derris* sp.) ต่ออัตราการตายของหนอนแมลงวัน แมลงวัน ลูกน้ำยุง ยุง และเห็บโค. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย* 6(1) ; 39-47.
- จิราภรณ์ อินทสาร. ธาตุอาหารพืช. แหล่งที่มา
http://www.sluse.mju.ac.th/lecturenote/silo/lesson/312_311_JIRAPORN_2557.pdf
สืบค้นเมื่อ 17 มิ.ย. 2560.
- อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรรณ และ พรณิกา อัตตนนท์, 2548. เอกสารวิชาการ สะเดาและการนำไปใช้ประโยชน์ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ.
- Manel N. and B. Marzouk. 2008 .Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. *Industrial crops and products*. 28; 137–142.
- Mouna B.T., K. Msaada, K. Hosni and B. Marzouk. Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. *Food Chemistry* 119; 951–956.
- Vijayalakshmi G., S. Sugumar, A. Mukherjee and N. Chandrasekaran. 2016. *Essential Oils in Food Preservation Flavor and Safety*; 593–599.

รายงานผลการปฏิบัติงานกิจกรรมผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต

Progress Report of Activity on Seeds and Agricultural Production Materials

สนธยา ขำดีบ สุปรานี มั่นหมาย มนต์ชัย มนต์ลลิตา นิศารัตน์ ทวีนุต ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต ประไพ ทองระอา
กัลยกร โปร่งจันทิก จิตรา เกาะแก้ว อมรรัตน์ ใจยะเสน กนกอร บุญพา บุญทริก ฉิมชาติ
อธิปัตย์ คลังบุญครอง อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

หลักการและเหตุผล

กิจกรรมการผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต เป็นกิจกรรมที่กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ได้รับการจัดสรรงบประมาณจากกรมวิชาการเกษตร เพื่อให้ดำเนินงานตามแผนงานรองรับพัฒนาเกษตรกรรมยั่งยืน และเสริมสร้างความเข้มแข็งของเกษตรกรอย่างเป็นระบบ ผลผลิตที่ 2 พันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต ดังนั้นเพื่อให้ผลการดำเนินงานสอดคล้องกับแผนงานดังกล่าว กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ในฐานะผู้รับผิดชอบหลัก จึงได้ดำเนินการผลิตปัจจัยการผลิต จำนวน 6 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยชีวภาพฟิซิโอร่า ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต แหนแดง และหัวเชื้อย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ เพื่อรองรับงานวิจัยของหน่วยงานภายในและภายนอกกรมวิชาการเกษตร และจำหน่าย จ่าย แจก ให้แก่เกษตรกร หน่วยงานราชการ ผู้สนใจ สนับสนุนภารกิจกรมวิชาการเกษตร และสนับสนุนนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิตคุณภาพดีไว้รองรับงานวิจัยของหน่วยงานภายในและภายนอกกรมวิชาการเกษตร
2. เพื่อผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิตคุณภาพดีไว้จำหน่าย จ่าย แจก ให้แก่เกษตรกร หน่วยงานราชการ ผู้สนใจ และสนับสนุนภารกิจกรมวิชาการเกษตร

แผนการดำเนินงาน ปีงบประมาณ 2560

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบหลักในการผลิตปัจจัยการผลิต (ผลผลิตที่ 2) 6 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต แหนแดง และหัวเชื้อย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ ในปีงบประมาณ 2560 กลุ่มงานฯ ได้รับสนับสนุนงบประมาณจากกรมวิชาการเกษตร เป็นจำนวนเงินรวมทั้งสิ้น 5,324,000 บาท แบ่งเป็น งบ KPI จำนวน 4,840,000 บาท และงบบริหาร KPI จำนวน 484,000 บาท (ตารางที่ 1) เพื่อดำเนินงานการผลิตปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม 25,000 กิโลกรัม ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 7,000 กิโลกรัม ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา 3,000 กิโลกรัม ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 1,000 กิโลกรัม แหนแดง 10,000 กิโลกรัม และหัวเชื้อย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 1,500 กิโลกรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แผนดำเนินงานและงบประมาณสนับสนุนการผลิตปัจจัยการผลิตของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ชนิดปัจจัยการผลิต	หน่วยนับ	แผนการผลิต ปี 2560	งบประมาณสนับสนุน (บาท)		
			งบ KPI	งบบริหาร KPI	รวมงบประมาณ
ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	กก.	25,000	3,750,000	375,000	4,125,000
ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	กก.	7,000	490,000	49,000	539,000
ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา	กก.	3,000	330,000	33,000	363,000
ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต	กก.	1,000	80,000	8,000	88,000
แหนแดง	กก.	10,000	100,000	10,000	110,000
หัวเชื้อย่อยสลายฯ	กก.	1,500	90,000	9,000	99,000

ผลการดำเนินงาน ปีงบประมาณ 2560

1. ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ประกอบด้วย แบคทีเรียสกุล *Bradyrhizobium* มีลักษณะเป็นผง มีปริมาณจุลินทรีย์รับรอง 1×10^6 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม มีขนาดบรรจุภัณฑ์ 200 กรัม สามารถใช้ร่วมกับปลูกพืชตระกูลถั่ว เพื่อส่งเสริมการเจริญของต้นถั่วและทำให้ปริมาณไนโตรเจนในลำต้นถั่วเพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดถั่วได้ และสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

ในปีงบประมาณ 2560 ได้ผลิตปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเพื่อจำหน่าย จ่าย แจก ให้แก่เกษตรกร หน่วยงานราชการ ผู้สนใจ และสนับสนุนภารกิจกรมวิชาการเกษตรไปแล้วทั้งสิ้น 11,460.8 กิโลกรัม หรือ 57,304 ถุง (ไตรมาสถี 1 ปริมาณ 10,592.4 กิโลกรัม ไตรมาสถี 2 ปริมาณ 841.6 กิโลกรัม และไตรมาสถี 3 ปริมาณ 26.8 กิโลกรัม) คิดเป็นผลสำเร็จตามแผนดำเนินงาน เท่ากับ 45.8 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 1 ประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการผลิตพืชตระกูลถั่ว และการเชื่อมโยงการผลิตและการตลาด ณ ศูนย์เรียนรู้การผลิตพืชบ้านโนนอุดม ต.โนนอุดม อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น



ภาพที่ 2 ส่งเสริมการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับการปลูกถั่วลิสง อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น

2. ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์

ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ของกรมวิชาการเกษตร มีปริมาณจุลินทรีย์รับรอง 1×10^6 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม มีขนาดบรรจุภัณฑ์ 500 กรัม แบ่งออกเป็น ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน ประกอบด้วย แบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii* และ *Beijerinckia mobilis* ใช้สำหรับข้าวโพด ข้าวฟ่าง ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู ประกอบด้วย แบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense* และ *Burkholderia vietnamiensis* ใช้สำหรับข้าว และ ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทรี ประกอบด้วย แบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense* และ *Gluconacetobacter diazotrophicus* ใช้สำหรับอ้อย มันสำปะหลัง ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยช่วยเพิ่มปริมาณราก เนื่องจากจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์สามารถสร้างฮอร์โมนพืชทำให้ระบบรากพืชแข็งแรง เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดน้ำและปุ๋ย ทำให้ต้นพืชแข็งแรง ต้านทานโรค ช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้ 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชได้ 25 เปอร์เซ็นต์

ในปีงบประมาณ 2560 ได้ผลิตปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ไปแล้วทั้งสิ้น 83,800 กิโลกรัม หรือ 16,760 ถุง (ไตรมาสถี 1 ปริมาณ 2,517.5 กิโลกรัม ไตรมาสถี 2 ปริมาณ 4,591 กิโลกรัม และไตรมาสถี 3 ปริมาณ 1,271.5 กิโลกรัม) คิดเป็นผลสำเร็จตามแผนดำเนินงาน เท่ากับ 119.7 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) โดยปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ที่ผลิตได้ถูกจำหน่ายให้เกษตรกรและผู้สนใจ จำนวน 12,025 ถุง จ่าย แจก จำนวน 3,078 ถุง และสนับสนุนภารกิจกรมวิชาการเกษตร จำนวน 1,657 ถุง นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากกรมวิชาการเกษตรในการผลิตนอกแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสนับสนุนนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้แก่ โครงการระบบส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่ โครงการบริหารจัดการเขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับสินค้าเกษตรที่สำคัญ (Zoning) และโครงการศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ปริมาณ 3,000 กิโลกรัม (6,000 ถุง) และกรมส่งเสริมการเกษตร ได้ว่าจ้างให้ผลิตเพื่อใช้ในโครงการ

เกษตรแปลงใหญ่ของศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) 882 แห่ง ปริมาณ 10,000 กิโลกรัม (20,000 ถุง)



ภาพที่ 3 แจกจ่ายปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อสนับสนุนโครงการบริหารจัดการเขตเกษตรเศรษฐกิจ สำหรับสินค้าเกษตรที่สำคัญ



ภาพที่ 4 ส่งเสริมเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-ทู สำหรับข้าว ณ ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี

3. ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ประกอบด้วย รากอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพ และมีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่ต่ำกว่า 25 สปอร์ต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม มีขนาดบรรจุภัณฑ์ 500 กรัม สามารถใช้ได้กับพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน ถั่วลิสง มะม่วง ขนุน มะละกอ ทุเรียน มังคุด ส้ม มะนาว มะขามหวาน ลำไย สับปะรด ลองกอง กาแฟ กระเจี๊ยบเขียว หน่อไม้ฝรั่ง พริก เป็นต้น ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถช่วยเพิ่มการดูดธาตุอาหารให้แก่พืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากพืช ช่วยทำให้รากพืชแตกแขนงได้มากขึ้น รวมถึงเส้นใยของรากอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่เจริญอยู่รอบราก ช่วยให้พืชเจริญเติบโตและทนแล้งได้ดี ช่วยเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตให้แก่พืช

ปีงบประมาณ 2560 ได้ผลิตปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาเพื่อจำหน่าย แจก ให้แก่เกษตรกร หน่วยงานราชการ ผู้สนใจ และสนับสนุนภารกิจกรมวิชาการเกษตรไปแล้วทั้งสิ้น 2,938 กิโลกรัม หรือ 5,876 ถุง (ไตรมาสที่ 1 ปริมาณ 800 กิโลกรัม ไตรมาสที่ 2 ปริมาณ 1,562 กิโลกรัม และไตรมาสที่ 3 ปริมาณ 576 กิโลกรัม) คิดเป็นผลสำเร็จตามแผนดำเนินงาน เท่ากับ 97.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 5 การผลิตและแจกจ่ายปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา ณ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

4. ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ประกอบด้วยรา *Penicillium pinophilum* มีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่ต่ำกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม มีขนาดบรรจุภัณฑ์ 500 กรัม ผลิตภัณฑ์นี้เหมาะสำหรับใช้กับพืช ได้แก่ ปาล์ม น้ำมัน ยางพารา พืชไร่ ไม้ผล พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และข้าว ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน โดยการละลายสารประกอบฟอสเฟตที่สะสมในดินในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ปลดปล่อยออกมาในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ช่วยลดการใส่ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลง

ปีงบประมาณ 2560 ได้ผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตเพื่อจำหน่าย จ่าย แจก ให้แก่เกษตรกร หน่วยงานราชการ ผู้สนใจ และสนับสนุนภารกิจกรมวิชาการเกษตรไปแล้วทั้งสิ้น 1,000 กิโลกรัม หรือ 2,000 ถุง (ไตรมาสที่ 1 ปริมาณ 300 กิโลกรัม ไตรมาสที่ 2 ปริมาณ 500 กิโลกรัม และไตรมาสที่ 3 ปริมาณ 200 กิโลกรัม) คิดเป็นผลสำเร็จตามแผนดำเนินงาน เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 6 ส่งเสริมเกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับการปลูกพริกหลังนา อ.เกษตรสมบูรณ์ จ.ชัยภูมิ



ภาพที่ 7 ส่งเสริมเกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับการปลูกข้าวโพดฝักสด อ.ดงหลวง จ.มุกดาหาร

5. แหนแดง

ผลการดำเนินการผลิตแหนแดง ปีงบประมาณ 2560 พบว่า ได้ผลิตแหนแดงเพื่อให้แก่เกษตรกร หน่วยงานราชการ ผู้สนใจ และสนับสนุนภารกิจกรมวิชาการเกษตรไปแล้วทั้งสิ้น 7,880 กิโลกรัม (ไตรมาสถัดที่ 1 ปริมาณ 2,870 กิโลกรัม ไตรมาสถัดที่ 2 ปริมาณ 3,140 กิโลกรัม และไตรมาสถัดที่ 3 ปริมาณ 1,870 กิโลกรัม) คิดเป็นผลสำเร็จตามแผนดำเนินงาน เท่ากับ 78.8 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 8 ถ่ายทอดองค์ความรู้เรื่องการผลิตแหนแดงให้แก่นักศึกษาและเกษตรกร ณ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

6. หัวเชื้อยอยสลายวัสดุอินทรีย์

ผลการดำเนินการผลิตหัวเชื้อยอยสลายวัสดุอินทรีย์ ปีงบประมาณ 2560 พบว่า ได้ผลิตหัวเชื้อยอยสลายวัสดุอินทรีย์เพื่อจำหน่าย จ่าย แจก ให้แก่เกษตรกร หน่วยงานราชการ ผู้สนใจ และสนับสนุนภารกิจกรมวิชาการเกษตรไปแล้วทั้งสิ้น 500 กิโลกรัม หรือ 1,000 ถุง (ไตรมาสถัดที่ 1 ปริมาณ 0 กิโลกรัม ไตรมาสถัดที่ 2 ปริมาณ 300 กิโลกรัม และไตรมาสถัดที่ 3 ปริมาณ 200 กิโลกรัม) คิดเป็นผลสำเร็จตามแผนดำเนินงาน เท่ากับ 33.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลดำเนินการผลิตปัจจัยการผลิตของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ชนิดปัจจัยการผลิต	หน่วยนับ	แผนการผลิตปี 2560	ผลการดำเนินงาน			ผลสำเร็จตามแผน (เปอร์เซ็นต์)
			ไตรมาส 1	ไตรมาส 2	ไตรมาส 3	
ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	กก.	25,000	10,592.4	841.6	26.8	45.8
ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	กก.	7,000	2,517.5	4,591.0	1,271.5	119.7
ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา	กก.	3,000	800.0	1,562.0	576.0	97.9
ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต	กก.	1,000	300.0	500.0	200.0	100.0
แหนแดง	กก.	10,000	2,870.0	3,140.0	1,870.0	78.8
หัวเชื้อยอยสลายฯ	กก.	1,500	0.0	300.0	200.0	33.3

หมายเหตุ : ข้อมูล ณ วันที่ 25 พฤษภาคม 2560

โครงการวิจัยศึกษาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และการใช้กากขนาน้ำมันเพื่อกำจัดศัตรูพืช

Study on the Quality and Efficacy of Tea Seed Meal for Using as Botanical Pesticide

พรรณิกา อัดตนนท์ ปราสาททอง พรหมเกิด¹ ศรัณย์ วัฒนธาดา²
ภควรินทร์ ศานติธีโรจน์ อติยาภรณ์ อุดมศิลป์ ณัฐพร ฉันทศักดิ์ดา
ธนิดา คำอำนวย ศิริพร สอนท่าโก

กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพกากขนาน้ำมันเพื่อการควบคุมศัตรูพืช ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ ศึกษาวิธีการสกัดสารชาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์ชาโปนินในกากชาสำหรับใช้เป็นวิธีวิเคราะห์คุณภาพกากขนาน้ำมัน *Camellia* sp. เพื่อการขึ้นทะเบียนตาม พรบ.วัตถุอันตราย จากการศึกษาวิธีการสกัดสารชาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีและวิเคราะห์ด้วยเครื่องที่แอลซีสมรรถนะสูง (High performance thin layer chromatography: HPTLC) สามารถสกัดสารชาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ได้ 94.35%w/w สำหรับการศึกษาวิธีการตรวจวิเคราะห์ และปริมาณสารสำคัญชาโปนินในกากชาที่ได้จากโรงงานผลิตขนาน้ำมัน ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPTLC ให้ช่วงความเข้มข้น (range) 2-10 ug/spot ค่าความเป็นเส้นตรง (correlation coefficient ; r) 0.9988 ให้ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (limit of detection ; LOD) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (limit of quantitation ; LOQ) เท่ากับ 0.11 และ 0.36 ug/spot ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างกากขนาน้ำมันจากแหล่งต่างๆ 12 ตัวอย่าง พบสารสำคัญกลุ่มชาโปนิน 10.09-11.95 %w/w

การศึกษาประสิทธิภาพกากขนาน้ำมันเพื่อการควบคุมศัตรูพืชประกอบด้วย 2 การทดลองคือ การทดสอบประสิทธิภาพกากขนาน้ำมันเพื่อกำจัดหอยเชอรี่ (golden apple snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck) ในห้องปฏิบัติการและในนาข้าว พบว่าการใช้กากขนาน้ำมันจากมูลนิชัฒพัฒนาอัตรา 2.5, 3.0 และ 3.5 กก./ไร่ มีประสิทธิภาพกำจัดหอยเชอรี่ได้ดีเทียบเท่ากับสารเปรียบเทียบกากขนาน้ำมันการค้า (ชาโปนิน 10%DP) อัตรา 3.0 กก./ไร่ โดยทุกกรรมวิธีที่ใช้กากขนาน้ำมันมีเปอร์เซ็นต์การตายของหอยเชอรี่มากกว่า และต้นข้าวถูกทำลายน้อยกว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม(ไม่ใส่กากขนาน้ำมัน) และทุกกรรมวิธีที่ใช้กากขนาน้ำมันไม่พบความเป็นพิษต่อต้นข้าวตลอดการทดลอง สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพกากขนาน้ำมันเพื่อกำจัดหอยศัตรูกล้วยไม้ พบว่าการใช้กากขนาน้ำมันจากมูลนิชัฒพัฒนา อัตรา 5.0 กก./ไร่ มีประสิทธิภาพกำจัดหอยชัคซิเนีย *Succinea* sp. และหอยเจดีย์ใหญ่ *Prosopaea waikeri* ซึ่งเป็นหอยศัตรูในสวนกล้วยไม้ได้ดีเทียบเท่ากับสารเปรียบเทียบกากขนาน้ำมันการค้า (ชาโปนิน 10%DP) อัตรา 5.0 กก./ไร่

ทั้งนี้ได้ทำการกำหนดร่างฉลากการใช้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพแล้วโดยนำข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษาคุณภาพ และประสิทธิภาพกากขนาน้ำมันไปใช้กำหนดร่างฉลากการใช้ที่ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามระเบียบของหน่วยงาน สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

คำสำคัญ: กากขนาน้ำมัน ชาโปนิน ขาน้ำมัน หอยเชอรี่ หอยเจดีย์ใหญ่ หอยชัคซิเนีย ที่แอลซีสมรรถนะสูง

¹ กลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กทม. 10900

² สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กทม. 10900

คำนำ

เนื่องด้วยสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงมีพระราชดำริให้กรมวิชาการเกษตร ดำเนินการงานวิจัยและพัฒนาชาชา้ำมัน เนื่องจากชาชาน้ำมันเป็นพืชใหม่ และนำพันธุ์มาจากประเทศจีน งานวิจัยทางด้าน ชาชาน้ำมันในประเทศไทยมีน้อยมาก เทคโนโลยีการผลิตที่มีอยู่ไม่ครอบคลุม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิจัยเพื่อให้มีพันธุ์ และเทคโนโลยีการผลิตที่มีคุณภาพ ผลผลิตสูง ได้มาตรฐานตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ดังนั้น ในส่วนของกรม วิชาการเกษตรจึงจำเป็นต้องประสานกับมูลนิธิชัยพัฒนา ซึ่งมีพื้นที่ปลูกชาชาน้ำมันในการทำงานวิจัย เพื่อให้สามารถ พัฒนาพันธุ์ เทคโนโลยีการผลิต วิทยาการหลังเก็บเกี่ยว และคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาชาน้ำมันต่อไป ส่วนกาชาชาน้ำมันซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการหีบชาชาน้ำมัน มีประโยชน์สำหรับกำจัดหอยเชอรี่ ปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรได้แจ้งให้มูลนิธิชัย พัฒนาทราบว่าสามารถดำเนินการผลิต จำหน่ายแก่เกษตรกรได้ แต่ในอนาคตกรมวิชาการเกษตรจะดำเนินการนำกาชา มาประเมินประสิทธิภาพ เพื่อขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายอย่างถูกต้อง โดยจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนของ สำนัก ควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร โดย กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จะดำเนินการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ ในกาชา ส่วน สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช จะทดสอบประสิทธิภาพของกาชาในการกำจัดหอยเชอรี่ เพื่อให้มี การขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องต่อไป

พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2551 มาตรา 5 วรรค 3 และมาตรา 20 (1) กำหนดให้วัตถุอันตรายชนิดที่ 2 และชนิดที่ 3 ผู้ประกอบการต้องจัดให้มีข้อความบนฉลาก โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อเป็นข้อมูลแก่ผู้ใช้และผู้เกี่ยวข้องทราบว่ามีคุณประโยชน์ในการใช้อย่างไรบ้าง ควรใช้อัตราเท่าใด และใช้วิธีใดจึงจะได้ผลในการควบคุมศัตรูพืช จะต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อย่างไรจึงจะมีคุณภาพดี และใช้ได้นาน มี อันตรายต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อมอย่างไร ควรป้องกัน ระวังอันตรายขณะใช้อย่างไรบ้าง และเมื่อได้รับพิษภัยจาก วัตถุอันตรายจะปฏิบัติอย่างไร และกำหนดระดับความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายต่างๆ ตามความสามารถใน การก่อให้เกิดอันตราย เนื่องจากวัตถุอันตรายทางการเกษตรแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการควบคุมป้องกันกำจัด ศัตรูพืชแตกต่างกัน ดังนั้น ฉลากของวัตถุอันตรายแต่ละชนิดจึงถูกกำหนดจากผลการทดลองประสิทธิภาพและผล วิเคราะห์คุณภาพของวัตถุอันตรายนั้น

ซาโปนิน (Saponin) เป็นสารทุติยภูมิที่พบได้ทั้งในพืชและสัตว์มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพหลากหลาย สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง คือใช้เป็นสบูยาเบื่อปลา และกำจัดหอยตลอดจนใช้ประโยชน์ทางด้านต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial) และต้านเชื้อรา (Anti-fungal) และมีแนวโน้มที่สามารถใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ (Weisman and Chapagain, 2003) อีกทั้งซาโปนินจากชาชายังมีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้กำจัดแมลงและโรคพืช (Wina *et al.*, 2005)

สารซาโปนินที่สกัดจากเมล็ดชา (Tea seed saponin) เป็นซาโปนินชนิด triterpenoid saponin ซึ่งมี โครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยสารซาโปจีนิน (sapogenin), สารอะไกลคอน (aglycon) และกรดอินทรีย์สูตร 4 โมเลกุลของสารซาโปนิน คือ $C_{57}H_{90}O_{26}$ มีคุณสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีไอออน (non-ionic surfactant) ทำให้เกิดฟองได้ดีสารซาโปนินมีรสขมเผ็ดทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตาและจมูกได้ซาโปนินจากชาชามีลักษณะเป็นผลึกสีขาวดูดความชื้นได้ง่ายจุดหลอมเหลว 224 องศาเซลเซียส ละลายได้ดีในสารละลายเมธิลแอลกอฮอล์, สารละลายเอทิล แอลกอฮอล์และกรดอะซิติกเข้มข้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายอย่าง เช่น ใช้เป็นสารลดแรงตึงผิว สารทำความสะอาด สารกำจัดศัตรูพืช (บุญศรีกา, มปป.)

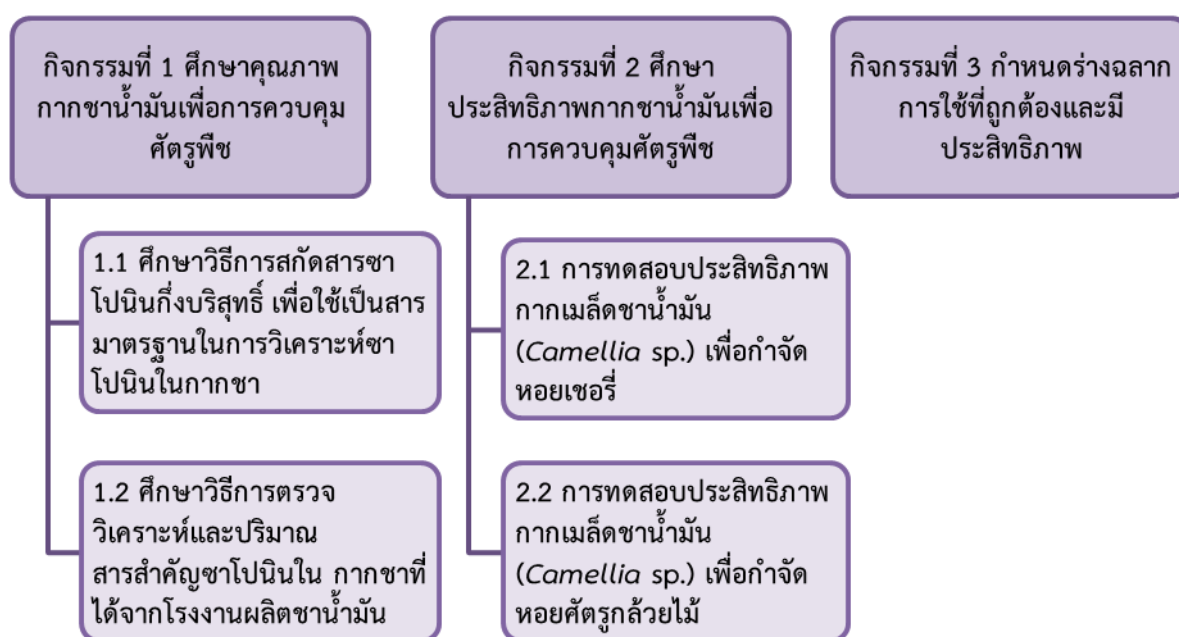
จรรยา (2552) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การฆ่าหอยเชอรี่ของกาชาเมล็ดชาพบว่าการสกัดกาชาเมล็ด ชาด้วยตัวทำละลายอินทรีย์และนำไปแยกองค์ประกอบเบื้องต้นของสารสกัดจากนั้นนำสารสกัดแต่ละส่วนไปทำการ ทดสอบฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่ แล้วคัดเลือกสารสกัดส่วนที่มีฤทธิ์ฆ่าหอยเชอรี่ที่ดีที่สุดไปทำให้บริสุทธิ์อีกขั้นหนึ่งโดยใช้ วิธีการทางโครมาโตกราฟี ผลการศึกษาทำให้สามารถแยกซาโปนินได้ 3 ชนิดคือ Camelliasaponin1, Theasaponin E1, และสาร Theasaponin E2

หอยเชอรี่เป็นหอยฝาเดียวน้ำจืด เป็นศัตรูที่สำคัญในนาข้าว โดยจะกัดกินข้าวในระยะกล้า (ชมพูนุท และคณะ, 2532) เกษตรกรต้องทำการป้องกันกำจัดทุกครั้งเมื่อเริ่มทำนาด้วยการใช้สารเคมีกำจัดหอย แต่หอยเชอรี่ก็ยังแพร่กระจายและระบาดอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากหอยเชอรี่มีความสามารถเพิ่มประชากรได้อย่างรวดเร็ว วางไข่ครั้งละ 380-3000 ฟองและมีอัตราการฟักเป็นลูกหอยได้มากกว่า 90% (ชมพูนุท และคณะ, 2534) เกษตรกรยังต้องทำการป้องกันกำจัดหอย

หอยทากศัตรูกล้วยไม้เป็นหอยทากบก มีหลายชนิด ได้แก่ หอยสาริกา หอยดักดาน หอยทากยักษ์แอฟริกา หอยซัคซิเนีย หอยเจดีย์ใหญ่ หอยเลขหนึ่ง และทากพามาริออน เป็นต้น (รูปที่ 1) จะกัดกินทุกส่วนของพืช เช่น ราก ลำต้น หน่ออ่อน ดอก ใบ เป็นต้น แม้ความเสียหายจะไม่มาก แต่ถ้าไม่มีการป้องกันกำจัด ประชากรหอยจะเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ก่อให้เกิดความสูญเสียมากขึ้น และถ้าหอยติดไปกับดอกกล้วยไม้ที่ส่งออกไปต่างประเทศ จะเป็นสาเหตุให้ถูกเผาทำลาย ทำให้เสียเงินและชื่อเสียงประเทศอย่างมาก (ชมพูนุท, 2552)

ชาโปนินเป็นสารออกฤทธิ์อยู่ในกากชาจัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 2 ตามพระราชบัญญัตินี้ ได้รับการยกเว้นการส่งข้อมูลพิษวิทยาตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดรายละเอียด หลักเกณฑ์ และวิธีการในการขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญ และการต่ออายุใบสำคัญ การขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบ (ฉบับที่ 7) พ.ศ.2555 แต่ต้องส่งผลการทดลองประสิทธิภาพ และผลวิเคราะห์คุณภาพ ให้กลุ่มควบคุมวัตถุอันตรายรวบรวมข้อมูลจัดทำเป็นร่างฉลากวัตถุอันตรายเสนอคณะกรรมการพิจารณาการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร เพื่อพิจารณาแก้ไขร่างฉลากและกลุ่มควบคุมวัตถุอันตรายจะได้จัดทำร่างฉลากที่สมบูรณ์ต่อไป

วิธีดำเนินการ



อุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว ได้แก่ volumetric flask, pipette, round bottom flask, beaker, vial เป็นต้น
2. สารเคมี ได้แก่ methanol, chloroform, hexane, petroleum ether, butanol, solid phase extraction (SPE), sephadex LH-20, น้ำยาฟั่น Anisaldehyde-sulfuric acid, saponin from quilaja bark, saponin from China เป็นต้น
3. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องที่แอลซีสมรรถนะสูง (High performance Thin layer chromatography: HPTLC), เครื่อง TLC-Densitometer, เครื่องระเหยแบบลดความดัน (rotary evaporator),

อุปกรณ์กลั่นแบบไหลย้อนกลับ (reflux), เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง, ultrasonic bath, manifold vacuum, oven, เวย์ร์เนีย เป็นต้น

4. แปลงทดลอง (นำข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ขนาด 0.5 ไร่ 2 แปลง, สวนกล้วยไม้ขนาด 0.5 ไร่)

5. หอยเชอรี่ *Pomacea canaliculata* Lamarck หอยเจดีย์ใหญ่ *Prosopaea waikeri* และหอยชักตีน *Succinea* sp.

6. วัสดุอื่นๆ ได้แก่ กล่องพลาสติก ตาข่ายไนล่อน อาหารปลาชนิดเม็ด กากขาน้ำมันของมูลนิธิชัยพัฒนา และที่เป็นการค้า ซาโปนิน 10%DP

วิธีการ

1. ศึกษาคุณภาพกากขาน้ำมันเพื่อการควบคุมศัตรูพืช

1.1 ศึกษาวิธีการสกัดสารซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์ซาโปนินในกากขา

1.1.1 การสกัดสารซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์

- ศึกษาวิธีสกัดสารซาโปนินจากกากขาน้ำมัน โดยการกลั่นแบบไหลย้อนกลับ (reflux) และการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (sonicate) ด้วยน้ำ เมทานอลและไอโซโพรพานอล

- สกัดกากขาน้ำมัน โดยวิธี reflux แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้จากการสกัดด้วยขั้นตอนและตัวทำละลายต่างๆ

- สกัดกากขาน้ำมันด้วยวิธี reflux ด้วยเมทานอลแล้วสกัดด้วยบิวทานอล ได้สารสกัดหยาบสารซาโปนิน แล้ววิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนินเบื้องต้นด้วยเครื่อง HPTLC

- ศึกษาวิธีการจัดสารปนเปื้อนออกจากสารสกัดหยาบซาโปนินด้วย solid phase extraction (SPE) ชนิด C18 และ sephadex LH-20

1.1.2 ศึกษาสารตัวพาและความยาวคลื่นในการตรวจวิเคราะห์สารซาโปนิน ด้วยเครื่อง TLC-densitometer และ เครื่อง HPTLC-densitometer

1.1.3 วิเคราะห์ปริมาณของสารซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ที่สกัดจากกากขาน้ำมัน และซาโปนินจากขาน้ำมันที่สั่งซื้อจากจีน เปรียบเทียบกับซาโปนินจาก Quillaja bark โดยวิธี HPTLC แล้วทดสอบสีด้วยน้ำยาฟั่น Anisaldehyde-sulfuric acid

1.1.4 นำสารสกัดซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ที่สกัดได้ และสารซาโปนินที่สั่งซื้อจากประเทศจีน ส่งวิเคราะห์ปริมาณซาโปนิน โดย สถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ศึกษาวิธีการตรวจวิเคราะห์ และปริมาณสารสำคัญซาโปนินในกากขาที่ได้จากโรงงานผลิตขาน้ำมัน

1.2.1 ศึกษาวิธีการสกัดสารสำคัญซาโปนินในกากเมล็ดชา โดยนำกากเมล็ดชามาบดละเอียดและสกัดด้วยวิธี reflux เปรียบเทียบตัวทำละลายเมทานอลและไอโซโพรพานอลในอัตราส่วนต่างๆ

1.2.2 ศึกษาวิธีวิเคราะห์สารสำคัญซาโปนินในกากเมล็ดชาด้วยเครื่อง HPTLC โดยใช้ butanol / ethanol / water / acetic acid (108/36/27/2) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ ทดสอบด้วยน้ำยาฟั่น Anisaldehyde-sulfuric acid

1.2.3 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี HPTLC

- การหาความสัมพันธ์เชิงเส้นและช่วงการวิเคราะห์ (Linearity and range)

- การหาค่า Limit of detection (LOD) และ Limit of quantitation (LOQ)

- การทดสอบความถูกต้อง (Accuracy)

- การทดสอบความแม่นยำ (Precision)

- การศึกษาความทนทานของวิธี (robustness / ruggedness)

= เปลี่ยนอัตราส่วน Mobile phase จาก butanol / ethanol / water / acetic acid ในอัตรา 108/36/27/2 เป็น 108/36/27/1

= เปลี่ยนความยาวคลื่นที่ตรวจวัดจาก 207 nm เป็น 214 nm

1.2.4 วิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนินในตัวอย่างผลิตภัณฑ์กากขนาน้ำมัน ที่เก็บจากจังหวัดนครปฐม สิงห์บุรี และชัยนาท รวม 12 ตัวอย่าง

2. ศึกษาประสิทธิภาพกากขนาน้ำมันเพื่อการควบคุมศัตรูพืช

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพกากขนาน้ำมัน *Camellia* sp. เพื่อกำจัดหอยเชอรี่ (golden apple snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck)

2.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลอง CRD 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี คือ กากขนาน้ำมันจากมูลนิธิชัยพัฒนา อัตรา 0.02, 0.025, 0.03, 0.035 กรัม/น้ำ 0.8 ลิตร ซึ่งเทียบอัตราส่วนเท่ากับ อัตรา 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 กก./ไร่ ตามลำดับ กากขนานน้ำมันการค้าซาโปนิน 10%DP อัตรา 0.03 กรัม/น้ำ 0.8 ลิตร ซึ่งเทียบอัตราส่วนเท่ากับ อัตรา 3.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่กากขนาน้ำมัน) โดยคัดเลือกหอยเชอรี่ที่สมบูรณ์มาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก ใส่บีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตรบีกเกอร์ละ 6 ตัว ที่มีน้ำกรองบรรจุอยู่ 800 มิลลิลิตร แล้วให้อาหารปลาชนิดเม็ดเก็บไว้ 1 คืน แล้วโรยกากขนาน้ำมันตามอัตราที่กำหนดตามแผนการทดลองลงในบีกเกอร์แต่ละกรรมวิธี บันทึกอัตราการตายของหอยเชอรี่ ที่ 1, 2 และ 3 วัน

2.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพกากขนาน้ำมันกับหอยเชอรี่ ในแปลงนาข้าว วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี โดยเลือกกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพจากที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ คือ กากขนานน้ำมันจากมูลนิธิชัยพัฒนา อัตรา 2.5, 3.0, 3.5 กก./ไร่ กากขนานน้ำมันที่เป็นการค้าซาโปนิน 10%DP อัตรา อัตรา 3.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่กากขนาน้ำมัน)

- ปักดำกล้าข้าวอายุ 20 วัน 1 ต้นต่อจุด ปักดำให้เป็นแถวโดยมีระยะปักดำ 25×25 เซนติเมตร ในแต่ละแปลงย่อยขนาด 2×5 เมตรจำนวน 20 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีคันดินกั้นน้ำได้ ฐานกว้าง 30 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร กั้นตาข่ายในลอนตาถี่กึ่งกลางคันดินสูงจากระดับพื้นดิน 30 เซนติเมตร ปรับพื้นดินในแปลงย่อยให้เรียบเสมอกัน หลังปักดำข้าว 7 วัน ปรับระดับน้ำในแปลงย่อยอยู่ในระดับ 5 เซนติเมตร ปลอยหอยเชอรี่ขนาดเล็ก (30-40 มิลลิเมตร) 10 ตัว ขนาดกลาง (40.1-50 มิลลิเมตร) 10 ตัว รวมกันแปลงย่อยละ 20 ตัว หลังจากนั้น 30 นาที จึงใส่กากขนานน้ำมันตามกรรมวิธีต่างๆ เพียงครั้งเดียว โดยหว่านลงในแปลงให้ทั่วแปลงและรักษาระดับน้ำ 5 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง

- หลังจากใส่กากขนานน้ำมัน 1, 2, 7 และ 15 วัน ตรวจนับหอยเชอรี่ที่ตาย ใช้กระชอนตักตามยาว ซ้อนหอยที่ตายออกจากแปลง และตรวจนับต้นข้าวที่ถูกหอยกัดกินจนไม่มีใบเหนือผิวน้ำ
- วิเคราะห์ผลทางสถิติข้อมูลเปอร์เซ็นต์การตายของหอยเชอรี่ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวถูกทำลาย วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT
- บันทึกผลกระทบของกากขนานน้ำมันทดลองที่มีต่อต้นข้าว (phytotoxicity)

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพกากขนาน้ำมัน *Camellia* sp. เพื่อกำจัดหอยศัตรูกล้วยไม้

2.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพกากเมล็ดชาในห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลอง CRD 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี คือ กากขนาน้ำมันอัตรา 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 กรัม/กลอง เปรียบเทียบกับกากขนานน้ำมันที่เป็นการค้า (ซาโปนิน 10%DP) อัตรา 0.5 กรัม/กลอง และกรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่กากขนานน้ำมัน)

- เก็บรวบรวมหอยศัตรูกล้วยไม้ ได้แก่ หอยชักชีเนีย และหอยเจดีย์ใหญ่ จากแปลงสวนกล้วยไม้ เกษตรกรมาเลี้ยงที่ห้องปฏิบัติการ
- คัดเลือกหอยชักชีเนีย และหอยเจดีย์ใหญ่ ตัวเต็มวัยที่สมบูรณ์แข็งแรง ใส่กล่องพลาสติกขนาด 300 ตารางเซนติเมตร ชนิดหอยละ 10 ตัว แล้วให้อาหารปลาชนิดเม็ดเก็บไว้ 1 คืน
- ชั่งกากขนานน้ำมันตามอัตราที่กำหนดตามแผนการทดลองใส่ลงในกล่องทดลองแต่ละกล่อง โดยโรยให้ทั่วกล่อง นับจำนวนหอยตายหลังจากทดสอบ 1 และ 2 วัน
- เก็บข้อมูลอัตราการตายของหอยชักชีเนียและหอยเจดีย์ใหญ่ ที่ 1 และ 2 วัน

2.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพการกักขังน้ำมันกับหอย ในแปลงสวนกล้วยไม้ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือ การกักขังน้ำมันอัตรา 1, 5, 10 กก./ไร่ การกักขังน้ำมันที่เป็นการค้า (ซาโปนิน 10%DP) อัตรา 5 กก./ไร่ และ กรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่การกักขังน้ำมัน)

- เตรียมแปลงทดลอง กำหนดพื้นที่ทดสอบเป็นแปลงย่อยขนาด 1.0 ตารางเมตร ใช้ตาข่ายกัน โดยรอบแปลงย่อยของแต่ละกรรมวิธี จำนวน 20 แปลงย่อย แล้วปล่อยหอยชักชีเนียและหอยเจดีย์ใหญ่ ชนิดละ 20 ตัว/แปลงย่อย

- โรยการกักขังน้ำมันแต่ละอัตราลงบนพื้นดินตามแผนการทดลองให้ทั่วแต่ละแปลงย่อย

- นับจำนวนหอยทั้ง 2 ชนิด ทั้งที่มีชีวิต (เป็น) และตายในแต่ละแปลงย่อยบันทึกข้อมูลจำนวนหอยชักชีเนียและหอยเจดีย์ใหญ่ทั้งที่เป็นและตายหลังทดสอบ 1 และ 2 วัน

3. การกำหนดร่างฉลากการใช้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

3.1 รวบรวมข้อมูลจากกิจกรรมที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของกากขังน้ำมัน และปริมาณสารสำคัญของซาโปนินในกากขังน้ำมัน

3.2 รวบรวมข้อมูลจากกิจกรรมที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการกักขังน้ำมัน ในการกำจัดหอยเชอร์รี่ในห้องปฏิบัติการ และในแปลงนาข้าว

3.3 นำข้อมูลจากข้อ 3.1 และ 3.2 มาประเมิน จัดทำร่างฉลากวัตถุอันตรายสารซาโปนิน นำเสนอคณะกรรมการพิจารณาการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร พิจารณาแก้ไขร่างฉลากและจัดทำร่างฉลากที่สมบูรณ์ ถูกต้องตามหลักวิชาการและตามที่กฎหมายกำหนด

ระยะเวลา ตุลาคม 2556- กันยายน 2558

สถานที่ กลุ่มงานวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตรจากสารธรรมชาติ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร กลุ่มกัญและสัตววิทยา แปลงสวนกล้วยไม้เกษตรกร อำเภอนาทม จังหวัดกาญจนบุรี แปลงนาเกษตรกร 2 แห่ง ที่ อำเภอมะนัง และ อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาคุณภาพการกักขังน้ำมันเพื่อการควบคุมศัตรูพืช

1.1 ศึกษาวิธีการสกัดสารซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์ซาโปนินในกากขัง

1. การสกัดสารซาโปนินจากกากขังโดยวิธีการกลั่นแบบไหลย้อนกลับ (reflux) และการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (sonicate) ด้วยน้ำ เมทานอล และ ไอโซโพรพานอล พบว่า วิธีการ reflux ด้วยเมทานอลสามารถสกัดสารซาโปนินออกมาได้มากกว่า น้ำ และไอโซโพรพานอล (ตารางที่ 1)

2. การสกัดกากขังน้ำมัน โดยวิธีการกลั่นแบบไหลย้อนกลับ (reflux) แล้วเปรียบเทียบกับผลจากการสกัดด้วยขั้นตอนและตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 8 วิธี (ตารางที่ 2) ได้สารที่สกัด ตามรูปที่ 2 ซึ่งพบว่าทุกวิธีสามารถสกัดซาโปนินได้ใกล้เคียงกัน แต่การใช้เมทานอล-ปิโตรพานอล เป็นวิธีที่สกัดได้ง่าย ตัวทำละลายแยกชั้นกันได้ดี ขั้นตอนในการสกัดน้อย มีน้ำมันปนเปื้อนน้อยทำให้มีลักษณะเป็นผลึกและให้ %saponin สูง จึงเลือกใช้วิธีสกัดสารสกัดหยาบซาโปนิน

3. การศึกษาวิธีการกำจัดสารปนเปื้อนออกจากสารสกัดหยาบซาโปนิน โดยใช้ solid phase extraction (SPE) ชนิด C18 และ sephadex LH-20 พบว่าทั้ง 2 วิธี ไม่สามารถกำจัดสารปนเปื้อนได้เท่าที่ควรเนื่องจาก sephadex LH-20 มีราคาแพง การใช้ปริมาณน้อย ทำให้ไม่สามารถแยกสารปริมาณมากได้ดีเท่าที่ควร จึงใช้เทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยใช้ silica gel 60 ขนาด 0.015-0.040mm เป็นวัฏภาคคงที่ (solid phase) ผลการชะด้วยน้ำและเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ (Figure 3) พบว่าน้ำและเมทานอลในอัตราส่วน 1/1 สามารถแยกสารซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ได้ดี (Figure 4)

4. การศึกษาสารตัวพา (mobile phase) โดยเปรียบเทียบ mobile phase 2 ชนิด ได้แก่ butanol / ethanol / water / acetic acid (108/36/27/2 v/v/v/v) และ ethyl acetate/methanol/water (6/3/1.5 v/v/v) จากการศึกษาโดยวิธี two dimension พบว่าการใช้ butanol / ethanol / water / acetic acid (108/36/27/2 v/v/v/v) สามารถแยกสารซาโปนินได้ดีกว่า (รูปที่ 5) จึงเลือกใช้เป็น mobile phase ในการทดสอบ และเมื่อศึกษาการดูดกลืนแสงของสารซาโปนินที่ความยาวคลื่นต่างๆ พบว่าให้ค่าการดูดกลืนแสง ultraviolet สูงสุดที่ความยาวคลื่นต่ำ จึงเลือกใช้ความยาวคลื่น 207 nm ในการวิเคราะห์ทดสอบ (รูปที่ 6)

5. การใช้ butanol / ethanol / water / acetic acid (108/36/27/2 v/v/v/v) เป็น mobile phase แล้วพ่นด้วยน้ำยา Anisaldehyde-sulfuric acid ของ สารซาโปนินจากขาน้ำมันที่สั่งซื้อจากจีน ซาโปนินจาก Quillaja bark และ สารสกัดซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ที่สกัดจากขาน้ำมัน (รูปที่ 7) ที่ความเข้มข้นเท่ากัน พบว่าสารซาโปนินจากจีนมีปริมาณซาโปนินน้อยกว่าในสารสกัดซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์มาก (ภายหลังได้ส่งให้สถาบันเทคโนโลยีชีวภาพ และ พันธุวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตรวจสอบว่าสารซาโปนินจากจีน มีซาโปนินอยู่เพียง 22.7%) ส่วนซาโปนินจาก Quillaja bark เป็นซาโปนินคนละชนิดกับซาโปนินที่ได้จากขาน้ำมัน จึงไม่สามารถนำมาเทียบเคียงเพื่อหาปริมาณซาโปนินในกากขาได้ จากการวิเคราะห์ ด้วย TLC-densitometer เมื่อเปรียบเทียบ chromatogram จากสารสกัดซาโปนินจากกากขา สารสกัดหยาบซาโปนิน และ สารซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ พบว่าสามารถกำจัดสิ่งเจือปนให้น้อยลงตามลำดับ (รูปที่ 8)

6. การวิเคราะห์ปริมาณของสารซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์โดยวิธี HPTLC ด้วยวิธี reflux ด้วยเมทานอลและสกัดด้วยบิวทานอล 10 ซ้ำ ได้สารสกัดหยาบสารซาโปนิน เกลี่ย 48.32 %w/w (ตารางที่ 3) เมื่อนำสารสกัดหยาบที่ได้ผ่านคอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยใช้ น้ำ/เมทานอลในอัตรา 1/1 เป็นตัวชะสามารถสกัดสารกลุ่มซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ เมื่อวิเคราะห์ HPTLC แล้วพ่นด้วยน้ำยา Anisaldehyde-sulfuric acid ให้แถบสีม่วงที่ Rf 0.18 ซึ่งเป็นสารซาโปนิน (รูปที่ 9)

7. ผลวิเคราะห์สารสกัดซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์จากสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบสารซาโปนิน 94.35 %w/w และเมื่อเปรียบเทียบสารสกัดกึ่งบริสุทธิ์ สารสกัดหยาบและตัวทำละลาย ด้วยเครื่อง HPTLC (รูปที่ 10) พบว่าสามารถใช้สารซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์นี้เป็นสารมาตรฐานในการศึกษาวิธีตรวจวิเคราะห์ปริมาณซาโปนินในตัวอย่างกากขาต่อไป

1.2 ศึกษาวิธีการตรวจวิเคราะห์ และปริมาณสารสำคัญซาโปนินในกากขาที่ได้จากโรงงานผลิตขาน้ำมัน

1. ผลการศึกษาวิธีการสกัดสารสำคัญซาโปนินในกากขาโดยการ reflux เปรียบเทียบตัวทำละลายระหว่างเมทานอลและไอโซโพรพานอลในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ ไอโซโพรพานอล/น้ำ (70/30) เมทานอล/น้ำ (100/0) และเมทานอล/น้ำ (70/30) พบว่า เมทานอล/น้ำ (100/0) สามารถสกัดสารซาโปนินได้ดีกว่า จึงเลือกใช้เมทานอล/น้ำ (100/0) ในการสกัดสารซาโปนิน (ตารางที่ 4)

2. ศึกษาวิธีวิเคราะห์สารสำคัญซาโปนินในกากเมล็ดชาด้วยเครื่อง HPTLC โดยใช้butanol/ethanol/water/acetic acid (108/36/27/2) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่เมื่อพ่นด้วยน้ำยา Anisaldehyde-sulfuric acid บนตัวอย่างกากขา ให้แถบสีม่วงที่ Rf 0.18 ซึ่งเป็นสารสำคัญซาโปนิน (รูปที่ 11)

3. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารสำคัญซาโปนินในกากขาที่ได้จากโรงงานผลิตขาน้ำมันโดยวิธี HPTLC ที่ความยาวคลื่น 207 nm ให้ช่วงการวัด (range) 2-10 ug/spot ให้ค่าความเป็นเส้นตรง (Linearity) ที่ Correlation coefficient (r) 0.9988 ให้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจพบได้ (limit of detection ; LOD) ที่ความเข้มข้น 0.119 ug/spot และให้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจหาปริมาณได้ (limit of quantitation ; LOQ) ที่ความเข้มข้น 0.365 ug/spot เมื่อตรวจสอบความแม่นยำ (Precision) ให้ค่า HORRAT ของการทวนซ้ำ (Repeatability) และการทำซ้ำ (Reproducibility) ที่ความเข้มข้น 3.75, 6.25 และ 8.75 ug/spot เท่ากับ 1.85, 1.63, 1.24 และ 1.4, 1.08, 0.82 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และเมื่อตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy) ให้ % Recovery ที่ความเข้มข้น 4.15, 6.85 และ 9.55 ug/spot เท่ากับ 103.3%, 100.29% และ 101.47% ตามลำดับ

(ตารางที่ 6) และเมื่อตรวจสอบความคงทนของวิธีพบว่า การเปลี่ยนอัตราส่วน Mobile phase จาก butanol / ethanol / water / acetic acid ในอัตรา 108/36/27/2 เป็น 108/36/27/1 และการเปลี่ยนความยาวคลื่นที่ตรวจวัดจาก 207 nm เป็น 214 nm

ที่ระดับความเข้มข้น 3.75, 6.25 และ 8.75 ug/spot จำนวน 10 ซ้ำ ได้ค่า HORRAT ≤ 2 (ตารางที่ 7) ผ่านเกณฑ์การยอมรับโดยพิจารณาตาม AOAC

5. วิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนินในตัวอย่างผลิตภัณฑ์กากขนาน้ำมันจาก จังหวัดนครปฐม สิงห์บุรีและชัยนาท รวม 12 ตัวอย่าง พบสารซาโปนิน 10.09-11.95% w/w (รูปที่ 12, ตารางที่ 8)

2.ศึกษาประสิทธิภาพกากขนาน้ำมันเพื่อการควบคุมศัตรูพืช

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพกากขนาน้ำมัน *Camellia* sp. เพื่อกำจัดหอยเชอรี่ (golden apple snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck)

การทดสอบประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการ

หลังการใช้ 3 วัน พบว่า กรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมัน หอยเชอรี่ตายสะสมเฉลี่ย 75–100% มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่พบหอยเชอรี่ตาย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีใช้สารพบว่า กรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมันอัตรา 2.5, 3.0 และ 3.5 กก./ไร่ และกรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมันการคำนวณหอยเชอรี่อัตรา 3.0 กก./ไร่ ตายสะสมเฉลี่ย 95.83, 100, 100 และ 95.83% ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมันอัตรา 0.02 กก./ไร่ที่มีหอยตายสะสมเฉลี่ย 75%

การทดสอบประสิทธิภาพกากขนาน้ำมันกับหอยเชอรี่ในนาข้าว

โดยเลือกอัตราที่มีประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการมาใช้ทดสอบ ทำการทดลอง 2 แห่ง คือที่ อำเภอมือง และ อำเภอสรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี

1. การทดลองที่ 1 แปลงนาเกษตรกร อำเภอมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

เปอร์เซ็นต์หอยเชอรี่ตาย (ตารางที่ 10) หลังการใช้กากขนาน้ำมัน 2 วันพบว่ากรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมัน หอยเชอรี่ตายสะสมเฉลี่ย 98.75–100% มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่พบหอยเชอรี่ตายสะสมเฉลี่ย 1.25% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมัน พบว่ากรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมันอัตรา 2.5, 3.0 และ 3.5 กก./ไร่ และกรรมวิธีใช้สารเปรียบเทียบกากขนาน้ำมันการคำนวณหอยเชอรี่ตายสะสมเฉลี่ย 98.75, 98.75, 100 และ 98.75% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการใช้กากขนาน้ำมัน 7 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมัน หอยเชอรี่ตายสะสมเฉลี่ยเท่ากัน คือ 100% มากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่พบหอยเชอรี่ตายสะสมเฉลี่ย 1.25%

เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวถูกทำลาย (ตารางที่ 10) หลังการใช้กากขนาน้ำมัน 7 วัน พบว่ากรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมัน ต้นข้าวถูกทำลายสะสมเฉลี่ย 0.49-4.44% น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่มีต้นข้าวถูกทำลายสะสมเฉลี่ย 71.22% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมัน พบว่า กรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมันอัตรา 2.5, 3.0 และ 3.5 กก./ไร่ และกรรมวิธีใช้สารเปรียบเทียบกากขนาน้ำมันการคำนวณต้นข้าวถูกทำลายสะสมเฉลี่ย 4.44, 1.81, 0.49 และ 2.63% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การทดลองที่ 2 แปลงนาเกษตรกร อำเภอสรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี

เปอร์เซ็นต์หอยเชอรี่ตาย (ตารางที่ 11) หลังการใช้กากขนาน้ำมัน 7 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมัน หอยเชอรี่ตายสะสมเฉลี่ยเท่ากัน คือ 100% มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่พบหอยเชอรี่ตายสะสมเฉลี่ย 3.75%

เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวถูกทำลาย (ตารางที่ 11) หลังการใช้กากขนาน้ำมัน 7 วัน พบว่ากรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมันต้นข้าวถูกทำลายสะสมเฉลี่ย 2.47–4.77% น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่มีต้นข้าวถูกทำลายสะสมเฉลี่ย 36.84% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมันพบว่า กรรมวิธีใช้กากขนาน้ำมันอัตรา

2.5, 3.0 และ 3.5 กก./ไร่ และกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันเปรียบเทียบกากขาน้ำมันการค้าพบต้นข้าวถูกทำลายสะสมเฉลี่ย 3.95, 3.48, 2.47 และ 4.77% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความเป็นพิษต่อต้นข้าวผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองพบว่า กากขาน้ำมันกากขาน้ำมันจากมูลนิธิชัยพัฒนาอัตรา 2.5, 3.0 และ 3.5 กก./ไร่ และกากขาน้ำมันการค้า อัตรา 3.0 กก./ไร่ ไม่พบความเป็นพิษต่อต้นข้าว โดยต้นข้าวเจริญเติบโตและแตกกอเป็นปกติ

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพกากขาน้ำมัน *Camellia* sp. เพื่อกำจัดหอยศัตรูกล้วยไม้

การทดสอบประสิทธิภาพกากเมล็ดชาในหึ่งปฏิบัติการ

1. การทดสอบประสิทธิภาพกากขาน้ำมันกับหอยชักชีในหึ่งปฏิบัติการ (ตารางที่ 12) หลังการใช้กากขาน้ำมัน 2 วัน พบว่ากรรมวิธีใช้กากขาน้ำมัน หอยชักชีตายสะสมเฉลี่ย 58.33–95.0% มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่พบหอยชักชีตาย 3.33% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมัน พบว่า กรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันอัตรา 1.0 และ 1.5 กรัมต่อกล่อ่ง พบหอยชักชีตายสะสมเฉลี่ย 93.25 และ 95.0% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันอัตรา 0.5 กรัมต่อกล่อ่ง และกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันการค้าอัตรา 0.5 กรัมต่อกล่อ่ง มีหอยชักชีตายสะสมเฉลี่ย 82.5 และ 81.25% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การทดสอบประสิทธิภาพกากขาน้ำมันกับหอยเจดีย์ใหญ่ในหึ่งปฏิบัติการ (ตารางที่ 12) หลังการใช้กากขาน้ำมัน 2 วัน พบว่ากรรมวิธีใช้กากขาน้ำมัน หอยเจดีย์ใหญ่ตายสะสมเฉลี่ย 52.91–96.25% มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่พบหอยเจดีย์ใหญ่ตาย 1.67% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมัน พบว่ากรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันอัตรา 1.0 และ 1.5 กรัมต่อกล่อ่ง พบหอยเจดีย์ใหญ่ตายสะสมเฉลี่ย 92.5 และ 96.25% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันอัตรา 0.5 กรัมต่อกล่อ่ง และกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันการค้าอัตรา 0.5 กรัมต่อกล่อ่ง มีหอยเจดีย์ใหญ่ตายสะสมเฉลี่ย 87.08 และ 85.0% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทดสอบประสิทธิภาพกากขาน้ำมันกับหอย ในแปลงสวนกล้วยไม้

1. การทดสอบประสิทธิภาพกากขาน้ำมันกับหอยชักชีในสวนกล้วยไม้ โดยเลือกอัตราที่มีประสิทธิภาพในหึ่งปฏิบัติการมาใช้ทดสอบ ทำการทดลองที่ อำเภอน้ำมวง จังหวัดกาญจนบุรี (ตารางที่ 13) หลังการใช้กากขาน้ำมัน 2 วัน พบว่ากรรมวิธีใช้กากขาน้ำมัน หอยชักชีตายสะสมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 65.62–98.12 % มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใช้กากขาน้ำมันที่พบหอยชักชีตายสะสมเฉลี่ย 1.25 % เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันพบว่า กรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันอัตรา 1.0, 5.0 และ 10.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันเปรียบเทียบกากขาน้ำมันการค้า 5.0 กก./ไร่ พบหอยชักชีตายสะสมเฉลี่ย 65.62, 95.62, 98.12 และ 93.12 % ตามลำดับ ซึ่งกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันอัตรา 5.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันการค้าอัตรา 5.0 กก./ไร่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การทดสอบประสิทธิภาพกากขาน้ำมันกับหอยเจดีย์ใหญ่ในสวนกล้วยไม้ โดยเลือกอัตราที่มีประสิทธิภาพในหึ่งปฏิบัติการมาใช้ทดสอบ ทำการทดลองที่ อำเภอน้ำมวง จังหวัดกาญจนบุรี (ตารางที่ 12) หลังการใช้กากขาน้ำมัน 2 วัน พบว่ากรรมวิธีใช้กากขาน้ำมัน หอยเจดีย์ใหญ่ตายสะสมเฉลี่ย 49.37–98.12% มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใช้กากขาน้ำมันที่ไม่พบหอยเจดีย์ใหญ่ตาย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันพบว่า กรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันอัตรา 1.0, 5.0 และ 10.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันเปรียบเทียบกากขาน้ำมันการค้า 5.0 กก./ไร่ พบหอยเจดีย์ใหญ่ตายสะสมเฉลี่ย 49.37, 95.62, 98.12 และ 89.37 % ตามลำดับ ซึ่งกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันอัตรา 5.0 และ 10.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีใช้กากขาน้ำมันการค้าอัตรา 5.0 กก./ไร่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การกำหนดร่างฉลากการใช้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

นำผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญชาโปนิน และผลการทดสอบประสิทธิภาพพากษาน้ำมัน ไปใช้ในการจัดทำร่างฉลากวัตถุอันตรายสารชาโปนิน นำเสนอคณะกรรมการพิจารณาการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร พิจารณาแก้ไขร่างฉลากและจัดทำร่างฉลากที่สมบูรณ์ ถูกต้องตามหลักวิชาการ และตามกฎหมายกำหนด (รูปที่ 13)

สรุปผลการทดลอง

1. ศึกษาคุณภาพพากษาน้ำมันเพื่อการควบคุมศัตรูพืช

จากการศึกษาวิธีการสกัดสารชาโปนินกึ่งบริสุทธิ์เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์ชาโปนินในพากษาน้ำมัน ผลวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPTLC บนแผ่น TLC ชนิด HPTLC plate silica gel 60F254 ขนาด 20x10cm โดยใช้ butanol / thanol / water / acetic acid (108/36/27/2 v/v/v/v) เป็น mobile phase ที่ความยาวคลื่น 207 นาโนเมตร ได้สารสกัดหยาบชาโปนินโดยเฉลี่ย 48.32%w/w เมื่อนำสารสกัดหยาบที่ได้มาทำให้บริสุทธิ์ขึ้นด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยใช้ น้ำ/เมทานอลในอัตราส่วน 1/1 สามารถสกัดสารกลุ่มชาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ได้ 94.35%w/w

ผลการศึกษาวิธีการตรวจวิเคราะห์กลุ่มสารสำคัญชาโปนินในพากษาน้ำมันได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPTLC ให้ช่วงความเข้มข้น (range) 2-10 ug/spot ค่าความเป็นเส้นตรง (correlation coefficient; r) 0.9988 ให้ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (limit of detection; LOD) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (limit of detection; LOQ) 0.11 และ 0.36 ug/spot ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างพากษาน้ำมันจากแหล่งต่างๆ 12 ตัวอย่าง พบสารสำคัญกลุ่มชาโปนิน 10.09-11.95 %w/w

2. ศึกษาประสิทธิภาพพากษาน้ำมันเพื่อการควบคุมศัตรูพืช

การทดสอบประสิทธิภาพพากษาน้ำมัน *Camellia* sp. เพื่อกำจัดหอยเชอรี่ในห้องปฏิบัติการ ตามแผนการทดลอง CRD 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี ที่อัตรา 2.0, 2.5, 3.0 และ 3.5 กก./ไร่ เปรียบเทียบกับพากษาน้ำมันการค้า (ชาโปนิน 10%DP) อัตรา 3.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่พากษาน้ำมัน) หลังใช้พากษาน้ำมัน 3 วัน พบหอยเชอรี่ตายเฉลี่ย 75.00, 95.83, 100, 100, 95.83 และ 0% ตามลำดับ และทำการทดสอบประสิทธิภาพในแปลงนาเกษตรกร 2 แห่ง คือ ที่ อำเภอมือง และ อำเภอสรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี ตามแผนการทดลอง RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ที่อัตรา 2.5, 3.0 และ 3.5 กก./ไร่ เปรียบเทียบกับพากษาน้ำมันการค้า (ชาโปนิน 10%DP) อัตรา 3 กก./ไร่ และกรรมวิธีควบคุม หลังใช้พากษาน้ำมัน 7 วัน ที่ อำเภอมือง พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้พากษาน้ำมัน หอยตาย 100% ส่วนกรรมวิธีควบคุมหอยตายเฉลี่ย 1.25% ที่อำเภอสรีประจันต์ ทุกกรรมวิธีที่ใช้พากษาน้ำมันหอยตาย 100% ส่วนกรรมวิธีควบคุม หอยตายเฉลี่ย 6.25%

การทดสอบประสิทธิภาพพากษาน้ำมัน *Camellia* sp. เพื่อกำจัดหอยศัตรูกล้วยไม้ ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการตามแผนการทดลอง CRD กับหอยชัคซิเนียและหอยเจดีย์ใหญ่ จำนวน 4 ซ้ำ 6กรรมวิธี ที่อัตรา 0.1, 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัมต่อกล่อ่ง เปรียบเทียบกับพากษาน้ำมันการค้า (ชาโปนิน 10%DP) อัตรา 0.5 กรัมต่อกล่อ่ง และกรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่พากษาน้ำมัน) หลังใช้พากษาน้ำมัน 2 วัน พบหอยชัคซิเนียตายเฉลี่ย 58.33, 82.50, 93.25, 95.0, 81.25 และ 3.33% ตามลำดับ และได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในแปลงสวนกล้วยไม้ของเกษตรกรที่ อำเภอนาทม จังหวัดกาญจนบุรี ตามแผนการทดลอง RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือ ใส่พากษาน้ำมันอัตรา 1.0, 5.0 และ 10.0 กก./ไร่ เปรียบเทียบกับพากษาน้ำมันการค้า (ชาโปนิน 10%DP) อัตรา 5.0 กก./ไร่ และกรรมวิธีควบคุม หลังใช้พากษาน้ำมัน 2 วัน พบว่ากรรมวิธีที่ใช้พากษาน้ำมันที่ 5.0 กก./ไร่ และพากษาน้ำมันการค้า (ชาโปนิน 10%DP) อัตรา 5.0 กก./ไร่ มีประสิทธิภาพกำจัดหอยทั้งหอยชัคซิเนีย 95.62 และ 93.12% ตามลำดับ และหอยเจดีย์ใหญ่ 95.62 และ 89.37% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. การกำหนดร่างฉลากการใช้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

การกำหนดร่างฉลากการใช้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพได้นำผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญของซาโปนิน และผลการทดสอบประสิทธิภาพกากขี้ผึ้งนํ้ามัน ไปใช้ในการจัดทำร่างฉลากวัตถุดิบทรายสารซาโปนิน นำเสนอ คณะอนุกรรมการพิจารณาการขึ้นทะเบียนวัตถุดิบทรายทางการเกษตร พิจารณาแก้ไขร่างฉลากและจัดทำร่างฉลากที่ สมบูรณ์ ถูกต้องตามหลักวิชาการ และตามที่กฎหมายกำหนด

ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยนี้ได้มีการนำไปใช้เป็นข้อมูลในการขึ้นทะเบียนกากขี้ผึ้งนํ้ามันตาม พรบ. วัตถุอันตราย สามารถนำสาร ซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ที่สกัดได้ ไปใช้เป็นสารมาตรฐานในห้องปฏิบัติการสำหรับการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนิน ในกากขี้ผึ้งนํ้ามัน สามารถใช้เป็นวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตรจากสารธรรมชาติ กอง วิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ซึ่งเป็นทางเลือกที่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการตรวจ วิเคราะห์ เพื่อสนับสนุนการขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องของผลิตภัณฑ์สารธรรมชาติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช นอกจากนี้ยังสามารถถ่ายทอดไปยังห้องปฏิบัติการทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน เกษตรกรและผู้สนใจ

เอกสารอ้างอิง

- จรรยา ชัยเจริญพงศ์. 2552. กากเมล็ดชากำจัดหอยเชอรี่. ใน บทความเผยแพร่ความรู้ด้านเทคโนโลยี ชีวภาพ เดือน มีนาคม 2552. สถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ.
- ชมพูท จรรยาเทศ. 2552. หอยทากในสวนกล้วยไม้. เอกสารแผ่นพับเผยแพร่ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. สำนักวิจัย พัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพมหานคร.
- ชมพูท จรรยาเทศ, ทักษิณ อาชวาคม และทรงทัฬ แก้วตา. 2532. ทดสอบอัตราการกินต้นข้าวของ หอยเชอรี่. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัย กลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร กองกีฏและสัตว-วิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ. หน้า 115-125.
- ชมพูท จรรยาเทศ, ทักษิณ อาชวาคม และทรงทัฬ แก้วตา. 2534. ชีววิทยาของหอยเชอรี่. รายงานผลการค้นคว้า และวิจัย กลุ่มงานสัตววิทยาการเกษตร กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ. หน้า 94-02.
- บุญทริกา ศิริ. มปป. สารซาโปนิน. แหล่งที่มา <http://www.fisheries.go.th/ifcenter/web2/images/pdf/saponin.pdf>.
- Wiesman, Z. and B.P. Chapagain, 2003. Laboratory evaluation of natural saponin as a bioactive agent against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. **Dengue Bulletin**. 27: 168-173.
- Wina, E., S. Muetzel and K. Becker. 2005. The impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant production-a review. **J. Agric. Food Chem** 53: 8093-8105.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สารซาโปนินที่สกัดด้วยวิธีการกลั่นแบบไพล์ย้อนกลับ และการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงในตัวทำละลายต่างๆ

solvent	sonicate	reflux
water	can not filtrate	can not filtrate
isopropanol(IPA)	0.00%	1.45%
methanol(MeOH)	2.89%	3.14%

ตารางที่ 2 ผลการสกัดด้วยวิธีการกลั่นแบบไพล์ย้อนกลับที่มีขั้นตอนและตัวทำละลายแตกต่างกัน (วิเคราะห์โดย TLC-Densitometer)

Solvent extraction	Extraction step	Separation	Substance	%saponin
100% methanol	1	++	oily viscous	62.43
70%methanol	1	++	oily viscous	65.18
water-butanol	2	++	viscous	63.36
methanol-butanol	2	++	crystalline	69.84
methanol-chloroform	2	+	viscous	60.09
methanol-chloroform-	3	+	powder	59.46
methanol-ether-butanol	3	+	crystalline	69.34
70% methanol-ether-butanol	3	+	powder	66.70

Remark: The more numbers of + symbol means the easier procedures saparation difficulty.

ตารางที่ 3 ปริมาณเปอร์เซ็นต์สารซาโปนินจากการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล-บิวทานอล 10 ครั้ง

Extraction	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% saponin	44.94	53.13	52.91	43.51	49.73	47.80	43.79	49.52	52.40	45.46
% average	48.32									
CV	7.80									

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สารซาโปนินที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายระหว่าง ไอโซโพรพานอล/น้ำ และ เมทานอล/น้ำ

isopropanol/water	%saponin	methanol/water	%saponin
100/0	5.12	100/0	10.97
90/10	7.77	90/10	9.14
80/20	7.03	80/20	6.90
70/30	9.44	70/30	10.25
60/40	8.27	60/40	7.63
50/50	6.19	50/50	6.17

ตารางที่ 5 ผลทดสอบความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์สารซาโปนินในกากชาด้วยเทคนิค

Sample concentration	precision					
	repeatability			reproducibility		
	SD	%RSD	HORRAT	SD	%RSD	HORRAT
3.75 ug/spot	0.27	2.4	1.85	0.31	2.75	1.4
6.25 ug/spot	0.23	2.13	1.63	0.23	2.13	1.08
8.75 ug/spot	0.17	1.63	1.24	0.17	1.63	0.82

ตารางที่ 6 ผลทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์สารซาโปนินในกากชาด้วยเทคนิค

Sample concentration	accuracy		
	SD	%RSD	%recovery
4.15 ug/spot	10.67	10.3	103.3
6.85 ug/spot	14.03	14	100.29
9.55 ug/spot	9.03	8.93	101.47

ตารางที่ 7 ผลทดสอบความคงทนของวิธีทดสอบ (Robustness/Ruggedness)

concentration	mobile phase			wave length		
	butanol/ethanol/water/acetic acid			214 nm		
	SD	%RSD	HORRAT	SD	%RSD	HORRAT
3.75 ug/spot	0.08	2.09	1.93	0.05	1.29	1.19
6.25 ug/spot	0.10	1.68	1.67	0.10	1.58	1.57
8.75 ug/spot	0.12	1.43	1.50	0.11	1.24	1.30

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์สารซาโปนินในตัวอย่างกากชา 12 ตัวอย่าง

sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% saponin	11.95	11.48	10.59	11.72	11.54	11.58	11.23	10.52	10.68	10.31	10.18	10.09

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์การตายของหอยเชอรี่ที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Treatment	Average percentage of golden apple snail mortality		
	After use1day	After use2days	After use3days
Tea seed meal 2.0 kg./rai	20.83b	75.0b	75.0b
Tea seed meal 2.5 kg./rai	16.66b	95.83a	95.83a
Tea seed meal 3.0 kg./rai	41.66a	95.83a	100a
Tea seed meal 3.5 kg./rai	37.50a	100a	100a
Tea seed meal(trade) 3.0 kg./rai	41.66a	91.66a	95.83a
control	0.0c	0.0c	0.0c
CV	63.80	16.43	14.00

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different based on 95% confidence limits by DMRT.

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์หอยเชอรี่ตายและต้นข้าวถูกทำลายหลังทดสอบในข้าวเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

Treatment	%golden apple snail mortality				Percent crops destroyed			
	1 day	2 days	7 days	15 days	1 day	2 days	7 days	15 days
Tea seed meal 2.5kg./rai	77.5a	98.75a	100a	100a	4.44a	4.44a	4.44a	4.44a
Tea seed meal 3.0kg./rai	78.75a	98.75a	100a	100a	1.15a	1.81a	1.81a	1.81a
Tea seed meal 3.5kg./rai	88.75a	100a	100a	100a	0.49a	0.49a	0.49a	0.49a
Tea seed (trade) 3.0kg./rai	73.75a	98.75a	100a	100a	2.13a	2.63a	2.63a	2.63a
control	0.0b	1.25b	1.25b	1.25b	19.90b	43.25b	64.96b	71.22b
CV	6.98	2.52	0.62	0.62	25.96	67.56	52.59	36.02

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different based on 95% confidence limits by DMRT.

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์หอยเชอรี่ตายและต้นข้าวถูกทำลายหลังทดสอบในนาข้าวเกษตรกร อำเภอสรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี

Treatment	%golden apple snail mortality				Percent crops destroyed			
	1 day	2 days	7 days	15 days	1 day	2 days	7 days	15 days
Tea seed meal 2.5kg./rai	87.5a	96.25a	100a	100a	3.95a	3.95a	3.95a	3.95a
Tea seed meal 3.0kg./rai	80.0a	100a	100a	100a	3.48a	3.48a	3.48a	3.48a
Tea seed meal 3.5kg./rai	95.0a	100a	100a	100a	2.47a	2.47a	2.47a	2.47a
Tea seed (trade) 3.0kg./rai	78.75a	97.5a	100a	100a	4.11a	4.11a	4.77a	4.77a
control	0.0b	0.0b	3.75b	3.75b	18.25b	33.88b	36.84b	47.70b
CV	6.11	2.23	10.22	10.22	43.67	36.31	34.19	27.41

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different based on 95% confidence limits by DMRT.

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์การตายของหอยชักตีนและหอยเจดีย์ใหญ่ที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Treatment	% <i>Succinea</i> sp. mortality		% <i>P.walker</i> i mortality	
	After use 1 day	After use 2 days	After use 1 day	After use 2 days
Tea seed meal 0.1 g.	22.50 d	58.33 c	22.50 d	52.91 c
Tea seed meal 0.5 g.	45.00 b	82.50 b	57.50 c	87.08 b
Tea seed meal 1.0 g.	50.00 b	93.25 a	65.00 b	92.50 a
Tea seed meal 1.5 g.	57.50 a	95.00 a	82.50 a	96.25 a
Tea seed meal (trade)	37.50 c	81.25 b	55.00 c	85.00 b
Control	0 e	3.33 d	0 e	1.67 d
CV	22.91	50.49	18.87	51.81

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different based on 95% confidence limits by DMRT.

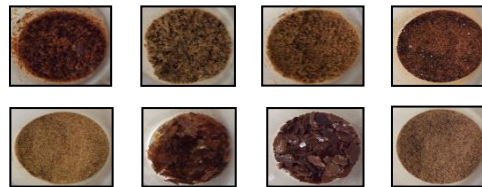
ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การตายของหอยชักตีนและหอยเจดีย์ใหญ่ที่ทดสอบในสวนกล้วยไม้

Treatment	% <i>Succinea</i> sp. mortality		% <i>P.walker</i> i mortality	
	After use1	After use2	After use1	After use2
Tea seed meal 1.0 kg/rai	30.00 d	65.62 c	26.87 c	49.37 b
Tea seed meal 5.0 kg/rai	73.12 b	95.62 ab	66.25 b	95.62 a
Tea seed meal 10.0 kg/rai	81.87 a	98.12 a	76.87 a	98.12 a
Tea seed meal(trade) 5.0	66.87 c	93.12 b	73.75 ab	89.37 a
Control	0 c	1.25 d	0 d	0 c
CV	64.30	53.36	67.10	59.17

Remark : Means followed by the same letter within a column are not significantly different based on 95% confidence limits by DMRT.



รูปที่ 1 ภาพหอยศัตรูกล้วยไม้



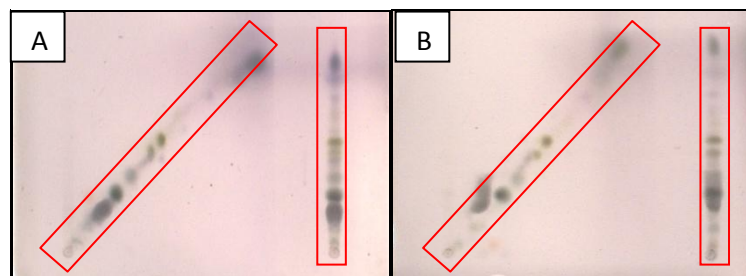
รูปที่ 2 สารสกัดหยาบซาโปนินที่ได้จากกากชาด้วยวิธีการต่างๆ



รูปที่ 3 หลอดทดสอบที่ใช้น้ำและเมทานอลในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อสกัดสารกลุ่มซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์



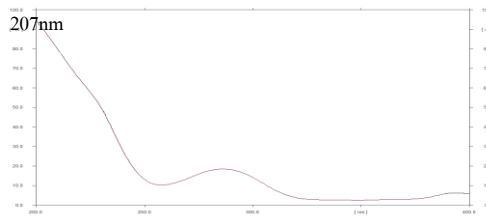
รูปที่ 4 ผงสารกลุ่มซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์



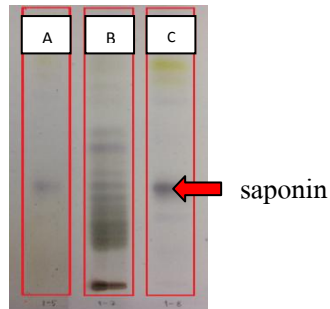
รูปที่ 5 เอกลักษณะโครมาโทกราฟี 2 มิติ ของวัฏภาคเคลื่อนที่ A และ B

A : butanol / ethanol / water / acetic acid (108/36/27/2 v/v/v/v)

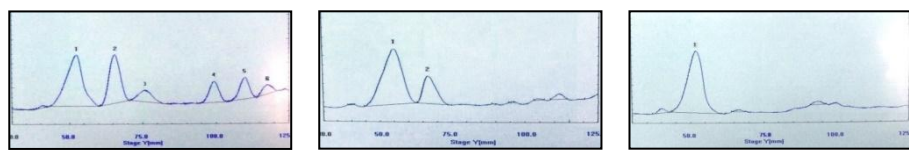
B : ethyl acetate/methanol/water (6/3/1.5 v/v/v)



รูปที่ 6 สเปกตรัมของซาโปนินที่ Rf 0.18

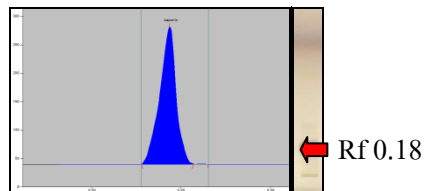


รูปที่ 7 เอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของซาโปนินที่ได้จาก 3 แหล่ง วิเคราะห์ด้วยเครื่อง TLC-Densitometer
A: tea saponin from China B: saponin from quillaja bark C: semi-purified saponin

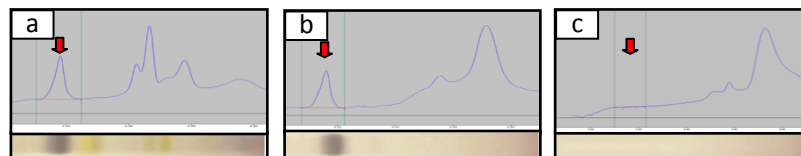


ซาโปนินจากกากชา สารสกัดหยาบซาโปนิน สารสกัดซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์

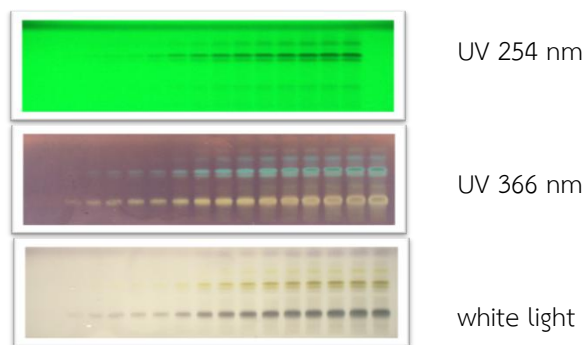
รูปที่ 8 โครมาโทแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง TLC-Densitometer



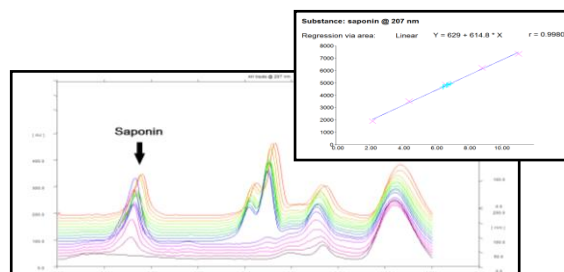
รูปที่ 9 โครมาโทแกรมของสารสกัดซาโปนินกึ่งบริสุทธิ์ที่ Rf 0.18 วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPTLC



รูปที่ 10 โครมาโทแกรมของสารสกัดซาโปนิน วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPTLC
a) Crude saponin b) Semi-purified saponin c) Solvent (methanol)



รูปที่ 11 เอกลักษณ์โครมาโทกราฟีของซาโปนิน วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPTLC
 Stationary phase : HPTLC plate silica gel 60F254 size 20x10cm
 Mobile phase : butanol/ethanol/water/acetic acid (108/36/27/2)
 Spray reagent : Anisaldehyde-sulfuric acid



รูปที่ 12 โครมาโทแกรมของซาโปนินในตัวอย่างกากชาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPTLC

ร่างฉลากสารกำจัดหอย

แถบสีน้ำเงิน (III)

กลุ่มสารเคมี : -

ชื่อสามัญ	ซาโปนิน (saponin)
ชื่อการค้า	ที-ซาโปนิน ตรา ภัทรพัฒน์
สารสำคัญ	saponin.....10%
ผลิตภัณฑ์ของ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาชาชาโน้นและพืชชาโน้น มูลนิธิชัยพัฒนา
บริษัทผู้ขอ	มูลนิธิชัยพัฒนา
ประโยชน์	ใช้ในการป้องกันกำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าว
วิธีใช้	ใช้อัตรา 2.5 กิโลกรัมต่อไร่ หวานให้ทั่วทั้งแปลง เมื่อพบการระบาดของหอยเชอรี่ ขณะใช้ต้องมีระดับน้ำในนาข้าวประมาณ 5 เซนติเมตร และรักษาระดับน้ำให้คงที่อย่างน้อย 3 วัน
วิธีเก็บรักษา	ต้องเก็บ ที-ซาโปนิน ตรา ภัทรพัฒน์ ให้มิดชิดในภาชนะเดิมที่ปิดแน่น และมีฉลากติดอยู่ สถานที่เก็บต้องแห้งและเย็น ห่างไกลจากเด็ก อาหาร น้ำดื่ม สัตว์เลี้ยง และเปลวไฟ
คำเตือน	ที-ซาโปนิน ตรา ภัทรพัฒน์ เป็นวัตถุอันตราย ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพื่อป้องกันมิให้เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ <u>ผู้ใช้ต้องปฏิบัติตามนี้</u> ห้าม ตีน้ำ กินอาหาร หรือสูบบุหรี่ ในขณะที่ปฏิบัติงาน ห้าม เทสารที่เหลือหรือล้างภาชนะบรรจุ อุปกรณ์ ลงในแม่น้ำ ลำคลอง หรือบริเวณใกล้เคียง เมื่อใช้สารฯ หมดแล้ว ห้าม ใช้ไฟเผาภาชนะบรรจุ หรือนำกลับไปใช้อีก - ขณะหวาน ต้อง สวมถุงมือและหน้ากาก และอยู่เหนือลมเสมอ ต้อง ล้างมือและหน้าให้สะอาดด้วยสบู่และน้ำ ก่อนกินอาหาร ตีน้ำ หรือสูบบุหรี่ หลังจากทำงานเสร็จแล้ว ต้อง อาบน้ำ สระผม เปลี่ยนเสื้อผ้าและซักชุดที่สวมทำงานให้สะอาด ภาชนะบรรจุเมื่อใช้หมดแล้วให้ล้างด้วยน้ำ 3 ครั้ง เทน้ำทิ้งในที่ปลอดภัย ห่างจากแหล่งน้ำ ภาชนะบรรจุทำลายแล้วฝังดิน หรือรวมทิ้งในที่ปลอดภัย ระวัง อย่าให้เข้าปาก ตา จมูก หรือถูกผิวหนังและเสื้อผ้า เป็นพิษต่อปลา ต้องระวังการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ เมื่อใช้แล้วต้องเก็บกัก <u>น้ำไว้ในนาอย่าปล่อยออกสู่แหล่งน้ำ</u>
อาการเกิดพิษ	หากเข้าตา สัมผัสผิวหนัง หรือสูดดม จะทำให้เกิดอาการระคายเคือง
การแก้ไขเบื้องต้น	- ถ้าเกิดอาการพิษเนื่องจากการสูดดม รีบนำผู้ป่วยออกจากบริเวณที่ใช้ และให้พักผ่อนในที่ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก - ถ้าเข้าตาให้รีบล้างออกด้วยน้ำสะอาดจำนวนมากนาน 15 นาที หากอาการไม่ทุเลา <u>รีบไปพบแพทย์</u> - ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างออกด้วยสบู่และน้ำจนสะอาด ถ้าเปื้อนเสื้อผ้าให้รีบอาบน้ำและเปลี่ยนเสื้อผ้าใหม่ทันที - ถ้าเข้าปากให้รีบ้วนน้ำล้างปาก หากกลืนกิน ห้าม ทำให้อาเจียน และห้าม ให้น้ำ เครื่องดื่ม หรืออาหารใดๆ ทั้งสิ้น <u>รีบนำผู้ป่วยส่งแพทย์ทันทีพร้อมภาชนะบรรจุและฉลาก</u>
คำแนะนำสำหรับแพทย์	รักษาตามอาการ

รูปที่ 13 ร่างฉลากสารกำจัดหอยโดยซาโปนินของมูลนิธิชัยพัฒนา

การประกันคุณภาพภายนอกของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย ผ่านกิจกรรมทดสอบความชำนาญ

External Quality Assurance of Soil and Fertilizer Analysis Laboratories through Proficiency Testing Program

จรัสรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ สงกรานต์ มะลิสอน ญาณธิดา จิตต์สะอาด สุภา โพธิ์จันทร์
ทองจันทร์ พิมพ์เพชร ชฎาพร คงนาม พงศ์พิศ แก้วสุข รังสรรค์ ไชยฉุ่ม
พจมาลย์ ภูสาร จิตติรัตน์ ชูชาติ รัตนาภรณ์ คชวงศ์ ศุภากร ดวนใหญ่
อาธิยา ปุ่นประโคน เจนจิรา เทเวศร์วรกุล วรณรัตน์ ชูติบุตร

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

จากมติคณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบให้ถ่ายโอนภารกิจด้านการตรวจสอบและรับรองคุณภาพมาตรฐานให้กับห้องปฏิบัติการเอกชน กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี จึงปรับเปลี่ยนบทบาทจากภารกิจจากผู้ให้บริการวิเคราะห์เป็นหน่วยวิจัยและพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพ สร้างมาตรฐานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โดยใช้กิจกรรมทดสอบความชำนาญซึ่งเป็นการประกันคุณภาพผลวิเคราะห์จากภายนอกเป็นเครื่องมือในการจัดการ ปัจจุบัน ยังไม่มีหน่วยงานใดรับผิดชอบดำเนินการโดยมีเป้าหมายเพื่อควบคุมคุณภาพผลวิเคราะห์ดินและปุ๋ยให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ มีรูปแบบการดำเนินงาน คือ กำหนดรูปแบบการจัดการกิจกรรม เชิญห้องปฏิบัติการต่างๆ เข้าร่วมกิจกรรมการเตรียมตัวอย่างดินและปุ๋ยทดสอบ และประเมินสมรรถนะของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม ผลการดำเนินงาน พบว่า มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน จำนวน 22 ราย และ 34 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย จำนวน 56 ราย และ 45 ราย ในปีพ.ศ. 2557 และ 2558 ตามลำดับ จากนั้นจัดเตรียมดินที่จะใช้เป็นตัวอย่างเป็นตัวอย่างดินทดสอบโดยใช้ชุดดินสติ๊ก และชุดดินลพบุรี ตัวอย่างปุ๋ยทดสอบ 3 สูตร โดยผลการประเมินสมรรถนะห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญ พบว่า มากกว่า ร้อยละ 60 ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ ได้รับผลวิเคราะห์เป็นที่น่าพอใจ สำหรับผู้เข้าร่วมที่ได้ผลการวิเคราะห์เป็นที่น่าสงสัย หรือได้ผลการวิเคราะห์ไม่เป็นที่น่าพอใจ อาจเกิดจาก เทคนิค วิธี และเครื่องมือที่ใช้ไม่เหมาะสม ตัวอย่างอ้างอิงที่ได้จากกิจกรรมถูกนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ จำนวน 164 ฤๅณภูมิเนียม และตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิง จำนวน 115 ชุด ซึ่งเป็นการประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อตัวอย่างดินอ้างอิงมาตรฐานเป็นเงินถึง มากกว่า 10.5 ล้านบาทต่อปี นอกจากนี้ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ในประเทศไทย สามารถทดสอบสมรรถนะของห้องปฏิบัติการโดยไม่ต้องเข้าร่วมกับกิจกรรมทดสอบความชำนาญกับต่างประเทศ เป็นการประหยัดงบประมาณของห้องปฏิบัติการมากกว่า 3.5 ล้านบาทต่อปี

คำหลัก: การทดสอบความชำนาญ, การจัดทำตัวอย่างดินอ้างอิงภายใน, การวิเคราะห์ดิน, การวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี

คำนำ

จากการประชุมคณะรัฐมนตรีในวันที่ 11 พฤษภาคม 2553 ได้พิจารณาเรื่องมาตรการทบทวนบทบาทภารกิจของส่วนราชการ ตามมาตรา 33 จากพระราชกฤษฎีกาว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ. 2546 มีมติเห็นชอบให้ถ่ายโอนภารกิจด้านการตรวจสอบและรับรองคุณภาพมาตรฐานระยะแรกโดยมีเงื่อนไขในการถ่ายโอนว่า ห้องปฏิบัติการที่จะรับการถ่ายโอนต้องได้รับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติงานจาก

หน่วยงานภาครัฐก่อน(สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ, 2553) จากมติคณะรัฐมนตรีดังกล่าว ทำให้กรมวิชาการเกษตรต้องถ่ายโอนภารกิจด้านการตรวจวิเคราะห์ดิน และปุ๋ยให้กับห้องปฏิบัติการภาคเอกชน

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี จึงต้องปรับเปลี่ยนบทบาทจากการกิจในการเป็นผู้ให้บริการวิเคราะห์ดินเพื่อตรวจสอบธาตุอาหาร และความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อการเพาะปลูก และการวิเคราะห์ปุ๋ยเพื่อตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย ซึ่งเป็นการควบคุมคุณภาพตามกฎหมายที่มีกรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ คือ พระราชบัญญัติ ปุ๋ย พ.ศ. 2518 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติมพ.ศ. 2550 เป็นหน่วยวิจัยและพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพ สร้าง และมาตรฐานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ (กรมวิชาการเกษตร, 2558) รวมทั้งให้การรับรองห้องปฏิบัติการภาคเอกชนที่ยื่นขอรับการกำหนดห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง การกำหนดห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย ตามมาตรา 36 (11) และมาตรา 36/2 (10) แห่งพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2554

ประเทศไทยมีห้องปฏิบัติการให้บริการวิเคราะห์ดิน และปุ๋ยมากกว่า 30 ห้องปฏิบัติการ ทั้งในภาคราชการ มหาวิทยาลัย และภาคเอกชน (จรรีตัน และคณะ, 2559a; จรรีตัน และคณะ, 2559b) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าผลวิเคราะห์ดิน หรือปุ๋ยจากห้องปฏิบัติการบางส่วนยังขาดความถูกต้อง แม่นยำ และมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง เนื่องจากในแต่ละห้องปฏิบัติการจะมีความชำนาญแตกต่างกัน ส่งผลกระทบให้ผู้ขอรับบริการวิเคราะห์ เช่น เกษตรกรและผู้ประกอบการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐกิจในการนำผลวิเคราะห์ปุ๋ยไปใช้ในการขึ้นทะเบียน หรือการนำผลวิเคราะห์ดินไปใช้ในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้เทคโนโลยีการผลิตพืชที่ได้ และการตัดสินใจใช้ปุ๋ยไม่มีประสิทธิภาพ และยังส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงการขับเคลื่อนนโยบายด้านการลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งลดการใช้ปุ๋ยเคมี(กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558) และยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการสินค้าเกษตรตลอดโซ่อุปทานไม่มีประสิทธิผลเท่าที่ควร ดังนั้น กิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการ (Proficiency testing, PT) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลการวัด หรือความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการที่ออกแบบและดำเนินการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพผลการวิเคราะห์จากภายนอก ตามนิยามของ ISO/IEC 17043 (2010) ซึ่งเป็นมาตรฐานการรับรองผู้จัดโปรแกรมการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ ที่มีข้อกำหนดทั้งด้านการบริหารระบบคุณภาพและด้านวิชาการ (จรรีตัน และ จีรพา , 2553) จึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินสมรรถนะเพื่อแสดงความสามารถทางเทคนิคของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ ซึ่งห้องปฏิบัติการที่มีผลการประเมินสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เป็นที่ยอมรับ (Unacceptable results) สามารถนำผลการประเมินกลับไปปรับปรุงเทคนิคการวิเคราะห์ เพื่อให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และปุ๋ยมีมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ นอกจากนี้ การเข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญ ยังเป็นหนึ่งในข้อกำหนดตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 (ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ) กำหนดให้ห้องปฏิบัติการที่ขอ หรือได้รับการรับรองมาตรฐานISO/IEC 17025 ต้องเข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการ ในขอบข่ายที่ขอ หรือได้รับการรับรองเป็นประจำทุกปี หรืออย่างน้อย 1 ครั้งต่อปี

แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจุบัน ยังไม่มีหน่วยงานได้รับผิดชอบดำเนินการกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และปุ๋ยในประเทศไทย (สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ, 2558) ประกอบกับการต้องปรับเปลี่ยนบทบาทของกรมวิชาการเกษตรตามมติคณะรัฐมนตรีข้างต้นกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี จึงได้เริ่มดำเนินกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ยมีเป้าหมายในการสร้างเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และปุ๋ย ทั้งภาคราชการ มหาวิทยาลัย และเอกชน โดยจัดทำวิธีการและขั้นตอนการจัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และปุ๋ยตามมาตรฐาน ISO/IEC 17043 (2010) โดยมีรูปแบบการจัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญ เป็นการจัดโดยใช้ตัวอย่างย่อย (Sub-samples) แล้วส่งให้ห้องปฏิบัติการต่างๆ ที่เข้าร่วมกิจกรรม ทำการทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน โดยตัวอย่างย่อยที่ใช้ในกิจกรรม ต้องผ่านการพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน และมีความเสถียรเพียงพอและประเมินสมรรถนะห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ โดยใช้สถิติตามมาตรฐาน ISO 13528 (2015) มาประเมิน และปรับใช้ให้เหมาะสมกับการประเมิน

สมรรถนะของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ยในประเทศไทยเพื่อร่วมกันพัฒนาห้องปฏิบัติการ ตลอดจนยกระดับศักยภาพของห้องปฏิบัติการให้ได้มาตรฐานเป็นที่น่าเชื่อถือของผู้ใช้บริการ และยังเป็นการเฝ้าระวังผลการวิเคราะห์ที่ได้จากห้องปฏิบัติการต่างๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับเกษตรกร หรือผู้ประกอบการในการส่งตัวอย่างดินหรือปุ๋ย นอกจากนี้ ยังเป็นการเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยต่างๆ ในการยื่นขอรับการกำหนดห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2554 ซึ่งกำหนดให้กรมวิชาการเกษตรรับรองห้องปฏิบัติการภาคเอกชน ทำให้ผู้ประกอบการสามารถนำผลการวิเคราะห์ปุ๋ยที่ได้จากภาคเอกชนไปใช้ในการขึ้นทะเบียนปุ๋ยได้

วิธีดำเนินงาน

1. การจัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย

ประชาสัมพันธ์แผนกิจกรรมทดสอบความชำนาญ และจัดส่งใบสมัครให้กับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย ทั้งภาคราชการ มหาวิทยาลัย และภาคเอกชน เมื่อห้องปฏิบัติการต่างๆ ส่งผู้สมัครเข้าร่วมกิจกรรม คณะผู้จัดกิจกรรมฯ กำหนดหมายเลขรหัสผู้เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้ตารางเลขสุ่ม ทั้งนี้ ข้อมูลของผู้เข้าร่วมกิจกรรม และหมายเลขรหัสของผู้เข้าร่วมกิจกรรม จะถูกเก็บรักษาเป็นความลับ

2. การจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบ

2.1. ตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินชุดดินสติก (SUK) จากอำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่นเป็นตัวแทนของดินที่มีความเป็นกรด และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และชุดดินลพบุรี (LB) จากอำเภอเมืองจังหวัดลพบุรีเป็นตัวแทนของดินที่มีความเป็นกลาง และความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูงที่ระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตร ตัวอย่างละประมาณ 100 กิโลกรัม นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มโดยเกลี่ยบางๆ บนแผ่นพลาสติกที่วางอยู่ในห้องที่สะอาดปราศจากปุ๋ย ปูน สารเคมี หรือสิ่งปนเปื้อนอื่นใด เป็นห้องที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกและตัวอย่างต้องไม่ถูกแสงแดดส่องโดยตรง คัดแยกก้อนหิน กรวด หรือรากไม้ที่ปนออกมาทิ้งไป หลังจากตัวอย่างดินแห้ง นำไปบดด้วยเครื่องบดดินให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2553) แล้วคลุกเคล้าให้ตัวอย่างดินเข้ากันดี แบ่งตัวอย่างดินที่ผสมคลุกเคล้าเข้ากันเป็นอย่างดีแล้วใส่ถุงออลูมิเนียม จำนวน 90 ถุงออลูมิเนียม น้ำหนักถุงละประมาณ 100 กรัม กำหนดหมายเลขของดินแต่ละถุง เก็บในที่ควบคุมความชื้น ปลอดภัยจากสิ่งรบกวน และแสงแดด

2.2. ตัวอย่างปุ๋ยเคมี

จัดหาตัวอย่างปุ๋ยเคมีเชิงผสมแบบป่นเม็ด 2 สูตร ปุ๋ยเชิงเดี่ยว 1 สูตร สูตรละ 3 กิโลกรัม โดยเป็นสูตรปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้และมีขายอยู่ในท้องตลาด จัดเตรียมโดยนำตัวอย่างปุ๋ยเคมีมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดปุ๋ยให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.42 มิลลิเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2551) คลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง แบ่งตัวอย่างปุ๋ยเคมีใส่ขวดบรรจุตัวอย่าง โดยตัวอย่างปุ๋ยเคมีสูตรที่ 1 น้ำหนักขวดละประมาณ 30 กรัม ได้จำนวน 181 ขวด ตัวอย่างปุ๋ยเคมีสูตรที่ 2 น้ำหนักขวดละประมาณ 30 กรัม ได้จำนวน 168 ขวด ตัวอย่างปุ๋ยเคมีสูตรที่ 3 น้ำหนักขวดละประมาณ 40 กรัม ได้จำนวน 129 ขวด กำหนดหมายเลขของตัวอย่างปุ๋ยเคมีแต่ละขวด เก็บในที่ควบคุมความชื้น ปลอดภัยจากสิ่งรบกวน และแสงแดด

3. คุณลักษณะของตัวอย่างทดสอบที่ใช้ในกิจกรรม

3.1. การพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity testing)

สุ่มตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2 จำนวน 10 ส่วน แบ่งตัวอย่างในแต่ละส่วน ออกเป็น 2 ส่วนย่อย วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินโดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามคู่มือวิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) และปุ๋ยโดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามคู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2551) พิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกันโดยประเมินทางสถิติตามมาตรฐาน ISO 13528: 2015

3.2. การพิสูจน์ความเสถียรหรือความคงที่ (Stability testing)

กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน จำนวน 3 ส่วน ในแต่ละส่วนแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วนย่อย วิเคราะห์สมบัติทางเคมีโดยใช้วิธีวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับการพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการพิสูจน์ความเสถียรของตัวอย่างในวันที่คาดว่าตัวอย่างทั้งหมดจะถูกส่งถึงผู้เข้าร่วมกิจกรรมฯ และประเมินความเสถียรของตัวอย่างดิน โดยใช้สถิติตามมาตรฐาน ISO 13528: 2015

4. การจัดส่งตัวอย่างและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะได้รับตัวอย่างดินที่ผ่านการพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน และมีความเสถียร บรรจุในถุงอลูมิเนียมปิดสนิท จำนวน 1 ถุงอลูมิเนียม น้ำหนักประมาณ 100 กรัมเพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน หรือตามรายการวิเคราะห์ที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมแจ้ง โดยตัวอย่างดินบรรจุในถุงอลูมิเนียมปิดฉลากที่ระบุรหัสผู้เข้าร่วมกิจกรรม (Participant ID) รหัสตัวอย่างดิน (Sample ID) สำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยจะได้รับตัวอย่างปุ๋ยเคมีเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (K_2O) จำนวน 1 ขวด น้ำหนักประมาณ 30 กรัม และตัวอย่างปุ๋ยเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน จำนวน 1 ขวด น้ำหนักประมาณ 30 กรัม ตัวอย่างปุ๋ยเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซิเตรต และความเป็นกรด-ด่าง จำนวน 1 ขวด น้ำหนักประมาณ 40 กรัม ตัวอย่างปุ๋ยเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด จำนวน 1 ขวด น้ำหนักประมาณ 30 กรัม หรือตามที่ผู้สมัครเข้าร่วมกิจกรรมแจ้ง โดยเป็นตัวอย่างปุ๋ยเคมีบรรจุในขวดพลาสติกฝาปิดสนิท ปิดฉลากระบุรหัสผู้เข้าร่วมกิจกรรม (Participant ID) รหัสตัวอย่างปุ๋ย (Sample ID) และรายการที่ต้องวิเคราะห์ไว้อย่างชัดเจน โดยรหัสผู้เข้าร่วมกิจกรรม และรหัสตัวอย่างจะถูกรักษาเป็นความลับ สำหรับใช้ในการรายงานผลและอ้างอิงในการสรุปผลการประเมินสมรรถนะห้องปฏิบัติการ โดยตัวอย่างทดสอบจะถูกส่งให้กับผู้เข้าร่วมกิจกรรมฯ ทางไปรษณีย์

5. รายการวิเคราะห์และรูปแบบการรายงานผล

ผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญวิเคราะห์ตามรายการวิเคราะห์ตามที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมแจ้งความจำนงค์โดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมใช้ประจำภายในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ กำหนดให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมวิเคราะห์จำนวน 2 ซ้ำ และรายงานผลการวิเคราะห์ตามรูปแบบที่กำหนดให้พร้อมบันทึกสภาพโดยทั่วไปของตัวอย่างที่ได้รับ และวิธีที่ใช้ในการทดสอบซึ่งเป็นวิธีที่แต่ละห้องปฏิบัติการใช้ทดสอบอยู่เป็นประจำ และส่งผลวิเคราะห์กลับมายังกลุ่มวิจัยเกษตรเคมีภายในระยะเวลาที่กำหนด

6. รายงานสรุปผลกิจกรรมทดสอบความชำนาญ

จัดทำรายงานสรุปผลการประเมินสมรรถนะของผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญตามมาตรฐาน ISO/IEC 17043: 2010 ประกอบด้วยรายละเอียดขั้นตอนการประเมิน สถิติที่ใช้ในการประเมิน วิธีวิเคราะห์พร้อมผลการพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรของตัวอย่างทดสอบ สถิติที่ใช้ในการคำนวณ ข้อมูลวิธีการวิเคราะห์ของผู้เข้าร่วมกิจกรรม กราฟแสดงผลการประเมิน พร้อมคำแนะนำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมที่มีผลการประเมินสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องเฝ้าระวัง (Warning signal) หรือไม่เป็นที่ยอมรับ (Unacceptable results) และส่งรายงานสรุปผลการประเมินสมรรถนะกลับไปยังผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการ

7. สถิติที่ใช้ในการคำนวณ

7.1. การพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน

นำผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีมาพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยการเปรียบเทียบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่าง (S_s) กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมฯ (σ_{pt}) หากค่า S_s น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมฯ ($\leq 0.3\sigma_{pt}$) แสดงว่าตัวอย่างที่จะใช้เป็นตัวอย่างทดสอบมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (ISO 13528: 2015)

7.2. การพิสูจน์ความเสถียรหรือความคงที่

ความเสถียรของตัวอย่างทดสอบพิจารณาได้จากความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้จากการพิสูจน์ความเสถียรของตัวอย่าง กับค่าเฉลี่ยที่ได้จากการพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 เท่า ของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมฯ ($\leq 0.3\sigma_{pt}$)

7.3. การหาค่ากำหนด (Assigned Value) ของตัวอย่างที่จะใช้เป็นตัวอย่างทดสอบ

ค่ากำหนดได้จากค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (Robust average, X^*) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมฯ (Standard deviation for proficiency assessment, σ_{pt}) ได้จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโรบัสต์ (s^*) โดยคำนวณจากผลการทดสอบของผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญ ซึ่งจัดเป็นค่ายอมรับจากกลุ่มของผู้เข้าร่วมกิจกรรม (Consensus value from participants) โดยวิธี Algorithm A (ISO 13528: 2015)

7.4. การประเมินผลผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญ

ประเมินผลผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญโดยใช้คะแนนมาตรฐาน (Z-score) เกณฑ์การประเมินค่า Z-scoreกำหนดให้

$ Z \leq 2$	แสดงว่า	ผลการวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับ (Acceptable result)
$2 < Z < 3$	แสดงว่า	ผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องเฝ้าระวัง (Questionable result)
$ Z \geq 3$	แสดงว่า	ผลการวิเคราะห์ไม่เป็นที่ยอมรับ (Unacceptable result)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การจัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย

การจัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน ประกอบด้วย การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้าอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งเป็นรายการพื้นฐานสำหรับภาควิเคราะห์ดินในประเทศไทย มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทั้งจากภาควิเคราะห์ดิน มหาวิทยาลัย และภาคเอกชน เพิ่มจาก 22 รายในปี พ.ศ. 2558 เป็น 34 รายในปี พ.ศ. 2559 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย

Participants	Soil		Chemical fertilizer	
	2015	2016	2015	2016
Governmental sectors and University	16	27	22	16
Privates sectors	6	7	34	29
Total	22	34	56	45

สำหรับกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย ประกอบด้วย การทดสอบหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (K_2O) แอมโมเนียมไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซัลเฟต ความเป็นกรด-ด่าง แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทั้งจากภาควิเคราะห์ดิน มหาวิทยาลัย และภาคเอกชน จำนวน 56 รายในปี พ.ศ. 2558 และจำนวน 45 รายในปี พ.ศ. 2559 (ตารางที่ 1) ทั้งนี้ เนื่องจาก คณะผู้จัดกิจกรรมฯ ได้จำกัดให้ห้องปฏิบัติการส่งผู้เข้าร่วมกิจกรรมฯ ได้ไม่เกินห้องปฏิบัติการละ 2 ท่าน เพราะทำให้ค่ากำหนดที่ได้จากค่ากำหนดได้จากค่าเฉลี่ยโรบัสต์ (Robust average, X^*) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมฯ (Standard deviation for proficiency assessment, σ_{pt}) ที่ได้จากการคำนวณจากผลการทดสอบของผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความ

ชำนัญ (Consensus value from participants) โนม์เอียงไปยังผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการใดห้องปฏิบัติการหนึ่ง

2. ตัวอย่างทดสอบที่ใช้ในกิจกรรม

2.1. การพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน

จากการประเมิน ตัวอย่างดินสติก (SUK) ซึ่งเป็นตัวแทนของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และใช้เป็นตัวอย่างทดสอบในปี พ.ศ. 2558 และชุดดินลพบุรี (LB) ซึ่งเป็นตัวแทนของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ซึ่งเป็นตัวอย่างทดสอบในปี พ.ศ. 2559 และตัวอย่างปุ๋ยเคมี ทั้ง 3 สูตร ที่ใช้เป็นตัวอย่างทดสอบในปี พ.ศ. 2558 - 2559 พบว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างตัวอย่าง (Ss) ของการวิเคราะห์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมฯ ($\leq 0.3\sigma_{pt}$) ในทุกรายการทดสอบ สามารถสรุปได้ว่าตัวอย่างดินและปุ๋ยที่จัดเตรียมขึ้นมีความเป็นเนื้อเดียวกันเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวอย่างทดสอบในกิจกรรมเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ

2.2. การพิสูจน์ความเสถียรความคงที่

พิสูจน์ความเสถียรของตัวอย่างดินในช่วงเดือนมีนาคม และปุ๋ยในช่วงเดือนมิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่กำหนดให้ตัวอย่างถูกส่งถึงผู้เข้าร่วมกิจกรรม จากการประเมินความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้จากการพิสูจน์ความเสถียรของตัวอย่าง กับค่าเฉลี่ยที่ได้จากการพิสูจน์ความเป็นเนื้อเดียวกัน พบว่า มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 เท่า ของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมฯ ($\leq 0.3\sigma_{pt}$) ในทุกรายการทดสอบ สรุปได้ว่าตัวอย่างทดสอบมีความเสถียรเพียงพอเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวอย่างทดสอบ

3. การหาค่ากำหนดของตัวอย่างทดสอบ

3.1 ตัวอย่างดิน

ค่ากำหนดของตัวอย่างดินในรายการทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างค่าการนำไฟฟ้าอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ชุดดินสติก (SUK) ที่ใช้เป็นตัวอย่างดินทดสอบในปี พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ 5.37 ± 0.22 , 0.021 ± 0.010 ds/m at 25°C , $0.59 \pm 0.08\%$, 3.04 ± 0.70 mg/kg ตามลำดับ และชุดดินลพบุรี (LB) ที่ใช้เป็นตัวอย่างดินทดสอบในปี พ.ศ. 2559 มีค่าเท่ากับ 7.55 ± 0.13 , 0.151 ± 0.031 ds/m at 25°C , $3.07 \pm 0.17\%$, 205.48 ± 26.93 mg/kg และ 171.82 ± 10.89 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 2) สำหรับตัวอย่างดินทดสอบ ชุดดินลพบุรี (LB) ซึ่งเป็นตัวอย่างดินที่มีปริมาณธาตุอาหาร หรือมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแต่ละห้องปฏิบัติการมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายการทดสอบหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

3.2 ตัวอย่างปุ๋ย

ตัวอย่างปุ๋ยที่ใช้เป็นตัวอย่างปุ๋ยทดสอบในรายการทดสอบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (K_2O) ในปี พ.ศ. 2558 ประกอบด้วย 2 สูตร คือ $27.4 \pm 0.6\%$, $12.5 \pm 0.3\%$, $9.3 \pm 0.3\%$ และ $23.8 \pm 0.9\%$, $6.7 \pm 0.1\%$, $6.9 \pm 0.3\%$ และรายการทดสอบหาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซิเตรท ความเป็นกรด-ด่าง แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมดมีค่าเท่ากับ $12.2 \pm 0.1\%$, $0.9 \pm 0.5\%$, 4.1 ± 0.2 , $1.8 \pm 0.2\%$, $1.8 \pm 0.2\%$ และ $0.78 \pm 0.08\%$ ตามลำดับ และตัวอย่างปุ๋ยทดสอบในปี พ.ศ. 2559 ในรายการทดสอบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (K_2O) ประกอบด้วย 2 สูตร มีค่าเท่ากับ $14.6 \pm 0.6\%$, $8.8 \pm 0.1\%$, $20.3 \pm 0.5\%$ และ $11.7 \pm 0.2\%$, $13.1 \pm 0.4\%$, $17.9 \pm 0.6\%$ และรายการทดสอบหาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซิเตรท ความเป็นกรด-ด่าง แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถันทั้งหมด มีค่าเท่ากับ $8.1 \pm 0.2\%$, $10.5 \pm 0.3\%$, 8.3 ± 0.3 , $2.9 \pm 0.3\%$, $2.2 \pm 0.2\%$ และ $4.3 \pm 0.5\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ค่ากำหนดของตัวอย่างดินที่ใช้ทดสอบ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมเปรียบเทียบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน ในปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2559

Parameters	2015		2016	
	Robust mean	Standard Deviation for Proficiency assessment (σ_{pt})	Robust mean	Standard Deviation for Proficiency assessment (σ_{pt})
pH	5.37	0.22	7.55	0.13
Electrical conductivity (EC: ds/m at 25 ⁰ C)	0.021	0.010	0.151	0.031
Organic matter (OM: %)	0.59	0.08	3.07	0.17
Available phosphorus (Avail. P: mg/kg)	3.04	0.70	205.48	26.93
Exchangeable potassium ¹ (Exch. K: mg/kg)	-	-	171.82	10.89

Remark: ¹Exchangeable potassium was not registered in 2015

ตารางที่ 3 ค่ากำหนดของตัวอย่างปุ๋ยที่ใช้ทดสอบ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินกิจกรรมเปรียบเทียบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย ในปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2559

Parameters	2015		2016	
	Robust mean	Standard Deviation for Proficiency assessment (σ_{pt})	Robust mean	Standard Deviation for Proficiency assessment (σ_{pt})
Total Nitrogen	1= 27.4 2= 23.8	1= 0.6 2= 0.9	1= 14.6 2= 11.7	1= 0.6 2= 0.2
Total Phosphorus, as P ₂ O ₅	1= 12.5 2= 6.7	1= 0.3 2= 0.1	1= 8.8 2= 13.1	1= 0.1 2= 0.4
Water Soluble Potassium, as K ₂ O	1= 9.3 2= 6.9	1= 0.3 2= 0.3	1= 20.3 2= 17.9	1= 0.5 2= 0.6
Ammonium Nitrogen	12.2	0.1	8.1	0.2
Citrate Insoluble Phosphorus, as P ₂ O ₅	0.9	0.5	10.5	0.3
pH	4.1	0.2	8.3	0.3
Calcium Oxide	1.8	0.2	2.9	0.3
Magnesium Oxide	1.8	0.2	2.2	0.2
Total Sulphur	0.78	0.08	4.3	0.5

4. การประเมินผลผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญ

ประเมินสมรรถนะผู้เข้าร่วมกิจกรรม โดยใช้ค่ามาตรฐาน Z-score พบว่า โดยภาพรวมผู้เข้ากิจกรรมส่วนใหญ่มีผลการวิเคราะห์เป็นน่าพอใจ (Z-score ≤ 2; ตารางที่ 4 และตารางที่ 5) และผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้ผลการวิเคราะห์เป็นที่น่าสงสัยและได้ผลการวิเคราะห์ไม่เป็นที่น่าพอใจมีจำนวนมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2559 ทั้งนี้ อาจเนื่องจากในปี

พ.ศ. 2559 ตัวอย่างดินที่ใช้ทดสอบมีปริมาณธาตุอาหาร หรือความอุดมสมบูรณ์ดินค่อนข้างสูง หรืออาจเกิดจากเทคนิค วิธี และเครื่องมือที่ใช้ไม่เหมาะสม

ตารางที่ 4 ผลการประเมินสมรรถนะของผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน แยกตามรายการทดสอบ ในปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2559

Parameters	No. of Participants (percentage)					
	Z-score ≤ 2		2 < Z-score < 3		Z-score ≥ 3	
	(Acceptable results)		(Questionable results)		(Unacceptable results)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
pH	91.9	75.0	9.1	15.6	-	9.4
Electrical conductivity (EC: ds/m at 25 ⁰ C)	81.0	75.0	-	3.1	19	21.9
Organic matter (OM: %)	86.4	71.9	-	6.2	13.6	21.9
Available phosphorus (Avail. P: mg/kg)	75.0	60.0	5.0	13.3	20.0	26.7
Exchangeable potassium ¹ (Exch. K: mg/kg)	-	80.7	-	16.1	-	3.2

Remark: ¹Exchangeable potassium was not registered in 2015

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การประกันคุณภาพภายนอกของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย ผ่านกิจกรรมทดสอบความชำนาญ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO/IEC 17043: 2010 มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมฯ จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน จำนวน 34 ราย และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย จำนวน 45 รายในปี พ.ศ. 2559 พบว่า มากกว่าร้อยละ 60 ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ ได้รับผลวิเคราะห์เป็นที่น่าพอใจสำหรับผู้เข้าร่วมที่ได้ผลการวิเคราะห์เป็นที่น่าสนใจ หรือได้ผลการวิเคราะห์ไม่เป็นที่น่าพอใจ อาจเกิดจาก เทคนิค วิธี และเครื่องมือที่ใช้ไม่เหมาะสม

ตัวอย่างอ้างอิงที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุอ้างอิงภายใน เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งปัจจุบันได้แจกตัวอย่างอ้างอิงให้หน่วยงานต่างๆ นับเป็นการประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อตัวอย่างอ้างอิงมาตรฐานจากต่างประเทศ มากกว่า 10.5 ล้านบาทต่อปีนอกจากนี้ ยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยภาคเอกชน ในการรับโอนภารกิจการวิเคราะห์ปุ๋ยเพื่อขึ้นทะเบียนนับเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย ทำให้เกิดการพัฒนาย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ห้องปฏิบัติการมีคุณภาพ ผู้ใช้บริการเชื่อมั่นในผลวิเคราะห์ที่ได้ว่ามาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศนอกจากนี้ ทำให้นักวิชาการเกษตรหรือเกษตรกรสามารถนำผลวิเคราะห์ดิน ไปประเมินความอุดมสมบูรณ์ดินและตัดสินใจใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการลดต้นทุนให้กับเกษตรกร ซึ่งถือเป็นนโยบายหลักของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ตารางที่ 5 ผลการประเมินสมรรถนะของผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์
ปุ๋ย แยกตามรายการทดสอบ ในปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2559

Parameters	No. of Participants (percentage)					
	Z-score ≤ 2		2 < Z-score < 3		Z-score ≥ 3	
	(Acceptable results)		(Questionable results)		(Acceptable results)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Total Nitrogen	84.3	87.8	2.0	2.4	13.7	9.8
Total Phosphorus, as P ₂ O ₅	86.0	85.0	2.0	-	12.0	15.0
Water Soluble Potassium, as K ₂ O	91.7	84.6	6.3	2.6	2.1	12.8
Ammonium Nitrogen	79.2	86.5	-	-	20.8	13.5
Citrate Insoluble Phosphorus, as P ₂ O ₅	97.1	-	-	-	2.9	-
pH	97.4	88.8	2.6	5.6	-	5.6
Calcium Oxide	68.2	85.2	4.5	11.1	27.3	3.7
Magnesium Oxide	87.0	92.3	4.3	-	8.7	7.7
Total Sulphur	75.0	88.0	5.0	-	20.0	12.0

การดำเนินกิจกรรมทดสอบความชำนาญระหว่างห้องปฏิบัติการนี้ ควรดำเนินการเป็นประจำและสม่ำเสมออย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม ได้ทำการปรับปรุง พัฒนา และประเมินคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการของตนเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย สามารถนำผลการประเมินสมรรถนะไปยื่นขอรับการรับรอง ISO/IEC 17025 ได้ เป็นการประหยัดงบประมาณในการเข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญกับต่างประเทศ

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ผู้ขอรับบริการ หรือเกษตรกรมีความมั่นใจในผลวิเคราะห์ที่ได้ว่าเป็นมาตรฐานเดียวกัน ทั้งภาคราชการ มหาวิทยาลัย และเอกชน ซึ่งถือเป็นการเพิ่มทางเลือก ในการให้บริการวิเคราะห์ดิน และปุ๋ยให้กับผู้ขอรับบริการ
2. เกษตรกร หรือนักวิชาการสามารถนำผลวิเคราะห์ดินที่ได้ไปปรับเปลี่ยนอัตราใส่ปุ๋ยเคมีให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด เพื่อให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพสูงสุด และลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร ผลวิเคราะห์ดินที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ยังส่งผลให้การกำหนดเกณฑ์ความอุดมสมบูรณ์ และคำแนะนำการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าการวิเคราะห์ดินเป็นไปในทิศทางเดียวกัน
3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และปุ๋ยหรือผู้เข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญ ได้ทราบถึงสมรรถนะของห้องปฏิบัติการ สามารถนำผลการประเมินที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการในการวิเคราะห์ วิธีวิเคราะห์ เครื่องมือ รวมถึงบุคลากรที่ทำการวิเคราะห์เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน หรือปุ๋ยในประเทศไทย
4. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยภาคเอกชน มีความพร้อม และสามารถนำผลการประเมินสมรรถนะมาใช้ในการยื่นขอรับการกำหนดเป็นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย
5. กรมวิชาการเกษตรเป็นศูนย์กลางของการผลิต และแจกจ่ายตัวอย่างดิน ปุ๋ยอ้างอิงภายใน ซึ่งใน ปี พ.ศ. 2559 ได้แจกจ่ายตัวอย่างดินอ้างอิง จำนวน 164 ถุงอลูมิเนียม และตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิง จำนวน 115 ขวด นับเป็นการประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อตัวอย่างอ้างอิงมาตรฐานจากต่างประเทศ ซึ่งตัวอย่างดินอ้างอิงมีราคาประมาณ

25,000 บาทต่อ 1 กิโลกรัม หรือคิดเป็นเงิน 4.5 ล้านบาทและตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิงราคาประมาณ 20,000 บาทต่อ 100 กรัมหรือคิดเป็นเงินมากกว่า 6 ล้านบาทต่อปี

6. กรมวิชาการเกษตรเป็นศูนย์กลางของเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และปุ๋ยเป็นการสร้างความร่วมมือระหว่างห้องปฏิบัติการภาคราชการ มหาวิทยาลัย และภาคเอกชน ทำให้ห้องปฏิบัติการในประเทศไทยไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญกับต่างประเทศ เป็นการประหยัดงบประมาณ ซึ่งมีราคาประมาณ 28,000 บาทต่อปีต่อห้องปฏิบัติการหรือคิดเป็นเงินมากกว่า 3.5 ล้านบาทต่อปี นอกจากนี้ ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายสามารถปรึกษาเทคนิคการวิเคราะห์ ร่วมกันพัฒนาวิธีวิเคราะห์ เพื่อให้ได้วิธีวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานของประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี. คี๊วกปรีนทร์ออฟเซ็ท, กรุงเทพฯ. 66 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คู่มือวิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์: A handbook of soil analysis (Chemical and physical methods). คี๊วกปรีนทร์ออฟเซ็ท, กรุงเทพฯ. 79 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2558. ยุทธศาสตร์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2558 – 2559. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 20 หน้า.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. นโยบายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี 2559 ปีแห่งการ “ลดต้นทุน” การผลิตทางการเกษตร. แผ่นพับ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จิริรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์, สงกรานต์ มะลิสอน, ญาณธิดา จิตต์สะอาด, สุภา โพธิจันทร์ พงมาลัย ภูสาร และจิตติรัตน์ ชูชาติ. 2559(a). รายงานสรุปผลการทดสอบกิจกรรมเปรียบเทียบความสามารถระหว่างห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 3 รายการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในตัวอย่างดิน. กรมวิชาการเกษตร, 40 หน้า.

จิริรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์, สงกรานต์ มะลิสอน, ญาณธิดา จิตต์สะอาด, ชฎาพร คงนาม, พงศ์พิศ แก้วสุข, รัตนารักษ์ คชวงศ์, ศุภากร ดวนใหญ่, อาธิยา ปุ่นประโคน และเจนจิรา เทเวศร์วรกุล. 2559(b). รายงานสรุปผลการทดสอบกิจกรรมเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 9 รายการทดสอบไนโตรเจน ทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (K_2O) แอมโมเนียมไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซีเตรท ความเป็นกรด-ด่าง แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และกำมะถัน ทั้งหมดในตัวอย่างปุ๋ยเคมี. กรมวิชาการเกษตร, 51 หน้า.

จริญ ยะฝา และ จีรพา บุญญคง. 2553. คำศัพท์และนิยามที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบผลการวัดระหว่างห้องปฏิบัติการ. วารสาร Metrology info. ปีที่ 12 ฉบับที่ 54 ประจำเดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ 2553 หน้า 14-18.

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ. 2558. โปรแกรมทดสอบความชำนาญประจำปี 2559. แหล่งที่มา: http://www.nimt.or.th/nimt/CMN/main/index.php?id_group=2. เข้าถึงวันที่ 5 ธันวาคม 2558.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ. 2553. สรุปผลการประชุมคณะรัฐมนตรีวันอังคารที่ 11 พฤษภาคม 2553 เรื่อง มาตรการ ทบทวนบทบาทภารกิจของส่วนราชการ ตามมาตรา 33 ฯ. แหล่งที่มา: http://opdc.go.th/content.php?menu_id=3&content_id=1641. เข้าถึงวันที่ 25 ธันวาคม 2559.

ISO 13528. 2015. Statistical methods for use in proficiency testing by inter-laboratory comparison. ISO, Geneva, Switzerland.

ISO/IEC 17043. 2010. Conformity assessment - General requirements for proficiency testing. ISO, Geneva, Switzerland

การจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุอันตรายทางการเกษตรเพื่อลดต้นทุนเพิ่มปริมาณ
คุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตพืช
Soil, Fertilizer, Water and Pesticide Management to Reduce
Production Cost and Improving Yield, Quality of Produces,
and Food Safety

อุษฎา สุขจันทร์ สรรเสริญ เสี่ยงใส อรัญญ์ ชันติวิชัย ให่พร กิตติกุล คิลดา ประนาโส
ณัฐธิดา ทองนาค ศุภกาญจน์ ล้วนมณี วรรณรัตน์ ชุตติบุตร จริรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ สงกรานต์ มะลิสอน
ทองจันทร์ พิมพ์เพชร จิตติรัตน์ ชูชาติ ศุภากร ดวนใหญ่ พรรณีภา อัดตนนทน์ ผกาสิณี คล้ายมาลา
มลิสา เวชยานนท์ ธนิตา คำอำนวย ศิริพร สอนท่าโก ชัชชนพร เกื้อหนุน สมฤทัย ดันเจริญ
ปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ กลัยกร โปร่งจันทิก มนต์ชัย มนัสสิลา ณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ
สายน้ำ อุดพัย ภัสชญภณ หมั่นแจ้ง ยงยุทธ ฝ่แก้ว

ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น กลุ่มบริหารโครงการวิจัย กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การจัดการ ดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุอันตรายทางการเกษตร เพื่อลดต้นทุน เพิ่มปริมาณ คุณภาพ และความปลอดภัยของผลผลิตพืช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และเพิ่มรายได้ ให้แก่เกษตรกรในการผลิตพืชในระบบเกษตร ข้าว-ถั่วลิสง และเสริมสร้างความรู้และเทคโนโลยีเกี่ยวกับการจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ และการใช้ปัจจัยการผลิตให้แก่เกษตรกรในการผลิตพืชอย่างถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในพื้นที่ อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น ได้ดำเนินการในเดือนตุลาคม พ.ศ.2559 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ 1.การวิเคราะห์พื้นที่และสำรวจข้อมูลเกษตรกร 2.จัดฝึกอบรมให้ความรู้ที่ตีและเหมาะสมกับเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุอันตรายทางการเกษตร และ 3.คัดเลือกทำแปลงทดสอบปลูกถั่วลิสงหลังนาในแปลงเกษตรกร เพื่อลดต้นทุนการผลิตถั่วลิสง ช่วยเพิ่มปริมาณ คุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตถั่วลิสง โดยดำเนินการทดลองแบบแปลงใหญ่ จำนวน 2 กรรมวิธี 2 ซ้ำ ได้แก่ 1.กรรมวิธีทดสอบ คือ หว่านปุ๋ยโดโลไมต์เพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินก่อนปลูก ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกการใช้ปุ๋ยสำหรับค่าวิเคราะห์ดิน เมื่อได้ผลวิเคราะห์ดินแล้วแนะนำให้เกษตรกรได้ใส่ปุ๋ยเคมีเป็นรายแปลง ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำดังนี้ ใช้ปุ๋ยสูตร 8-24-24 อัตรา 25-35 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ใส่หลังปลูก 30 วัน และ 2.กรรมวิธีเกษตรกร จากการสำรวจผลพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ทำการเกษตรกรรมแบบอาศัยน้ำฝน ร้อยละ 75 และอีกส่วนหนึ่งทำการเกษตรโดยอาศัยน้ำชลประทานร้อยละ 25 เกษตรกรประกอบอาชีพทำนาเป็นอาชีพหลัก ปลูกข้าว อ้อยและปลูกมันสำปะหลังเป็นรายได้รองลงมา มีการปลูกถั่วลิสงหลังนาเป็นรายเสริม ส่วนการจัดฝึกอบรมให้เกษตรกรจำนวน 200 ราย นั้น พบว่าเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ในระดับดี ร้อยละ 57.1 และระดับพอใช้ ร้อยละ 42.9 และหลังการเข้าฝึกอบรม พบว่าเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ในระดับดี ร้อยละ 90.9 และระดับพอใช้ ร้อยละ 9.1 และจัดทำแปลงต้นแบบการปลูกถั่วลิสงหลังนาในแปลงเกษตรกร พบว่า ได้ดำเนินงานร่วมกับเกษตรกร วัดพิกัดแปลงได้สุ่มเก็บตัวอย่างดินและผลของสมบัติของดิน ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และอยู่ในระหว่างวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต และจะสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรภายในเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2560

คำหลัก : การจัดการดิน การจัดการปุ๋ย การจัดการน้ำ วัตถุดิบทรายทางการเกษตร อาหารปลอดภัย การผลิตพืช ข้าว ถั่วลิสง และ ไรโซเบียม

คำนำ

ดิน ปุ๋ย น้ำและปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช การใช้ดินในการปลูกพืชนั้น ธาตุอาหารในดินจะถูกพืชดูดนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและผลผลิต หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสมจะทำให้ธาตุอาหารพืชในดินลดลงเรื่อยๆ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเพิ่มเติมธาตุอาหารพืชกลับสู่ดินอย่างถูกวิธี ซึ่งจะช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ได้ ทำให้ดินมีศักยภาพในการปลูกพืชต่อไปได้อย่างยั่งยืน ดินในพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การปรับปรุงบำรุงดินจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต โดยปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตพืชก็คือ ปุ๋ย อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีเกษตรกรบางส่วนที่มีความรู้ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับปุ๋ย เช่น เข้าใจว่า ปุ๋ยเคมีเป็นสารพิษ และเป็นตัวทำลายดิน และมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องถึงสมบัติของปุ๋ยชนิดต่างๆ เช่น สมบัติของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ ทำให้การใช้ปุ๋ยในการผลิตพืชไม่เกิดประสิทธิภาพตามที่คาดหวังไว้ ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมากรมวิชาการเกษตรได้สนับสนุนให้มีการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยสำหรับพืชอย่างต่อเนื่อง และได้พัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวไร่และพืชไร่ที่มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้นรองรับพันธุ์พืชใหม่ ๆ ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูง ดังนั้นจึงจำเป็นที่กรมวิชาการเกษตรจะต้องนำเทคโนโลยีการจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ อย่างถูกต้องและเหมาะสมในการผลิตพืชที่ได้จากการวิจัยมาเผยแพร่เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับนักวิชาการเกษตรของกรมวิชาการเกษตร และเกษตรกร

จากการสำรวจข้อมูลของเกษตรกร ซึ่งมีพื้นที่นาข้าวเป็นหลัก มีการปลูกถั่วลิสงเป็นรายได้เสริม แต่ผลผลิตยังสามารถปรับให้สูงขึ้นอย่างมีคุณภาพได้ ดังนั้นจึงเห็นสมควรนำเทคโนโลยีการปลูกถั่วลิสงเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรหลังการปลูกข้าวนาปี โดยวิธีการจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ ของกรมวิชาการเกษตร ไปถ่ายทอดให้เกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวและจัดทำเป็นแปลงต้นแบบให้เกษตรกรสามารถเข้าไปเรียนรู้เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ในพื้นที่ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตถั่วลิสงในระบบการปลูกข้าวต่อไป

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ในการวิเคราะห์พื้นที่และสำรวจข้อมูลเกษตรกร ได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินตัวอย่างน้ำในพื้นที่ เช่น จอบ เสียม ถังพลาสติก กล่องเก็บความเย็น ปากกาเคมี กระดาษบันทึก แบบสัมภาษณ์เกษตรกร ส่วนอุปกรณ์ในการจัดฝึกอบรม ได้แก่ เครื่องเสียง ไมโครโฟน ปากกาเคมี กระดานไวท์บอร์ด สมุดบันทึก ปากกาลูกกลิ้ง กระดาษแบบสอบถามก่อนและหลังฝึกอบรม เอกสารประกอบการฝึกอบรม เครื่องพิมพ์เอกสาร และอื่นๆ ส่วนอุปกรณ์ในการจัดแปลงทดสอบปลูกถั่วลิสงหลังนา ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง ปูนโดโลไมท์ ปุ๋ยเคมี เชือกฟาง ถังตักขี้เถ้า เก็บผลผลิตถั่วลิสง อุปกรณ์เก็บเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกถั่วลิสง จอบ เสียม ตู้อบลมร้อย สายวัด ตลับเมตร ไม้บรรทัด เวอร์เนียวคาลิเปอร์ กระดาษชาร์ต กล้องถ่ายรูป และอื่นๆ เป็นต้น

วิธีการ

คัดเลือกพื้นที่ อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น ในการดำเนินงาน โดยได้รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เพาะปลูก การใช้สารเคมีทางการเกษตร เก็บตัวอย่างดิน น้ำ ส่งวิเคราะห์ และจัดการประชุมร่วมคณะทำงาน เพื่อสรุปเทคโนโลยีของเกษตรกรในพื้นที่ก่อนรับการถ่ายทอด และสรุปเทคโนโลยีของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร หน่วยงานที่นำไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกรในพื้นที่ต่อไปด้วย โดยขอสรุปการดำเนินงานเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกเกษตรกรกลุ่มเป้าหมายใน อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น
 2. อบรมเกษตรกรเกี่ยวกับการจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ และการใช้ปัจจัยการผลิตในการผลิตพืช โดยให้ความรู้ด้านต่างๆ ได้แก่ การเก็บตัวอย่างดินและน้ำ เพื่อส่งวิเคราะห์ สมบัติของปุ๋ยชนิดต่าง ๆ การเลือกใช้ปุ๋ย และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน การผลิตปุ๋ยหมักเติมอากาศอย่างง่าย การแปรผลและการใช้ประโยชน์จากรายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ความรู้เกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช ความรู้ด้านการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้องและเหมาะสม และการจัดทำบัญชีครัวเรือน เป็นต้น
 3. จัดทำแปลงต้นแบบการปลูกถั่วลิสงหลังนา ทำแปลงต้นแบบในแปลงเกษตรกร ไถเตรียมดิน 3 ครั้ง โดยไถตะและไถพรวน เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก ใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงขอนแก่น 6 อัตรา 13-15 กิโลกรัมต่อไร่ หยอดเมล็ดพันธุ์ 2-3 เมล็ดต่อหลุม ระยะปลูกระหว่างต้น 25-30 เซนติเมตร ระยะระหว่างแถว 50-55 เซนติเมตร มีแผนการทดลองแบบ CRB จำนวน 2 กรรมวิธี 2 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 เป็นกรรมวิธีทดสอบ หว่านปูนโดโลไมต์เพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินก่อนปลูก ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกการใช้ปุ๋ยสำหรับค่าวิเคราะห์ดิน (ตามคำแนะนำของ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร) เมื่อได้ผลวิเคราะห์ดินแล้วแนะนำให้เกษตรกรได้ใส่ปุ๋ยเคมีเป็นรายแปลง ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำครั้งนี้ ใช้ปุ๋ยสูตร 8-24-24 อัตรา 25-35 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ใส่หลังปลูก 30 วัน และกรรมวิธีที่ 2 เป็นกรรมวิธีของเกษตรกร ใส่ปุ๋ยเคมีตามแบบเกษตรกร สำรวจศัตรูพืช ป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้อง เหมาะสม และการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ พืช เพื่อการตรวจวิเคราะห์ก่อนและหลังการผลิตถั่วลิสง และเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วลิสงหลังปลูก 120-125 วัน
- การบันทึกข้อมูล รายชื่อเกษตรกร พิกัดแปลง สมบัติของดิน ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) องค์ประกอบผลผลิต และความพึงพอใจของเกษตรกร

ระยะเวลา เริ่มต้น เดือนตุลาคม 2559 สิ้นสุด เดือนกันยายน 2560

สถานที่ทำการทดลอง

- 1.สำรวจพื้นที่ จัดฝึกอบรมเกษตรกร และจัดทำแปลงต้นแบบในพื้นที่ อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น
- 2.วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น และวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช และวัตถุดิบทางการเกษตรที่กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของการวิเคราะห์พื้นที่และสำรวจข้อมูลเกษตรกรในพื้นที่ อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น พบว่า

ข้อมูลลักษณะพื้นที่ : ตั้งอยู่บริเวณทิศตะวันตกของจังหวัดขอนแก่น ห่างจากตัวจังหวัดขอนแก่น 78 กิโลเมตร มีเขตการปกครองรวม 3 ตำบล เป็นหมู่บ้านรวม 36 หมู่บ้าน มีพื้นที่ทั้งหมด 181,745 ไร่ พื้นที่ถือครอง 41,895 ไร่ หรือ 23 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ลักษณะของพื้นที่เป็นภูเขา มีที่ราบสูงสลับต่ำ กลุ่มดินบนที่ตอนใต้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62 36 40 56 49 48 และ 44 ตามลำดับ ดินมีปัญหาเกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชัน ขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งและหน้าดินตื้น กลุ่มดินบนที่ราบต่ำได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 18 22 และ 59 ตามลำดับ ดินมีปัญหาข้อจำกัดเรื่องน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝน เนื่องจากพบบริเวณที่ราบต่ำระหว่างหุบเขา (ดวงใจและคณะ, 2558)

ข้อมูลพืชเศรษฐกิจปี 2558/59 มีการปลูกข้าวเป็นพืชหลัก อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด 10 4 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ สลับพื้นที่ราบลุ่มสลับสูงต่ำ การปลูกพืชที่เกษตรกรปลูกในพื้นที่จะเป็นแปลงขนาดเล็ก แบ่งพื้นที่ปลูกพืช เช่น ปลูกข้าว และมีพืชอื่น เช่น มะม่วง ยางนา ผักหวาน ข่า ตะไคร้ มะกรูด ฝรั่ง มันสำปะหลัง อ้อย มะพร้าว และผักกาดหอม เป็นต้น (สำนักงานเกษตรอำเภอเวียงเก่า, 2559)

และพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบระหว่างหุบเขา พื้นที่ทำการเกษตรไม่มากนัก เหมาะสมกับการทำการเกษตรผสมผสาน เกษตรอินทรีย์ เนื่องจากมีแนวป่าเป็นเขตพื้นที่ป้องกัน

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร จำนวน 16 ราย อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น พบว่า การทำการเกษตรส่วนใหญ่ ไร่ละ 75 ไร่ ค้ายน้ำฝน อีก ไร่ละ 25 ไร่ ค้ายชลประทาน จากชุดสระใช้เองและระบบน้ำคลองชลประทานในหมู่บ้าน การใช้ประโยชน์ที่ดิน เกษตรกรประกอบอาชีพทำนาเป็นอาชีพหลัก ปลูกอ้อยและปลูกมันสำปะหลังเป็นรายได้รองลงมา พื้นที่นาข้าวหลังเก็บเกี่ยวมีการปลูกถั่วลิสงเป็นรายได้เสริม โดยปลูกถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 (เมล็ดเล็ก) และพันธุ์ขอนแก่น 86-8 (เมล็ดปานกลาง) ระยะปลูก 15-20 เซนติเมตร และอัตราการใช้เมล็ด 3-4 เมล็ดต่อหลุม ไม่มีการการปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในการปลูกเมล็ดก่อนปลูก ผลผลิตฝักสดอยู่ในระดับปานกลาง 600-960 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรขายเป็นฝักสดที่ตลาดภายในหมู่บ้าน มีการใช้ปุ๋ยเคมีไม่ถูกต้องเหมาะสมในปลูกข้าว มันสำปะหลัง อ้อย และถั่วลิสง เป็นต้น ทั้งนี้มีการใช้ปุ๋ยเคมีหลายสูตรหลายอัตราการ ไม่รู้วิธีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เกษตรกรไร่ละ 68.75 ไม่ได้ปรับปรุงดินก่อนปลูกพืช แต่ก็ยังมีอยู่บ้างที่มีการไถกลบตอซัง ไถกลบพืชปุ๋ยสด และใส่โดโลไมท์ ไร่ละ 12.5 12.5 และ 6.26 ตามลำดับ สารเคมีส่วนใหญ่จะเป็นใช้ในการกำจัดวัชพืชเป็นหลัก ปัญหาหลักที่พบได้แก่ ปัญหาเรื่องแมลงศัตรูพืช ได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าว เพลี้ยแป้งในมันสำปะหลัง เสียนดินในถั่วลิสง เป็นต้น โรคที่พบ ได้แก่ โรคเน่าขาวในถั่วลิสง โรคใบไหม้ในข้าว เป็นต้น

จากตารางที่ 1 พบว่า แปลงต้นแบบการปลูกถั่วลิสงหลังนามีความเป็นกรด-ด่างของดิน อยู่ระหว่าง กรดจัดถึงปานกลาง ซึ่งถั่วลิสงเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีความเป็นกรด-ด่างของดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH ระหว่าง 5.5-6.5) ดังนั้น แปลงต้นแบบปลูกถั่วลิสงของเกษตรกรส่วนใหญ่เหมาะสมแล้ว แต่ยังมีเกษตรกรบางรายที่ต้องใส่ปูนปรับปรุงดินอยู่เล็กน้อย คือ อัตราที่ใส่ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ได้แก่ นายไกรสร ทำเดช นายจรัส พรหมมาอาจ นายมนตรี ประชุมเหล็ก และนางนวม สัมภณี ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ แนะนำให้มีเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชและอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน เช่น ไถกลบฟางข้าวก่อนปลูกถั่วลิสง เป็นต้น ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่างต่ำถึงปานกลาง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น จึงได้แนะนำให้มีการไถกลบตอซัง และควรใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกกับเมล็ดถั่วลิสงก่อนปลูก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ปุ๋ยเคมีครั้งเดียวพร้อมปลูก โดยโรยกันร่อน หรือข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบ แต่ถ้าไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด ควรใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่พร้อมปลูกถั่วลิสงโดยโรยกันร่อน หรือข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบ และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ปุ๋ยเมื่อต้นถั่วลิสงอายุประมาณ 30 วันหลังปลูก

หลังจากได้ผลวิเคราะห์ดิน ทางศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น ได้ดำเนินการปลูกถั่วลิสงเพื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีระหว่างของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรและแบบวิธีของเกษตรกร ต้นแบบจำนวน 10 รายดังกล่าว ตามแผนการปฏิบัติงาน และดูแลให้คำแนะนำแก่เกษตรกรต้นแบบเป็นอย่างดี หลังจากนั้นได้มีการจัดฝึกอบรม เรื่อง การจัดการ ดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุอันตรายทางการเกษตร เพื่อลดต้นทุน เพิ่มปริมาณ คุณภาพ และความปลอดภัยของผลผลิตพืช ให้ความรู้แก่เกษตรกรในอำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น จำนวน 2 รุ่น 200 ราย ด้วย

ตารางที่ 1 สมบัติของดินของแปลงต้นแบบปลูกถั่วลิสงหลังนาในพื้นที่ อำเภอเวียงแก้ว จังหวัดขอนแก่น ปี 2559/60

ลำดับที่	ชื่อเกษตรกร	ค่าวิเคราะห์ดิน							
		pH	lime req. (kg/rai)	EC (ds/m)	OM (%)	Avail P (mg/kg)	Avail K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
1	นายตุ้ วงษ์เงิน	5.7	50	0.020	0.88	4	75	757	95
2	นายประเทือง ชำนาญพล	5.8	150	0.015	0.84	2	41	973	146
3	นางจิราพร จุลลา	6.6	0	0.020	0.78	11	51	1352	188
4	นางจันทิมา นครศรี	5.9	100	0.017	0.72	2	39	805	127
5	นายจรัส พรหมมาอาจ	5.3	50	0.031	0.63	11	35	369	40
6	นายเชเมม กำแพงศรี	5.8	100	0.022	0.83	4	25	692	97
7	นายมนตรี ประชุมเหล็ก	5.0	50	0.048	0.94	13	91	783	110
8	นางน่วม สังมณี	5.4	200	0.026	1.05	2	51	907	136
9	นางอุทิศ อุตตะโม	5.7	150	0.025	0.89	3	38	1024	132
10	นายทองพูล ป้อมอาษา	5.6	50	0.024	0.98	8	37	666	89

หมายเหตุ: pH = ความเป็นกรด-ด่างของดิน OM = ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน P = ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน
K = โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

การปลูกถั่วลิสงหลังนา ควรใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกกับเมล็ดถั่วลิสงก่อนปลูกเพื่อช่วย เพิ่มผลผลิต
คุณภาพถั่วลิสง และลดต้นทุนการผลิต

1) กรณีใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด ควรใช้ปุ๋ยเคมี ดังนี้

ใส่ปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่

โดยใส่ปุ๋ยเคมีครั้งเดียวพร้อมปลูก โดยโรยกันร่อน หรือข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบ

2) กรณีไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ด ควรใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่

ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่

โดย ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 พร้อมปลูกโดยโรยกันร่อน หรือข้างแถวปลูกแล้วพรวนกลบ

ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อต้นถั่วลิสงอายุประมาณ 30 วัน

2. ผลของการจัดฝึกอบรมเกษตรกรในพื้นที่ อำเภอเวียงแก้ว จังหวัดขอนแก่น

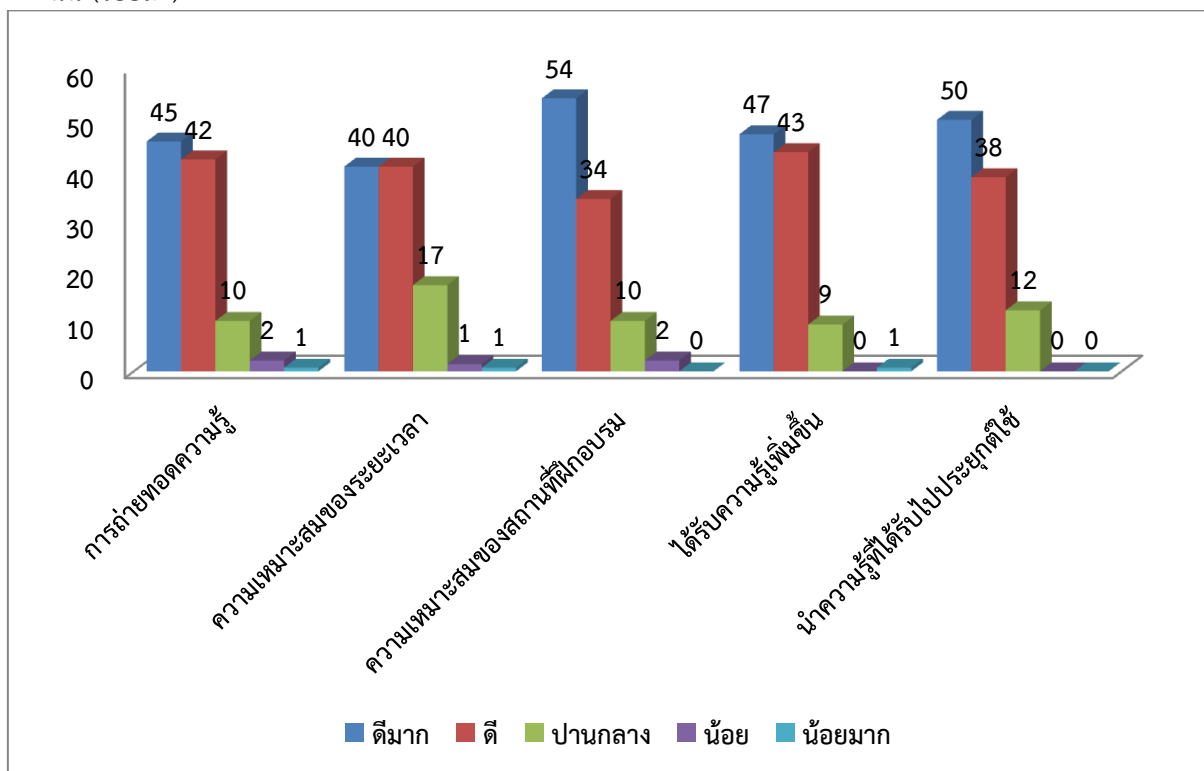
ศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรขอนแก่น และคณะทำงานฯ ได้ดำเนินการจัดฝึกอบรม
ให้แก่เกษตรกร จำนวน 2 รุ่น ได้แก่ รุ่นที่ 1 วันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2560 และ รุ่นที่ 2 วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2560 ณ
ที่ว่าการอำเภอเวียงแก้ว จังหวัดขอนแก่น สามารถสรุปผลการประเมินการฝึกอบรมได้ดังนี้ รุ่นที่ 1 วันที่ 16
กุมภาพันธ์ 2560 มีเกษตรกรเข้าร่วมการฝึกอบรม จำนวน 80 ราย และ รุ่นที่ 2 วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2560 มี
เกษตรกรเข้าร่วมการฝึกอบรม จำนวน 118 ราย มีผู้ตอบแบบประเมิน จำนวน 141 ราย คิดเป็นร้อยละ 71.2 ซึ่ง
สามารถสรุปสาระการประเมินได้ดังนี้

ความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในหลักสูตรเนื้อหาการฝึกอบรม ก่อนการเข้าฝึกอบรม พบว่า
เกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้อยู่ในระดับดี (8-10 คะแนน) ร้อยละ 57.1 และระดับพอใช้ (5-7 คะแนน)

ร้อยละ 42.9 และหลังการเข้าฝึกอบรม พบว่าเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ในระดับดี (8-10 คะแนน) ร้อยละ 90.9 และระดับพอใช้ (5-7 คะแนน) ร้อยละ 9.1

ความคิดเห็นเกี่ยวกับการฝึกอบรม ความสามารถในการถ่ายทอดเนื้อหา พบว่า มีการถ่ายทอดเนื้อหา อยู่ใน ระดับที่ดีมาก ร้อยละ 45 และในระดับดี ร้อยละ 42 (ภาพที่ 1) การตอบข้อซักถามของวิทยากร พบว่า มีการตอบข้อ ซักถามอยู่ในระดับที่ดีมาก ร้อยละ 34 และในระดับดี ร้อยละ 45

คะแนน (ร้อยละ)



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงการประเมินผลด้านเนื้อหา การนำไปประยุกต์ใช้ เอกสารประกอบการอบรม ครบถ้วน และระยะเวลาที่เหมาะสม

ความคิดเห็นเกี่ยวกับการได้รับความรู้เพิ่มขึ้นในระดับใด หลังจากที่ได้เข้ารับการฝึกอบรมและการนำองค์ความรู้จากการฝึกอบรมนำไปประยุกต์ใช้ การได้รับความรู้เพิ่มขึ้นในระดับใด หลังจากที่ได้เข้ารับการฝึกอบรมพบว่าผู้ เข้ารับการฝึกอบรมให้ความคิดเห็นว่า อยู่ในระดับที่ดีมาก ร้อยละ 47 ในระดับดี ร้อยละ 43 และในระดับพอใช้ ร้อยละ 9 และการนำองค์ความรู้จากการฝึกอบรมไปประยุกต์ใช้งานได้ พบว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมให้ความคิดเห็นว่า อยู่ในระดับที่ดีมาก ร้อยละ 50 ในระดับดี ร้อยละ 38 และในระดับพอใช้ ร้อยละ 12

ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจของภาพรวมในการฝึกอบรมในครั้งนี้ พบว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมให้ ความ คิดเห็นว่า อยู่ในระดับที่ดีมาก ร้อยละ 47 ในระดับดี ร้อยละ 39 และในระดับพอใช้ ร้อยละ 13

องค์ความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ความรู้เรื่องปุ๋ยและธาตุอาหารพืช การเก็บตัวอย่างดินและน้ำเพื่อ ส่งวิเคราะห์ การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างถูกต้อง และเหมาะสม การวางแผนวันปลูกให้สอดคล้องกับรูปแบบการกระจายตัวของฝนในพื้นที่และวางแผนการใช้น้ำจาก แหล่งน้ำในไร่นา ผลกระทบจากการใช้สารเคมีเกษตร และองค์ความรู้การใช้สารสกัดจากธรรมชาติ

ผลทดสอบความรู้ก่อนและหลังเข้ารับการฝึกอบรมของเกษตรกร จำนวน 198 คน ก่อนเข้ารับการฝึกอบรม พบว่าเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนก่อนการฝึกอบรม เฉลี่ย 6.8 คะแนน โดยเกษตรกรที่เข้ารับการ ฝึกอบรมมีคะแนนระดับดี ร้อยละ 57.1 และมีคะแนนระดับพอใช้ ร้อยละ 42.9 และหลังเข้ารับการฝึกอบรม พบว่า

เกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีคะแนนหลังการฝึกอบรม เฉลี่ย 8.3 คะแนน โดยเกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรมมีมีคะแนนระดับดี ร้อยละ 90.9 และมีคะแนนระดับพอใช้ ร้อยละ 9.1

3. ผลของการจัดทำแปลงต้นแบบปลูกถั่วลิสงหลังนาในพื้นที่ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดขอนแก่น

ผลการเปรียบเทียบ ภูมิวิธีทดสอบ คือการหว่านปุ๋ยโดโลไมต์ อัตรา 0-200 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมคลุกเมล็ดก่อนปลูก การใช้ปุ๋ยสำหรับค่าวิเคราะห์ดิน ใช้ปุ๋ยสูตร 8-24-24 อัตรา 25-35 กิโลกรัมต่อไร่ และภูมิวิธีเกษตรกร พบว่า ได้ดำเนินงานร่วมกับเกษตรกร วัดพิภคแปลง ได้สุมเก็บตัวอย่างดินและผลของสมบัติของดิน ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) องค์ประกอบผลผลิต และอยู่ในระหว่างวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต และจะสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรภายในเดือนกรกฎาคมนี้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการจัดการ ดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุดิบทางการเกษตร เพื่อลดต้นทุน เพิ่มปริมาณ คุณภาพ และความปลอดภัยของผลผลิตพืช สรุปผลได้ดังนี้

1. เกษตรกรในอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดขอนแก่น ทำการเกษตรโดยอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 75 และอีกส่วนหนึ่งทำการเกษตรโดยอาศัยน้ำชลประทานร้อยละ 25 โดยแปลงของเกษตรกรที่จะปลูกถั่วลิสงหลังนา ส่วนใหญ่ดินมีอินทรีย์วัตถุต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่างต่ำถึงปานกลาง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง ได้ให้คำแนะนำแก่เกษตรกร ดังนี้ ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมคลุกกับเมล็ดถั่วลิสงก่อนปลูก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ถ้าไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมคลุกเมล็ด ควรใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่พร้อมปลูกถั่วลิสง และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ปุ๋ยเมื่อต้นถั่วลิสงอายุประมาณ 30 วันหลังปลูก

2. การฝึกอบรมเกษตรกร หลักสูตร การจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุดิบทางการเกษตรเพื่อลดต้นทุน เพิ่มปริมาณ คุณภาพ และความปลอดภัยของผลผลิตพืช พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง เป็นผู้มีอายุมากกว่า 41 ปี มีอาชีพเกษตรกรกรรม ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา ได้รับความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 47 และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้ร้อยละ 50

3. ได้ดำเนินงานร่วมกับเกษตรกร วัดพิภคแปลง ได้สุมเก็บตัวอย่างดินและผลของสมบัติของดิน ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และอยู่ในระหว่างวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต และจะสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรภายในเดือนกรกฎาคมนี้

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

สามารถนำข้อมูลผลงานวิจัยแนะนำเกษตรกร จัดการ ดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุดิบทางการเกษตร เพื่อลด ต้นทุน เพิ่มปริมาณ คุณภาพ และความปลอดภัยของผลผลิตพืชในพื้นที่อื่นๆได้ ดังนี้

1. ถ่ายทอดความรู้และข้อมูลผลการดำเนินงานแก่กลุ่มผู้ผลิตถั่วลิสงสามารถจัดการ ดิน ปุ๋ย น้ำ และวัตถุดิบทางการเกษตร เพื่อลดต้นทุน เพิ่มปริมาณ คุณภาพ และความปลอดภัยของผลผลิตถั่วลิสงได้ และสร้างรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายถั่วลิสงฝักสดเพิ่มขึ้น

2. ถ่ายทอดความรู้และอบรมกลุ่มเกษตรกรอื่นๆที่สนใจการปลูกถั่วลิสง พื้นที่อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดขอนแก่น

3. ร่วมจัดงานวันนัดพบเกษตรกร (Field day) มีเกษตรกรเข้าร่วม จำนวน 200 ราย และเป็นแหล่งเรียนรู้ การผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ จำนวน 1 ศพก.(อำเภอยางชุมน้อย) ให้แก่เกษตรกรคนอื่นๆที่สนใจการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ได้

เอกสารอ้างอิง

- ดวงใจ วัยเจริญ จันทนา คาวาซากิ สติลา เอี่ยมอิทธิพล. 2558. คู่มือคำแนะนำการจัดการดินเบื้องต้นสำหรับอ้อย มันสำปะหลัง และข้าว จังหวัดขอนแก่น. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) ประเทศไทย ญี่ปุ่น และกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 70 หน้า.
- สำนักงานเกษตรอำเภอเวียงเก่า. 2559. ข้อมูลการปลูกพืชเศรษฐกิจ ปี 2558/59 อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น. สำนักงานเกษตรอำเภอเวียงเก่า กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

งานบริการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพ

Biofertilizer analysis

อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์ อมรรรัตน์ ใจยะเสน

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

หลักการและเหตุผล

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพเพื่อให้ได้มาตรฐานตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในปุ๋ยชีวภาพมีบทบาทสำคัญในการสร้างสารประกอบธาตุอาหารหรือทำให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์แก่พืช อีกทั้งในปัจจุบันบริษัทเอกชนได้ผลิตปุ๋ยชีวภาพจำหน่ายกันอย่างแพร่หลาย และขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยชีวภาพตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยชีวภาพ โดยการวิเคราะห์ปริมาณ ประสิทธิภาพและชนิดของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพนั้น ๆ ก่อนการขอขึ้นทะเบียน ตามประกาศกรมวิชาการ มีปุ๋ยชีวภาพทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ปุ๋ยชีวภาพสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยชีวภาพละลายโพแทสเซียม รวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่งการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพมี 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ การนับปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิต การทดสอบประสิทธิภาพ และการจัดจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ ทั้งนี้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพได้ศึกษาและพัฒนามาตรฐานวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพให้รวดเร็ว แม่นยำ ทันสมัย และน่าเชื่อถือ เพื่อให้เป็นที่ยอมรับในระดับอาเซียนและนานาชาติ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในปุ๋ยชีวภาพ
2. เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ
3. เพื่อจัดจำแนกสกุล-ชนิดของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ
4. เพื่อควบคุมกำกับปุ๋ยชีวภาพ ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

วิธีการดำเนินงาน

1. การเจือจางตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพเพื่อตรวจนับจุลินทรีย์

การเจือจางตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพด้วยวิธีการเจือจางเป็นลำดับส่วน (serial dilution) ซึ่งมีข้อกำหนดไว้ในวิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิด ทำให้ตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพมีกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและเป็นเนื้อเดียวกันในน้ำยาสำหรับเจือจาง (diluent) ให้มากที่สุด เพื่อให้สามารถตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

2. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในปุ๋ยชีวภาพ

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยชีวภาพนั้น ๆ ได้แก่ 1) การตรวจนับจุลินทรีย์ที่สามารถเพิ่มจำนวนบนอาหารแข็ง (agar medium) ใช้กับปุ๋ยชีวภาพสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ปุ๋ยชีวภาพละลายโพแทสเซียม และหัวเชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่งการทำปุ๋ยหมัก 2) ความสามารถเข้าสร้างปมที่รากต้นถั่ว (plant infection method) ใช้กับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม 3) การเจริญเติบโตใน

อาหารแบบกึ่งเหลว (semi solid medium) ใช้กับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ หรือ 4) ตรวจนับจำนวนสปอร์ที่มีชีวิตโดยวิธีร่อนตัวอย่างแบบเปียกผ่านตะแกรง (wet sieving method) ใช้กับปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

3. การทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ

สามารถทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพได้ด้วยการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในอาหารสูตรจำเพาะ เช่น การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในอาหารที่ปราศจากแหล่งไนโตรเจนใช้ทดสอบกับจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ และสำหรับสืเขียวแถมน้ำเงิน การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในอาหารที่มีการเติม CaHPO_4 ใช้ทดสอบกับจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต หรือการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในอาหารที่เติมแหล่งเซลล์โลสใช้ทดสอบกับจุลินทรีย์ในหัวเชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่งการทำปุ๋ยหมัก เป็นต้น

4. การจัดจำแนกจุลินทรีย์

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา โดยตรวจดูลักษณะต่าง ๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เช่น รูปร่าง ขนาดของเซลล์หรือสปอร์ เป็นต้น หรือจำแนกชนิดด้วยวิธีชีวโมเลกุล เช่น rDNA sequencing หรือการศึกษารูปแบบโปรตีนของจุลินทรีย์ทดสอบด้วยเครื่อง Matrix assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF)

ผลการดำเนินงาน

จำนวนตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพและดินที่ส่งตรวจวิเคราะห์จากภาคเอกชน ปีงบประมาณ 2560 (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1-4) ทั้งหมด 108 ตัวอย่าง โดยพบว่าปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์มีจำนวนมากที่สุด 37 ตัวอย่าง ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 31 ตัวอย่าง ปุ๋ยชีวภาพสำหรับสืเขียวแถมน้ำเงิน 16 ตัวอย่าง ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม 5 ตัวอย่าง ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและปุ๋ยชีวภาพละลายโพแทสเซียมไม่มีผู้ส่งวิเคราะห์ และหัวเชื้อตัวเร่งการทำปุ๋ยหมัก 19 ตัวอย่าง

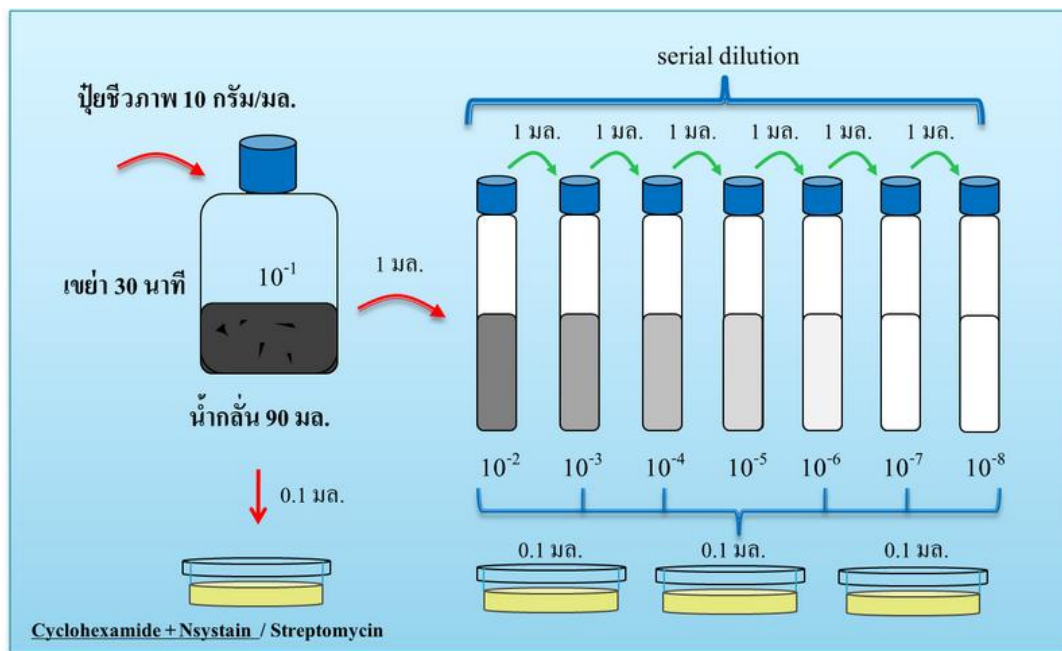
จำนวนตัวอย่างจากภาคราชการส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างดินส่งตรวจเพื่อนับปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรหรือเพื่อนับปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในดินทั้งหมดจำนวน 172 ตัวอย่าง ทั้งนี้งานผลผลิตที่ 2 พันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต โดยได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อตรวจสอบคุณภาพจำนวน 140 ตัวอย่าง โดยทั้งหมดมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพและดินจากหน่วยงานเอกชน

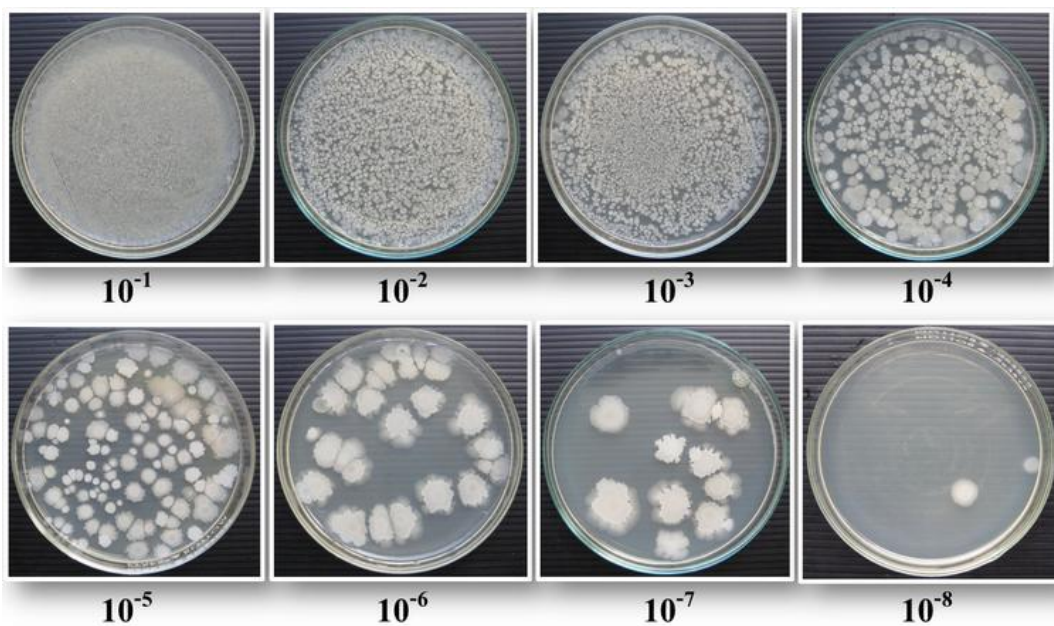
ลำดับที่	ปุ๋ยชีวภาพ/ดิน	จำนวนตัวอย่างที่ส่งตรวจ
1	ฟิซีฟิอาร์	37
2	ละลายฟอสเฟต	31
3	สำหรับสืเขียวแถมน้ำเงิน	16
4	ไรโซเบียม	5
5	อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	-
6	ละลายโพแทสเซียม	-
7	หัวเชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่งการทำปุ๋ยหมัก	19

ตารางที่ 2 จำนวนตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพและดินจากหน่วยงานราชการ

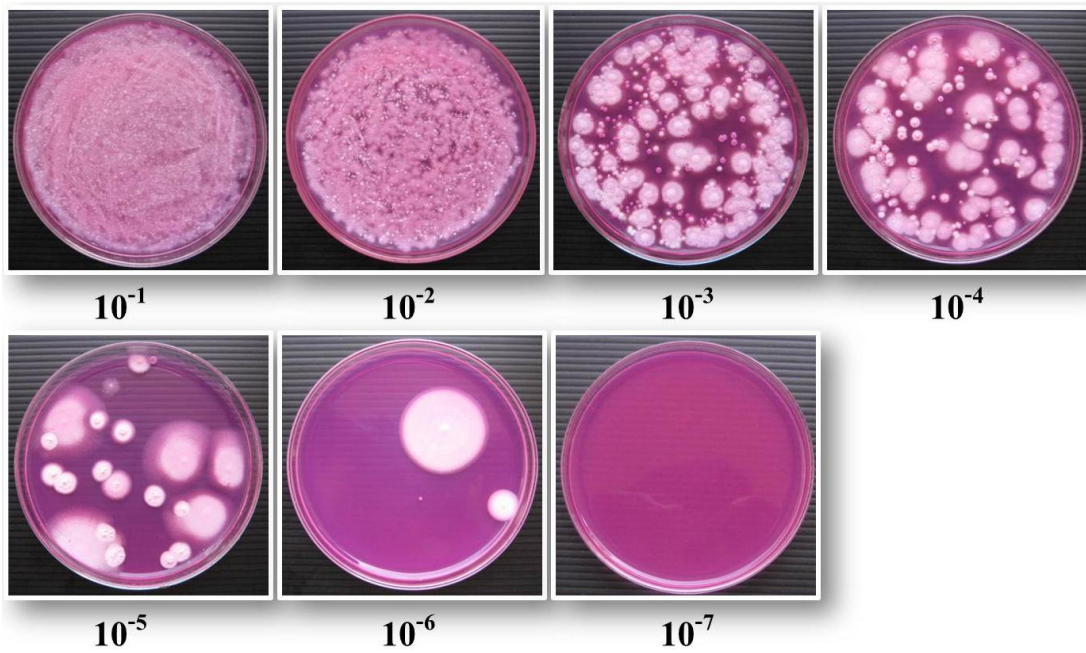
ลำดับที่	ปุ๋ยชีวภาพ/ดิน	จำนวนตัวอย่างที่ส่งตรวจ
1	ฟิซีฟิอาร์	108
2	ไรโซเบียม	32
3	ดิน	172



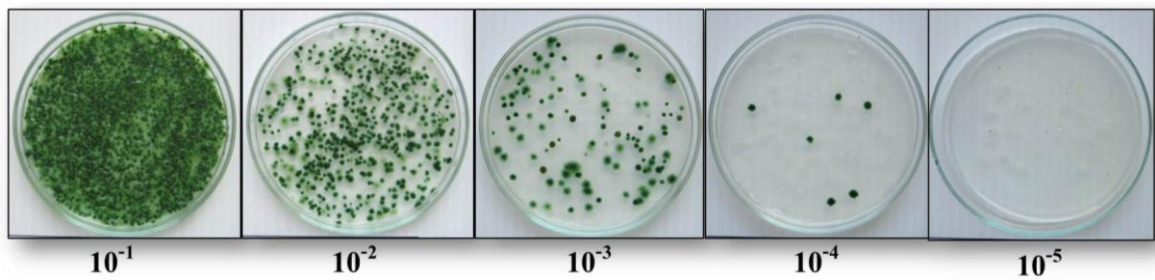
ภาพที่ 1 การเตรียมสารละลายเจือจางตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพ



ภาพที่ 2 การนับปริมาณแบคทีเรียในปุ๋ยชีวภาพหรือในดินที่ระดับความเข้มข้น $10^{-1} - 10^{-8}$



ภาพที่ 3 การนับปริมาณราในปุ๋ยชีวภาพหรือในดินที่ระดับความเข้มข้น 10^{-1} - 10^{-7}

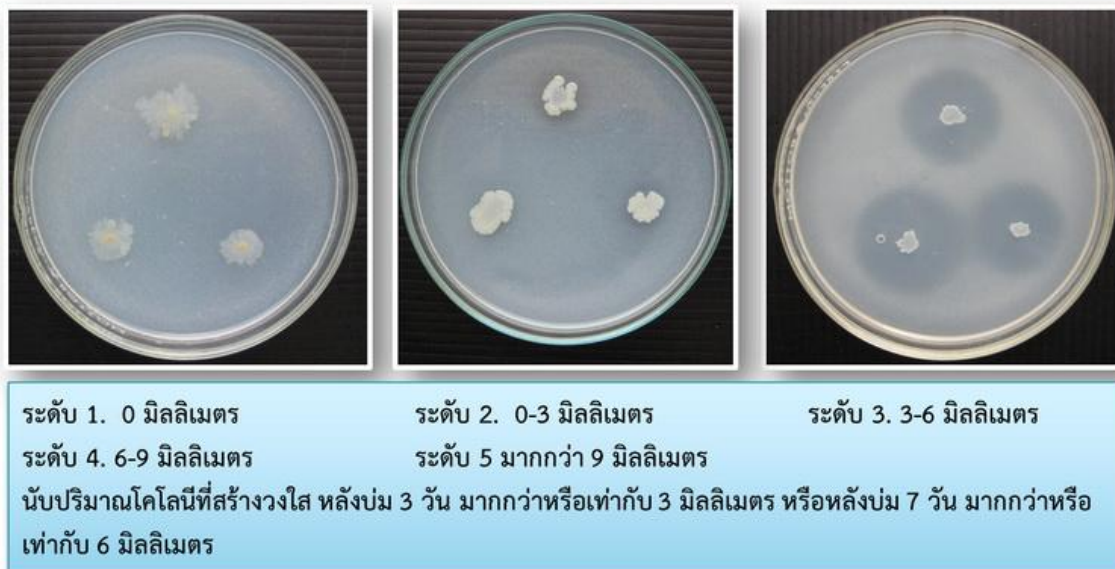


ภาพที่ 4 การนับปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในปุ๋ยชีวภาพ 10^{-1} - 10^{-5}

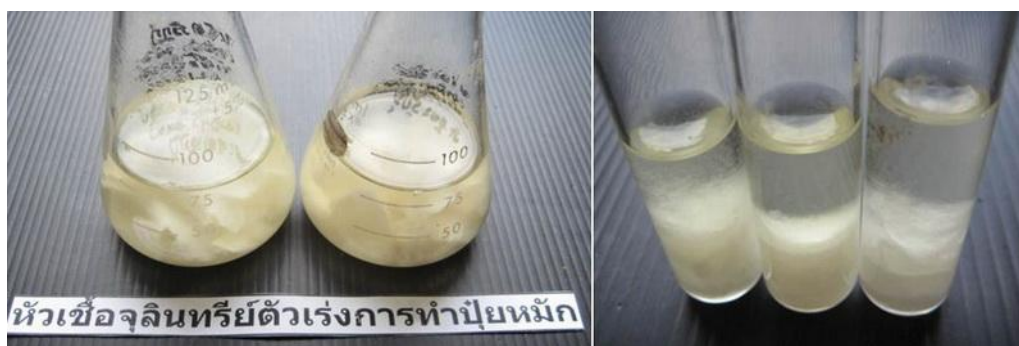
การตรวจสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพปฏิบัติตามคู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพ โดยตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพจากภาคเอกชนส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพไม่ตรงตามรายการที่ขอตรวจสอบวิเคราะห์ ภาพที่ 5-7 แสดงประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ ไโรโซเปียม ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และหัวเชื้อจุลินทรีย์ตัวเร่งการทำปุ๋ยหมัก



ภาพที่ 5 การตรวจประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมที่รากถั่ว



ภาพที่ 6 ระดับกิจกรรมการละลายฟอสเฟตของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต



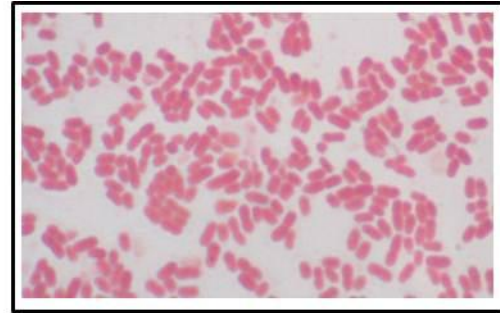
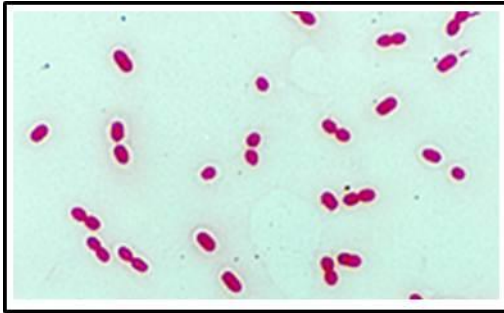
ภาพที่ 7 การวัดกิจกรรมการย่อยสลายเซลล์ของจุลินทรีย์ในหัวเชื้อตัวเร่งการทำปุ๋ยหมัก

การจัดจำแนกสกุลและชนิด

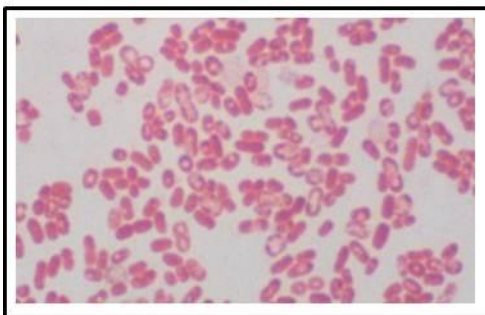
การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology) ของเชื้อ เช่น *Azotobacter* โดยการย้อมแกรม ติดสีแดง (แกรมลบ) เซลล์มีรูปร่างรีหรือทรงกลม เมื่อเปรียบเทียบกับ *Azotobacter vinelandii* (ATCC 478) กับเชื้อ *Azotobacter* ที่แยกได้บริษัทเอกชนจำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่ามีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่เหมือนกัน ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ เช่น รูปร่าง ขนาด และลักษณะการติดสีย้อมแกรมลบ (ภาพที่ 8) หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* sp. โดย filament หลักประกอบด้วยเซลล์ 1 หรือ 2 แถว มี sheath ห่อหุ้ม แตกกิ่งแขนงแท่น filament หลัก กิ่งแขนงอาจมีความกว้างเท่าๆ กัน สร้าง heterocyst บริเวณกลางเซลล์ (ภาพที่ 9)

การศึกษาการจัดจำแนกเชื้อ *Azotobacter* ด้วยวิธีการวิเคราะห์ลำดับเบส (Sequencing) โดยใช้ตำแหน่งยีน 16S rRNA ของเชื้อ *Azotobacter* ที่แยกจากปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ของเอกชนจำนวน 7 ตัวอย่าง คือ หมายเลขไอโซเลต *Azotobacter* sp.1-7 โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลำดับสารพันธุกรรมด้วยการนำข้อมูลที่ได้อิง Blast เทียบกับฐานข้อมูลสายพันธุ์อ้างอิงจาก GenBank พบว่าเชื้อ *Azotobacter* sp.1-7 มีความเหมือนกับสายพันธุ์อ้างอิง *A. vinelandii* ATCC 487 (AB175657) 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 10)

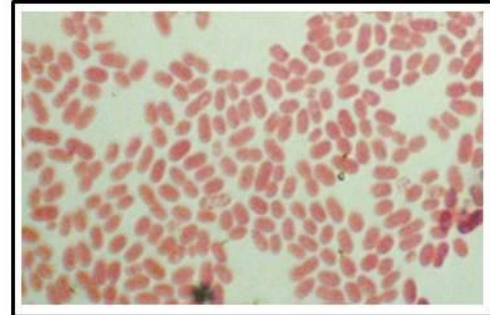
การศึกษาารูปแบบโปรตีนของจุลินทรีย์ด้วยเครื่อง Matrix assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF) โดยการจัดทำฐานข้อมูลรูปแบบโปรตีนของจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพ เช่น *Azotobacter vinelandii* *Azospirillum braselense* *Bacillus megaterium* *Bacillus pumilus* *Bradyrhizobium japonicum* *Bradyrhizobium yuanmingense* *Bradyrhizobium arachidis* *Burkholderia unamae* *Gluconacetobacter diazotrophicus* *Lactobacillus plantarum* เป็นต้น (ภาพที่ 11)



Azotobacter sp.1 (เอกชน 1)

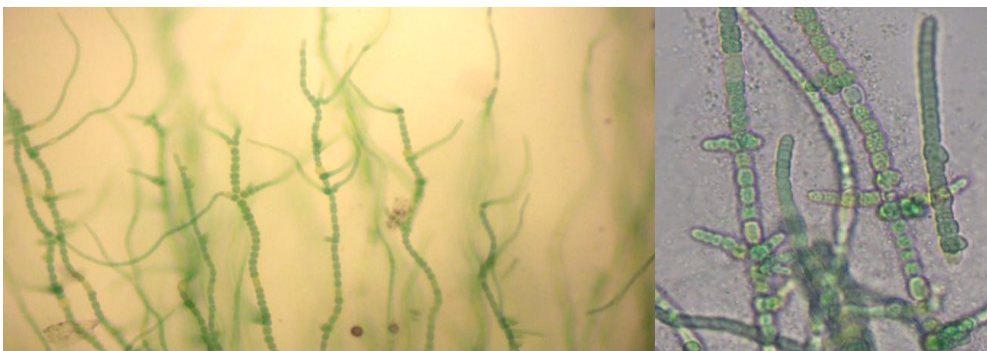


Azotobacter sp.1 (เอกชน 2)

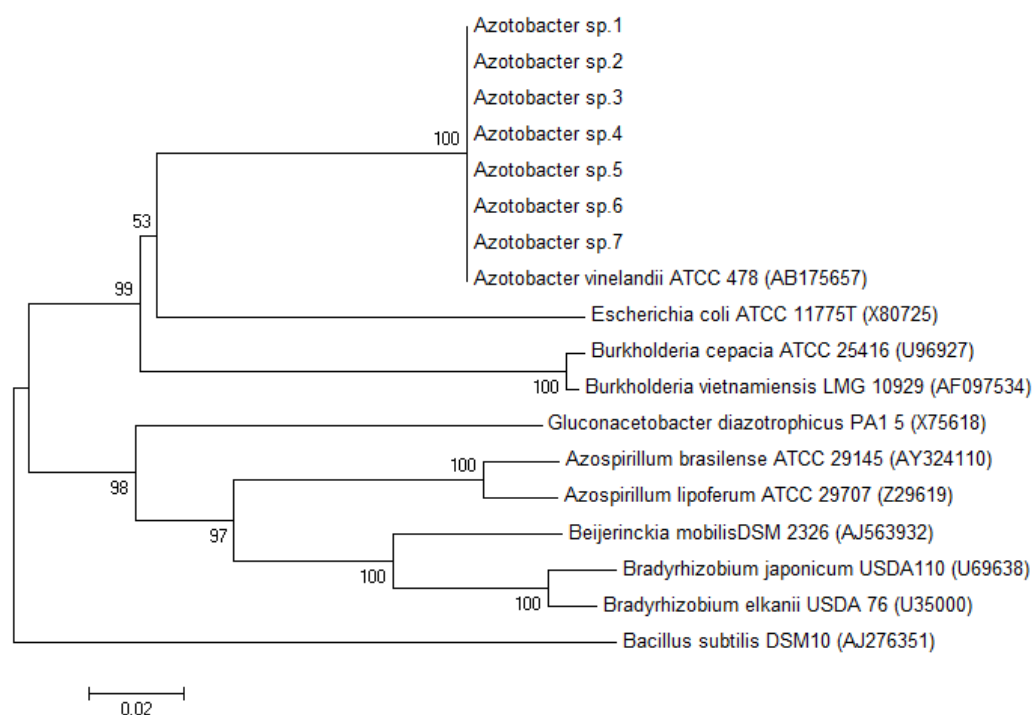


Azotobacter sp.1 (เอกชน 3)

ภาพที่ 8 การเปรียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *Azotobacter* ของเชื้อมาตรฐานและบริษัทเอกชนที่กำลังขยาย 1,500 เท่า



ภาพที่ 9 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *Hapalosiphon* sp.



ภาพที่ 10 Neighbor-joining phylogenetic analysis โดยศึกษาชิ้น 16S rRNA แสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างพีจีฟิอาร์สกุล *Azotobacter* 1-7 ที่แยกได้จากปุ๋ยชีวภาพพีจีฟิอาร์ และสายพันธุ์อ้างอิง (Reference strains)

Sample Name	Sample ID	Organism (best match)	Score Value	Organism (second-best match)	Score Value
<u>A1</u> (+) (B)	a1 (standard)	<i>Burkholderia tropica</i>	<u>1.91</u>	No Organism Identification Possible	<u>1.68</u>
<u>A2</u> (+) (B)	a1 (standard)	<i>Burkholderia tropica</i>	<u>1.82</u>	No Organism Identification Possible	<u>1.44</u>
<u>A3</u> (-) (C)	a4 (standard)	No Organism Identification Possible	<u>1.36</u>	No Organism Identification Possible	<u>1.32</u>
<u>A4</u> (-) (C)	a4 (standard)	No Organism Identification Possible	<u>1.55</u>	No Organism Identification Possible	<u>1.38</u>
<u>A5</u> (-) (C)	a5 (standard)	No Organism Identification Possible	<u>1.44</u>	No Organism Identification Possible	<u>1.39</u>
<u>A6</u> (-) (C)	a5 (standard)	No Organism Identification Possible	<u>1.38</u>	No Organism Identification Possible	<u>1.36</u>
<u>A7</u> (++) (A)	a7 (standard)	<i>Bacillus megaterium</i>	<u>2.17</u>	<i>Bacillus megaterium</i>	<u>2.12</u>

ภาพที่ 11 ผลจัดจำแนกสกุล-ชนิดของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพด้วยเครื่อง MALDI-TOF

ปัญหาและอุปสรรค

1. มีตัวอย่างจุลินทรีย์ไม่ครอบคลุมการจัดทำฐานข้อมูลรูปแบบโปรตีนของจุลินทรีย์ด้วยเครื่อง Matrix assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF)
2. ขาดการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหน่วยงาน
3. งบประมาณมีอยู่อย่างจำกัด

กิจกรรมนำร่องดูแลสุขภาพดินและน้ำ

Soil-water Health Assessment: A Prototype project

จรัสรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ สุภา โพธิ์จันทร์ สงกรานต์ มะลิสอน ญาณธิชา จิตต์สะอาด
พจมาลย์ ภูสาร จิตติรัตน์ ชูชาติ วรรณรัตน์ ชุตินุตร

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

กิจกรรมนำร่องดูแลสุขภาพดินและน้ำ เป็นกิจกรรมเชิงรุกเพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงการบริการวิเคราะห์ดินและน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ดินและคุณภาพน้ำภายในพื้นที่ และสามารถวางแผนการใส่ปุ๋ย ให้ถูกต้อง เหมาะสมตรงตามความต้องการพืช และพื้นที่ มีเกษตรกรเข้าร่วมกิจกรรมทั้งสิ้น 202 ราย ครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดนครราชสีมา สุรินทร์ ร้อยเอ็ด และบุรีรัมย์) ภาคกลาง (จังหวัดพิจิตร พิษณุโลก นครปฐม ราชบุรี นครนายก เพชรบูรณ์ นนทบุรี นครปฐม และสมุทรปราการ) และภาคตะวันออก (จังหวัดจันทบุรี) ผลการดำเนินงาน พบว่า เกษตรกรใช้เทคโนโลยีปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยใช้ปุ๋ยเคมีแตกต่างกันแต่ละพื้นที่และพืชที่ปลูก แต่ส่วนใหญ่พบว่าเกษตรกรจะใส่ปุ๋ยในอัตราที่เท่ากันตลอดระยะเวลาเจริญเติบโตของพืช ร้อยละ 81.8 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ ไม่เคยใช้บริการ หรือส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ดิน หรือวิเคราะห์น้ำ คิดเป็นร้อยละ 89.6 จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืช พบว่า พื้นที่เก็บตัวอย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.57 – 1.19 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 13.5 – 75.2 มล./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 43.0 – 248.3 มล./กก. ภาคกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.63 – 2.13 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 22.2 – 500.2 มล./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 109.8 – 434.5 มล./กก. ภาคตะวันออก ปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 2.50 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 91.7 มล./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ย 58.9 มล./กก. เกษตรกรโดยส่วนใหญ่ได้รับรายงานผลวิเคราะห์ดินอยู่ในช่วง 60 วัน รายงานผลวิเคราะห์น้ำอยู่ในช่วง 45 วัน ผลการสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อกิจกรรมนำร่องสุขภาพดิน-น้ำ พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจในภาพรวมของกิจกรรมดูแลสุขภาพดินและน้ำเพื่อเกษตรกร และการปฏิบัติงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ ระดับพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 75.9 จากข้อมูลการสำรวจในเบื้องต้น ทำให้สามารถนำข้อมูล ปัญหาและอุปสรรคที่พบมาปรับปรุงรูปแบบรายงานผลวิเคราะห์ดินและคำแนะนำการใส่ปุ๋ยให้เข้ากับพืช หรือพื้นที่เพื่อให้เกษตรกรสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำได้ และควรได้มีการตรวจติดตามเพื่อศึกษาหาผลกระทบ (impacts) ในด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น การลดต้นทุนการผลิต และด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สมบัติทางกายภาพของดินต่อไป

คำหลัก : การประเมินสุขภาพดิน, ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร, การวิเคราะห์ดินและน้ำ,

คำนำ

จากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผนวกกับการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างไม่เหมาะสม และการพัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตรที่หลากหลายเพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตอาหารได้เพียงพอต่อประชากรโลก ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและน้ำ (พิพัฒน์ และคณะ, 2553) ซึ่งดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ และคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตรจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพ และปริมาณของผลผลิตทางการเกษตรอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ปัจจุบัน มีการนำเทคโนโลยีทางการเกษตรที่เหมาะสม มาปรับใช้เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและคุณภาพน้ำซึ่งมีความจำเพาะในแต่ละพื้นที่ รวมไปถึงความต้องการธาตุอาหารพืชแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของพืช โดยมีแนวคิดที่ว่า “เพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพโดยใช้ปัจจัยการผลิตที่น้อยลง” (กมล, 2555) การวิเคราะห์ดิน จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืช และการตัดสินใจใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ และยังเป็นบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รมว.ฯ ให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร ครอบคลุมถึงการลดการใช้ปัจจัยการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งลดการใช้ปุ๋ยเคมี หรือการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพตามความอุดมสมบูรณ์ดิน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558) นอกจากนี้ ยังมีบทบาทสำคัญเพื่อช่วยเกษตรกรในการตรวจสอบ ฝ้าระวังและบำรุง ดูแลรักษาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรพื้นฐานเหล่านี้ให้มีความอุดมสมบูรณ์ และมีคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ การวิเคราะห์ดินสามารถใช้ประเมินอุดมสมบูรณ์ของดิน และความสามารถของดินในการกักเก็บ และปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยใช้ร่วมกับการจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อให้เหมาะสมต่อความต้องการพืช ในขณะที่การประเมินคุณภาพน้ำจะทำให้เกษตรกรทราบถึงคุณภาพน้ำและการแก้ไขปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำไปใช้รดพืช

แต่อย่างไรก็ตาม เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเข้าถึงการให้บริการวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำ หรือทราบถึงสถานที่ที่ให้บริการวิเคราะห์ ดังนั้น กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร มีภารกิจหลักในการให้บริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำ จึงได้จัดทำกิจกรรมนำร่อง ดูแลสุขภาพดิน และน้ำเพื่อเกษตรกรขึ้น เป็นกิจกรรมเชิงรุกในการให้บริการวิเคราะห์ดินให้เข้าถึงเกษตรกรมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรทราบถึงคุณภาพของปัจจัยการผลิตทางการเกษตรภายในพื้นที่ของตนเอง และนักวิชาการทราบข้อมูล และปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ทำให้สามารถแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมกับข้อจำกัดในแต่ละพื้นที่ และมีประสิทธิภาพ ตลอดจนเกษตรกรได้เห็นประโยชน์ของการเฝ้าระวังการจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการรักษาคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้รักษาความสามารถ และเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ใบสมัครเข้าร่วมกิจกรรมนำร่อง ดูแลสุขภาพดิน น้ำ พืชเพื่อเกษตรกร
2. แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้นของผู้สมัครเข้าร่วมกิจกรรม
3. วัสดุอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและน้ำ (วรารณา และอารี, 2548)
4. วัสดุวิทยาศาสตร์ และสารเคมีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์ (กรมวิชาการเกษตร, 2553)
5. วัสดุวิทยาศาสตร์ และสารเคมีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเกลือและแร่ธาตุในน้ำ (APHA, AWWA and WEF, 2012)

วิธีดำเนินการ

1. เจ้าหน้าที่กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ออกสำรวจแปลงเกษตรกร จัดทำแบบสอบถามเก็บข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาใช้ในการให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เช่น ประวัติการใช้ที่ดิน ลักษณะพื้นที่ การเพาะปลูกของเกษตรกร อัตราปุ๋ยที่ใช้ เป็นต้น
2. อธิบายเกษตรกรให้ถึงความสำคัญในการวิเคราะห์ดิน และน้ำ และสาธิตการเก็บตัวอย่างดิน น้ำที่ถูกต้องตามหลักวิชาการให้กับเกษตรกร และจัดทำแบบสอบถามเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูล ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการใช้บริการวิเคราะห์ดินและน้ำของเกษตรกร พร้อมกับรับฟังปัญหา และความต้องการของเกษตรกรเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงกิจกรรมฯ ให้มีประสิทธิภาพ

3. เก็บ และส่งตัวอย่างดินในแปลงเกษตรกรพร้อมข้อมูลประวัติพื้นที่ การปลูกพืช การใช้ปุ๋ย หรือการปรับปรุงดินในแต่ละแปลงเพื่อนำมาประกอบในการให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบต่างๆทางเคมีของดิน เช่น อินทรีย์วัตถุ (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) โดยใช้ Flame Photometer (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ประเมินระดับแสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ตารางที่ 1) หลังจากวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินแล้ว ทำการประสานงานกับหน่วยงานที่ให้คำแนะนำ ในกรณีที่เกษตรกรต้องการคำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

ตารางที่ 1 ระดับแสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ระดับ	ปริมาณธาตุอาหารในดิน		
	อินทรีย์วัตถุในดิน (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mg/kg)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (mg/kg)
ต่ำมาก (Very low)	0.5 – 1.0	< 5	
ต่ำ (Low)	1.0 – 2.0	5 – 10	< 120
ปานกลาง (Moderate)	2.0 - 3.0	10 – 20	120 - 190
สูง (High)	3.0 – 5.0	20 – 25	191 – 300
สูงมาก (Very high)	> 5.0	> 25	> 300

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2553

4. ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้ในแปลงเกษตรกร ประกอบด้วย ปริมาณเกลือที่เป็นอันตราย เช่น โซเดียม (Na⁺) คลอไรด์ (Cl⁻) คาร์บอเนต (CO₃²⁻) ไบคาร์บอเนต (HCO₃⁻) ซัลเฟต (SO₄²⁻) และแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แคลเซียม (Ca²⁺) แมกนีเซียม (Mg²⁺) โพแทสเซียม (K⁺) เป็นต้น และประเมินคุณภาพน้ำตามมาตรฐาน FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations (ตารางที่ 2; Ayers and Westcot, 1994)

5. แจ้งผลการวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำ พร้อมคำแนะนำการใส่ปุ๋ย และการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เกษตรกรทราบทางไปรษณีย์

6. ตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารในดินในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชปลูก และประเมินผลการนำคำแนะนำการใส่ปุ๋ย หรือคำแนะนำการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรไปใช้ประโยชน์ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจในการเข้าร่วมกิจกรรม

7. โดยแบบประเมินความพึงพอใจที่ใช้เป็นคำถามแบบปลายปิดและแบ่งระดับความคิดเห็น/ความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| ระดับ 4 หมายถึง พอใจมากที่สุด | ระดับ 3 หมายถึง พอใจมาก |
| ระดับ 2 หมายถึง ปานกลาง | ระดับ 1 หมายถึง พอใจน้อย |
| ระดับ 0 หมายถึง ไม่พอใจ | |

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรสำหรับพืชทั่วไป*

รายการวิเคราะห์	หน่วย	คุณภาพน้ำ		
		ดีมาก-ดี	ปานกลาง – เริ่มเป็นอันตราย	เป็นอันตราย ต่อพืช
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5.5-7.5	-	-
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	µs/cm (25°C)	0-750	750-1250	>1250
โซเดียม (Na)	me/L	<3 me/L	3-10 me/L	>10 me/L
คลอไรด์ (Cl ⁻)	me/L	<4 me/L	4-10 me/L	>10 me/L
ไบคาร์บอเนต (HCO ₃ ⁻)	me/L	<1.5 me/L	1.5-8.5 me/L	>8.5 me/L
ซัลเฟต (SO ₄ ⁻)	me/L	-	-	>10 me/L
เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ละลายได้ (SSP)	%	<60	60-75	>75
โซเดียมคาร์บอเนตที่เหลือ (RSC)	me/L	<1.25 me/L	1.25-2.5	>2.5 me/L
อัตราการดูดซับโซเดียม (SAR)	-	<2	2-4	>4

ที่มา: Ayers, R.S. and Yestcot, D.W. 1994. Water quality for agriculture. [online]. Available at <http://www.fao.org/DOCRp/003/T0234e/T0234e00.htm> (Verified 2 Oct. 2015)

หมายเหตุ: *ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพืชที่ปลูกและการใช้พื้นที่ทางการเกษตร

โดยแบ่งแบบประเมินความพึงพอใจ ออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมกิจกรรมฯ

ส่วนที่ 2 คุณภาพการให้บริการ

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจและความคาดหวังของเกษตรกร ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงการบริการ

ผลการดำเนินการและวิจารณ์

จากผลการดำเนินการกิจกรรมนำร่องดูแลสุขภาพดินและน้ำ พบว่า

1. ผู้เข้าร่วมกิจกรรม

เกษตรกรเข้าร่วมกิจกรรมฯ ทั้งสิ้น 202 ราย (ตารางที่ 3) แบ่งเป็นเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา สุรินทร์ ร้อยเอ็ดและบุรีรัมย์ จำนวน 61 ราย คิดเป็น ร้อยละ 30.2 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ พื้นที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกไม้ผล เช่น มะยงชิด พุทรา นมสด และพืชผักต่างๆ เช่น ผักสลัด ผักไหม ถั่วแขก เป็นต้น เกษตรกรใช้เทคโนโลยีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 8-24-24, 0-0-60 โดยมีอัตราการใส่ประมาณ 100 กรัมต่อต้น ทุก 10-15 วัน ในขณะที่จังหวัดสุรินทร์ ร้อยเอ็ดและบุรีรัมย์ พืชที่ปลูกส่วนใหญ่คือ ข้าว อ้อย ยางพารา และมันสำปะหลังเป็นพืชหลัก และปลูกพืชรอง เช่น ผักสวนครัว หมามุ่ยอินเดีย ไม้ผล เช่น อินทผาลัม และมะนาว เป็นต้น ปุ๋ยยางพาราที่ใช้ส่วนใหญ่ เช่น 20-10-12, 16-16-8, 18-8-18 และปุ๋ยข้าว เช่น 46-0-0, 16-20-0, 15-15-15 โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยคอก

และจากพื้นที่ภาคกลาง ประกอบด้วยจังหวัดพิจิตร พิษณุโลก นครปฐม ราชบุรี นครนายก เพชรบูรณ์ นนทบุรี นครปฐม และสมุทรปราการจำนวน 128 ราย ร้อยละ 63.4 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ โดยพื้นที่ภาคกลางส่วนใหญ่เป็นสวนไม้ผลขนาดใหญ่ และปลูกเพื่อการส่งออก เช่น มะม่วง มะปราง มะยงชิด ในพื้นที่จังหวัดพิจิตร และพิษณุโลก เกษตรกรใช้เทคโนโลยีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือร่วมกับ 8-24-24 โดยมีอัตราแตกต่างกันตั้งแต่ 40-120 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวน 2-3 ครั้งต่อปี ส่วนพื้นที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดสมุทรปราการ เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าว หรือ

ไม้ผล เช่น มะม่วง มะพร้าวน้ำหอม ปุ๋ยส่วนใหญ่ที่ใช้ เช่น สูตร 16-16-16 , 20-10-20 และพืชผักสวนครัว เช่น คื่นช่าย ผักบุ้ง โดยใช้ปุ๋ยคอก อัตรา 120 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยใส่เดือน 12 กก./ไร่ และพื้นที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ย 16-20-0 และ 27-12-6 อัตรา 25 กก./ไร่ กล้วยหอมทอง มะม่วง 46-0-0 ร่วมกับ 15-15-15, ฝั้ว สูตร 8-24-24 ร่วมกับ 15-15-15 มะกรูด ยางพารา 19-19-19 ร่วมกับปุ๋ยมูลค่างควา มันสำปะหลัง โดยใช้ปุ๋ยซีไค อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ฉีดทางใบ ทุกๆ 15 วัน และพื้นที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีแตกต่างกันไปตามชนิดพืช เช่น สูตร 17-17-17 สำหรับปลูกองุ่น สูตร 25-7-7 สำหรับพืชผักต่างๆ เช่น กระชาย ผักกวางตุ้ง เป็นต้น สูตร 16-16-16 หรือ 15-15-15 ร่วมกับ 46-0-0 สำหรับข้าว หอมแดง พืชผักต่างๆ เช่น ผักโขม แม่งลัก เป็นต้น สูตร 15-15-15 หรือ 16-16-16 ร่วมกับ 8-8-24 หรือ 14-14-21 จำนวนเฉลี่ย 1-2 ครั้งต่อปี

และจากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในจังหวัดจันทบุรี จำนวน 13 ราย คิดเป็นร้อยละ 6.4 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ เป็นพื้นที่เพาะปลูกไม้ผล เช่น กล้วยไข่ หุเรียน ลำไย พริกไทย เป็นต้น ครอบคลุมพื้นที่โดยประมาณ 153 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 ร่วมกับ 16-16-16 หรือ 15-15-15 จำนวนเฉลี่ย 1-3 ครั้งต่อปี

จากข้อมูลการสำรวจในเบื้องต้น พบว่า

1. เกษตรกรใช้ปุ๋ยเพียงสูตร หรือ 2 สูตรร่วมกัน และมีอัตราการใส่เท่ากันตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช และใช้การสังเกตความต้องการปุ๋ยของพืชจากอาการที่แสดงออกของพืช เช่น เมื่อพืชมีอาการใบเหลือง เกษตรกรจะเพิ่มอัตราการ หรือปริมาณการใส่ปุ๋ย ซึ่งแตกต่างจากคำแนะนำการใส่ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตรซึ่งแนะนำสูตรปุ๋ย และอัตราการใส่ที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตพืช

2. ในบางพื้นที่ เช่น จังหวัดจันทบุรี นครปฐม เกษตรกรจะได้รับแจกปูนมาร์ลเพื่อใช้ในการปรับปรุง ปฏิกิริยา ดินให้มีความเป็นกลางมากขึ้น ซึ่งเกษตรกรจะใช้โดยไม่ได้นิ่งถึงอัตราที่เหมาะสมกับพื้นที่ของตนเอง และพบว่าในบางพื้นที่ เมื่อใช้ไปได้ระยะหนึ่ง ทำให้ดินแข็งเป็นดาน ผลผลิตเสียหาย

ตารางที่ 3 จำนวนเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมนำร่องสุขภาพดินและน้ำ แยกตามภาคต่างๆ

ปี	จำนวนเกษตรกร (ราย)			รวม (ราย)
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	กลาง	ตะวันออก	
2558	12	26	12	50
2559	36	53	1	90
2560 ¹	13	49	-	62
รวม	61	128	13	202

หมายเหตุ: ¹ข้อมูลถึงเดือนมิถุนายน 2560

ด้านประสิทธิภาพการส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ดินของเกษตรกร จากแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ร้อยละ 81.8 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรม ไม่เคยส่งตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ก่อนการปลูกพืช และร้อยละ 89.6 ไม่เคยส่งตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรไม่สะดวกในการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ และไม่เห็นความสำคัญ ของการวิเคราะห์ดิน ส่วนเกษตรกรที่เคยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ดิน พบว่า ร้อยละ 14.7 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ ใช้บริการห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมการเกษตร และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปัญหาที่พบจากการใช้บริการวิเคราะห์ดินคือ หลังจากส่งตัวอย่างวิเคราะห์แล้ว ไม่ได้รับรายงานผลการวิเคราะห์ และร้อยละ 3.5 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ เคยวิเคราะห์ดินโดยใช้ชุดทดสอบอย่างง่าย (Test kit) ในการตรวจสอบดินด้วยตนเอง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ข้อมูลการส่งตัวอย่างดินและน้ำของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมนำร่องสุขภาพดินและน้ำ แยกตามรายจังหวัด

จังหวัด	ดิน				น้ำ			
	จำนวน (ราย)	ไม่เคย	เคยวิเคราะห์		จำนวน (ราย)	ไม่เคย	เคยวิเคราะห์	
			ห้องปฏิบัติการ	ชุดตรวจ (Test kit)			ห้องปฏิบัติการ	ชุดตรวจ (Test kit)
นครราชสีมา	15	13	2	-	15	13	2	-
สุรินทร์	19	16	3	-	19	19	-	-
ร้อยเอ็ด-บุรีรัมย์	27	23	4	-	27	27	-	-
พิจิตร	11	10	1	-	11	11	-	-
เพชรบูรณ์	35	30	5	-	35	35	-	-
นครปฐม-ราชบุรี	21	20	-	1	21	21	-	-
นครนายก	10	7	3	-	10	10	-	-
สมุทรปราการ	19	9	5	5	19	19	-	-
นนทบุรี-นครปฐม ¹	-	-	-	-	32	13	16	-
จันทบุรี	13	11	2	-	13	13	-	-
รวม	170	139	25	6	202	181	18	-

หมายเหตุ: ¹ เกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมสุขภาพดินและน้ำเป็นเกษตรกรเพาะเลี้ยงกล้วยไม้

2. ปริมาณธาตุอาหารในดิน

ระดับปริมาณธาตุอาหารในดินของของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งตามรายจังหวัด ได้ดังนี้ จังหวัดนครราชสีมา ดินมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำเฉลี่ย 1.19 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเฉลี่ย 75.2 มล./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินปานกลาง 248.3 มล./กก. เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย จังหวัดสุรินทร์ ดินมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 4.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมากเฉลี่ย 0.63 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเฉลี่ย 13.5 มล./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำมากเฉลี่ย 43.0 มล./กก. เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย จังหวัดร้อยเอ็ด ดินมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมากเฉลี่ย 0.57% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเฉลี่ย 28.5 มล./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำมากเฉลี่ย 56.3 มล./กก. เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย

ภาคกลางในพื้นที่จังหวัดพิจิตร ดินมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.8 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำเฉลี่ย 1.63 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเฉลี่ย 27.7 มล./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำเฉลี่ย 109.8 มล./กก. เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย จังหวัดเพชรบูรณ์ ดินมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 6.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปานกลางเฉลี่ย 2.13 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเฉลี่ย 22.2 มล./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำเฉลี่ย 113.9 มล./กก. เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียว จังหวัดนครปฐมและราชบุรี ดินมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 6.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปานกลางเฉลี่ย 2.01 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมากเฉลี่ย 500.2 มล./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงมากเฉลี่ย 434.5 มล./กก. เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว จังหวัดนครนายก ดินมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปานกลางเฉลี่ย 2.02 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเฉลี่ย 68.4 มล./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินปานกลางเฉลี่ย 167.6 มล./กก. เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียว

ภาคตะวันออกในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ดินมีความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย 5.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปานกลางเฉลี่ย 2.50 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงเฉลี่ย 91.7 มล./กก. และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเฉลี่ย 58.9 มล./กก. เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย

3. ความพึงพอใจของเกษตรกรในการเข้าร่วมกิจกรรมฯ

สำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรในการเข้าร่วมกิจกรรมฯ หลังจากที่ได้เกษตรกรได้รับรายงานผลวิเคราะห์ดิน พร้อมคำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และรายงานผลวิเคราะห์น้ำ พร้อมคำแนะนำการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากการเข้าร่วมกิจกรรมในปีที่ 1 พบว่า ร้อยละ 6.9 ของเกษตรกรที่ตอบแบบสอบถามไม่ได้รับรายงานผลวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 5) ทั้งนี้ เนื่องจากพื้นที่อยู่ไกล และเกษตรกรจะไม่ค่อยอยู่ตรงกับช่วงเวลาที่ไปรษณีย์ส่ง เกษตรกรบางส่วนให้ที่อยู่ให้ส่งไปบ้านอื่น เช่น บ้านผู้ใหญ่ หรือเกษตรกรที่เป็นญาติกัน ทำให้ไม่ได้รับรายงานผลการวิเคราะห์

ระยะเวลาที่เกษตรกรได้รับรายงานผลวิเคราะห์ดินอยู่ในช่วงตั้งแต่ 30 45 60 และมากกว่า 60 วันหลังจากเก็บตัวอย่างดิน โดยส่วนใหญ่ได้รับรายงานผลวิเคราะห์อยู่ในช่วง 60 วัน คิดเป็นร้อยละ 43.1 รองลงมาคือ 45 วัน คิดเป็นร้อยละ 27.8 ของเกษตรกรที่ได้รับรายงานผลวิเคราะห์ (ตารางที่ 5) นอกจากนี้ เกษตรกรสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำ คิดเป็นร้อยละ 17.9 ปฏิบัติตามคำแนะนำได้บ้าง คิดเป็นร้อยละ 50.7 โดยเกษตรกรสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำได้ในเรื่องของการปรับปรุงค่าความกรดดินด้วยการใส่ปูน หรือคำแนะนำการใส่ปุ๋ยคอกเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน และไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำได้ คิดเป็นร้อยละ 31.3 โดยปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือ เกษตรกรไม่เข้าใจรายงานผลการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นภาษาอังกฤษ เกษตรกรหาซื้อปุ๋ยตามคำแนะนำไม่ได้ , รายละเอียดคำแนะนำไม่ตรงกับการปฏิบัติหรือการปลูกพืชได้จริง เกษตรกรบางส่วนคิดว่าวิธีที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบันให้ผลผลิตดีแล้ว เกษตรกรได้รับรายงานผลการวิเคราะห์ช้า จึงไม่สามารถรอคำแนะนำการใส่ปุ๋ยได้ นอกจากนี้ เกษตรกรบางส่วนเข้าร่วมโครงการเกษตรแปลงใหญ่ หรือมีการเปลี่ยนระบบเป็นการปลูกพืชอินทรีย์

ตารางที่ 5 ผลการสำรวจระยะเวลาที่เกษตรกรได้รับผลวิเคราะห์ดิน และการปฏิบัติตามคำแนะนำการใส่ปุ๋ย

จังหวัด	เกษตรกรทั้งหมด	เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการในปีที่ 1	เกษตรกรที่ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (ราย)					การปฏิบัติตามคำแนะนำ		
				ระยะเวลาที่ได้รับผลวิเคราะห์ดิน					ปฏิบัติได้	ปฏิบัติได้บ้าง	ปฏิบัติไม่ได้
				ระยะเวลาที่ (วัน)							
				ไม่ได้รับ	30	45	60	>60			
นครราชสีมา	15	12	7	-	-	3	4	-	2	5	-
สุรินทร์	19	14	11	-	-	6	2	3	1	3	7
ร้อยเอ็ด-บุรีรัมย์	27	19	16	2	-	2	8	4	2	7	5
พิจิตร	11	6	6	-	-	3	3	-	3	2	1
เพชรบูรณ์	35	17	12	3	-	-	9	-	1	6	2
นครปฐม-ราชบุรี	21	11	5	-	-	3	-	2	1	4	-
นครนายก	10	9	6	-	-	2	4	-	-	6	-
จันทบุรี	13	12	9	-	1	1	1	6	2	1	6
รวม	151	100	72	5	1	20	31	15	12	34	21

ระยะเวลาที่เกษตรกรได้รับรายงานผลวิเคราะห์ดินอยู่ในช่วงตั้งแต่ 30 45 60 และมากกว่า 60 วันหลังจากเก็บตัวอย่างน้ำ โดยส่วนใหญ่ได้รับรายงานผลวิเคราะห์อยู่ในช่วง 45 วัน คิดเป็นร้อยละ 55.2 รองลงมาคือ 60 วัน คิดเป็นร้อยละ 19.0 ของเกษตรกรที่ได้รับรายงานผลวิเคราะห์น้ำ (ตารางที่ 6) นอกจากนี้ เกษตรกรสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำ คิด

เป็นร้อยละ 17.9 ปฏิบัติตามคำแนะนำได้บ้าง คิดเป็นร้อยละ 30.4 และไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำได้ คิดเป็นร้อยละ 51.8 ทั้งนี้ ตัวอย่างน้ำส่วนหนึ่งมีคุณภาพดี และไม่จำเป็นต้องทำการปรับปรุงคุณภาพ โดยปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือ เกษตรกรไม่เข้าใจรายงานผลการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นภาษาอังกฤษ เกษตรกรบางส่วนคิดว่ารายละเอียดคำแนะนำที่ไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้จริง เกษตรกรใช้น้ำจากคลองธรรมชาติ โดยไม่มีบ่อกักเก็บน้ำ หรือที่พักน้ำทำให้ไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำตามคำแนะนำได้

ตารางที่ 6 ผลการสำรวจระยะเวลาที่เกษตรกรได้รับผลวิเคราะห์น้ำ และการปฏิบัติตามคำแนะนำการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จังหวัด	จำนวน (ราย)										
	เกษตรกรทั้งหมด	เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ในปีที่ 1	เกษตรกรที่ตอบแบบ สอบถาม	ระยะเวลาที่ได้รับผลวิเคราะห์น้ำ					การปฏิบัติตามคำแนะนำ		
				(วัน)					ปฏิบัติ ได้	ปฏิบัติ ได้บ้าง	ปฏิบัติ ไม่ได้
				ไม่ได้ รับผล	30	45	60	>60			
นครราชสีมา	15	12	7	-	-	3	4	-	-	2	5
สุรินทร์	14	11	8	-	1	4	2	1	-	-	8
ร้อยเอ็ด-บุรีรัมย์	27	6	3	-	1	2	-	-	-	-	3
พิจิตร	11	5	5	-	-	-	5	-	2	1	-
เพชรบูรณ์	35	15	11	3	-	8	-	-	-	4	4
นครปฐม-ราชบุรี	21	11	5	-	-	5	-	-	-	5	-
นนทบุรี-นครปฐม	29	29	9	1	5	3	-	-	3	5	-
นครนายก	10	9	6	1	-	5	-	-	5	-	-
จันทบุรี	13	12	9	-	1	2	-	6	-	-	9
รวม	170	110	63	5	8	32	11	7	10	17	29

ผลการสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อกิจกรรมนาร่องสุขภาพดิน-น้ำ พบว่า ด้านการให้ข้อมูลความรู้ เช่น การให้ความรู้เรื่องการเก็บตัวอย่างดินและน้ำที่ถูกต้อง การอ่านรายงานผลวิเคราะห์และคำแนะนำ รวมไปถึงรูปแบบรายงานหรือเอกสารที่ได้รับมีการสื่อสารที่เข้าใจง่ายและตรงกับความต้องการ เกษตรกรมีความพึงพอใจมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 59.5 - 69.6 ด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ เช่น ความสามารถในการตอบคำถาม หรือให้คำแนะนำ มีการใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายในการให้คำอธิบาย เจ้าหน้าที่มีความซื่อสัตย์สุจริตในการปฏิบัติหน้าที่ พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 72.2 - 82.3 ด้านการให้บริการของกิจกรรมฯ เช่น การติดต่อประสานงาน หรือมีการนัดหมายล่วงหน้าโดยมีระยะเวลาที่ชัดเจน มีช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเข้าปฏิบัติงาน ระยะที่ได้รับรายงานผลวิเคราะห์และคำแนะนำ รวมไปถึงความถี่ในการเข้าปฏิบัติงาน อยู่ที่ร้อยละ 53.2 - 72.2 ความพึงพอใจของเกษตรกรในด้านของการนำข้อมูลรายงานผลวิเคราะห์และคำแนะนำไปใช้ประโยชน์มีความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70.9 และความพึงพอใจในภาพรวมของกิจกรรมฯ และการปฏิบัติงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ มีความพอใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 75.9 (ตารางที่ 7)

สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินกิจกรรมนาร่องดูแลสุขภาพดินและน้ำ ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดนครราชสีมา สุรินทร์ ร้อยเอ็ด และบุรีรัมย์) ภาคกลาง (จังหวัดพิจิตร พิษณุโลก นครปฐม ราชบุรี นครนายก เพชรบูรณ์ นนทบุรี นครปฐม และสมุทรปราการ) และภาคตะวันออก (จังหวัดจันทบุรี) พบว่า มากกว่าร้อยละ 85 ของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมฯ ยังไม่เคยใช้บริการ หรือส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างดิน หรือตัวอย่างน้ำ ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.57 - 1.19 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในช่วง

13.5 – 75.2 มล./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 43.0 – 248.3 มล./กก. ภาคกลาง ปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.63 – 2.13 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 22.2 – 500.2 มล./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 109.8 – 434.5 มล./กก. ภาคตะวันออก ปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 2.50 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 91.7 มล./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ย 58.9 มล./กก.

ตารางที่ 7 ผลสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกรที่เข้าร่วมกิจกรรมดูแลสุขภาพดินและน้ำ

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	พอใจมากที่สุด	พอใจมาก	ปานกลาง	พอใจน้อย	ไม่พอใจ
1. การให้ข้อมูลความรู้					
1.1 ด้านวิธีการเก็บตัวอย่าง	55 (69.6%)	23 (29.1%)	1 (1.3%)	-	-
1.2 ด้านการอ่านผลวิเคราะห์และคำแนะนำ	48 (60.8%)	22 (27.8%)	7 (8.9%)	2 (2.5%)	-
1.3 เอกสาร/แบบฟอร์ม สื่อความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย และตรงกับความต้องการ	47 (59.5%)	26 (32.9%)	5 (6.3%)	1 (1.3%)	-
2. การให้บริการของเจ้าหน้าที่					
2.1 เจ้าหน้าที่มีความรู้ สามารถตอบคำถาม/ให้คำแนะนำได้อย่างชัดเจน	57 (72.2%)	22 (27.8%)	-	-	-
2.2 เจ้าหน้าที่มีความซื่อสัตย์สุจริตในการปฏิบัติหน้าที่	65 (82.3%)	12 (15.2%)	2 (2.5%)	-	-
2.3 เจ้าหน้าที่ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	65 (82.3%)	14 (17.7%)	-	-	-
2.4 เจ้าหน้าที่ติดตามงานและเอาใจใส่อย่างสม่ำเสมอ	62 (78.5%)	15 (19.0%)	2 (2.5%)	-	-
3. การให้บริการของกิจกรรมฯ					
3.1 การติดต่อประสานงานนัดหมายล่วงหน้า มีระยะเวลาที่ชัดเจน	57 (72.2%)	19 (24.1%)	3 (3.8%)	-	-
3.2 วัน/เวลาในการเข้าปฏิบัติงานมีความเหมาะสม	57 (72.2%)	17 (21.5%)	5 (6.3%)	-	-
3.3 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ได้รับรายงานผลวิเคราะห์และคำแนะนำ	42 (53.2%)	30 (38.0%)	6 (7.6%)	2 (2.5%)	-
3.4 ความถี่ในการเข้าปฏิบัติงานมีความเหมาะสม ไม่มากหรือน้อยเกินไป	53 (67.1%)	22 (27.8%)	4 (5.1%)	1 (1.3%)	-
4. เกษตรกรสามารถนำข้อมูลผลวิเคราะห์/คำแนะนำไปใช้ประโยชน์ได้	56 (70.9%)	21 (26.6%)	2 (2.5%)	1 (1.3%)	-
5. ความพึงพอใจในภาพรวมของกิจกรรมดูแลสุขภาพดินและน้ำเพื่อเกษตรกรและการปฏิบัติงานร่วมกับเจ้าหน้าที่	60 (75.9%)	17 (21.5%)	2 (2.5%)	-	-

จากผลการสำรวจข้อมูลในเบื้องต้น มีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงกิจกรรมนาร่องสุขภาพดินและน้ำให้มีประสิทธิภาพ ดังนี้

1. นำข้อมูล ปัญหาและอุปสรรคที่พบมาปรับปรุงรูปแบบรายงานผลวิเคราะห์ดินและคำแนะนำการใส่ปุ๋ยให้เข้าใจง่ายเข้ากับวิถีปฏิบัติของเกษตรกรและให้เป็นไปตามหลักวิชาการ และแนะนำสูตรปุ๋ยให้เข้ากับพื้นที่เพื่อให้เกษตรกรสามารถปฏิบัติตามคำแนะนำได้
2. ตรวจสอบติดตามการนำคำแนะนำการปรับปรุงคุณภาพดินและน้ำ และการนำคำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามวิเคราะห์ดินไปใช้ประโยชน์ และผลกระทบ (impacts) ที่ได้จากการปฏิบัติตามคำแนะนำฯ ในด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น การลดต้นทุน การผลิตโดยลดปริมาณ และอัตราการใช้ปุ๋ย ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สมบัติทางกายภาพ เช่น ความอุ้มน้ำของดิน อัตราการแลกเปลี่ยนประจุได้ของดินดีขึ้น
3. ขยายพื้นที่กิจกรรมนาร่องสุขภาพดินและน้ำให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงบริการวิเคราะห์ดินและน้ำได้อย่างทั่วถึง

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ดิน และคุณภาพน้ำภายในพื้นที่ของตนเอง ทำให้เกษตรกรสามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ดิน และวางแผนการใช้ปัจจัยการผลิตให้เหมาะสมกับพืช หรือพื้นที่
2. นักวิชาการนำข้อมูลที่ได้ไปประเมิน และวางแผนงานวิจัยเพื่อให้ตอบรับกับความต้องการของเกษตรกร และเกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงในพื้นที่ของตนเอง

เอกสารอ้างอิง

- กมล เลิศรัตน์. 2555. เทคโนโลยีการผลิตพืชแห่งศตวรรษที่ ๒๑. *แก่นเกษตร* 40 (4): 1-8.
- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คู่มือวิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์: A handbook of soil analysis (Chemical and physical methods). คี๊วกปรินท์ ออฟเซ็ท, กรุงเทพฯ. 79 หน้า.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. นโยบายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี 2559 ปีแห่งการ “ลดต้นทุน” การผลิตทางการเกษตร. แผ่นพับ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 76 หน้า
- พิพัฒน์ ไทยกล้า, สถาพร ใจอารีย์, อโนชา เทพสุภรณ์กุล และบังอร ทองท่วม. 2553. ความเสื่อมโทรมของที่ดิน และการจัดการแก้ไข กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- วรางคณา สระบัว และอารี ไชยภินันท์. 2548. คู่มือการเก็บตัวอย่างดินและน้ำเพื่อวิเคราะห์. คี๊วกปรินท์ ออฟเซ็ท, กรุงเทพฯ. 30 หน้า.
- Amacher, M.C., O'Neil, K.P., Perry, C.H. 2007. Soil vital signs: A new soil Quality Index (SQI) for assessing forest soil health. Res. Pap. RMRS. Pap. RMRS-RP 65WWW. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 12p.
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF). 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd edition. Washington, US. 1360 pp. ISBN 978-087553-013-0.
- Ayers, R.S. and Yestcot, D.W. 1994. Water quality for agriculture. [online]. Available at <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234e/T0234e00.htm> (Verified 2 Oct. 2015).

การบริการตรวจวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตร ปีงบประมาณ 2560
(ตุลาคม 2559 – พฤษภาคม 2560)

Analysis Service of Pesticide Formulations in Fiscal Year 2017
(October 2016 – May 2017)

อนุชา ผลไสว จิราพรรณ ทองหยอด พินิตนันต์ สรวัยเอี่ยม ภัทรฤทัย คมนันธุ์ ดวงรัตน์ วิลาสินี
พนิดา มงคลวุฒิกุล พิเชษฐ์ ทองละเอียด อสิริยะ สืบพันธุ์ดี ทศนี อัญญพรพงษ์
ฉลอมรัตน์ หมั่นขวา และ สุภิญญา คำคง

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

งานบริการตรวจวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตรของกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุมีพิษการเกษตร ในระหว่างปีงบประมาณ 2560 ช่วงเดือนตุลาคม 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 ระยะเวลา 8 เดือน พบว่ามีการส่งตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ เพื่อวัตถุประสงค์ที่ต่างกันในการใช้ประโยชน์จากผลการวิเคราะห์ ตามภารกิจและหน้าที่รับผิดชอบของส่วนงานนั้นๆ การตรวจสอบคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตรนั้นแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ 1. การวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ ประกอบด้วยการตรวจด้านคุณภาพวิเคราะห์ และด้านปริมาณวิเคราะห์เพื่อเป็นการระบุทั้งชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีปริมาณตรงตามที่ระบุในฉลากของผลิตภัณฑ์ และ 2. การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในกรณีที่ตัวอย่างนั้นขอขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร ซึ่งต้องตรวจตามลักษณะสูตรผสมแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ ตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO and WHO specification for pesticide) ที่ระบุสำหรับการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร ตัวอย่างที่ส่งมาขอรับการบริการตรวจวิเคราะห์ดังนี้ ตัวอย่างจากด่านตรวจพืชจำนวน 601 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ส่งมาตรวจเพื่อใช้ในการพิจารณาอนุญาตขึ้นทะเบียนมีจำนวน 235 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างในการขออนุญาตขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายจะมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพอีกหลายรายการตามลักษณะสูตรผสมของผลิตภัณฑ์ และต่อมาอยู่ในอนุญาตทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรมีจำนวน 32 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ถึง 8 มีจำนวน 203 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรมีจำนวน 163 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากส่วนราชการอื่นๆ มีจำนวน 50 ตัวอย่าง และตัวอย่างจากส่วนอื่น (ส่วนสนับสนุน) มีจำนวน 30 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างทั้งหมด 1,314 ตัวอย่าง

คำสำคัญ : บริการตรวจวิเคราะห์ วัตถุอันตรายทางการเกษตร

คำนำ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรในประเทศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลที่ชัดเจน ส่งผลให้ภาคการเกษตรของประเทศใช้วัตถุมีพิษไม่มากเกินความจำเป็นซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการตกค้างของวัตถุมีพิษการเกษตรในผลผลิตทางการเกษตรที่ใช้บริโภคภายในประเทศ รวมทั้งส่งออกต่างประเทศตามมา

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ของวัตถุอันตรายทางการเกษตรเป็นการควบคุมคุณภาพโดยตรงของวัตถุอันตรายทางการเกษตร ซึ่งหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบตามพระราชบัญญัติคือ กรมวิชาการเกษตร โดยมีกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุมีพิษการเกษตร สังกัดกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร มีหน้าที่โดยตรงในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ของวัตถุอันตรายทางการเกษตร

วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ส่งเข้ามาตรวจวิเคราะห์ส่วนใหญ่เพื่อปฏิบัติตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายซึ่งเป็นหน่วยงานในสังกัดกรมวิชาการเกษตร วัตถุประสงค์ในการขอรับบริการตรวจวิเคราะห์ดังนี้ ด้านตรวจพืชส่งตรวจเพื่อใช้ในการอนุญาตนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรเข้ามาในประเทศ ผู้ประกอบการที่ขอขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรกับสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรส่งตรวจเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการขอขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร รวมทั้งการขอต่ออายุทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรในปัจจุบัน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ถึง 8 ส่งตรวจเพื่อการเฝ้าระวังและควบคุมคุณภาพของวัตถุอันตรายทางการเกษตรในเขตพื้นที่รับผิดชอบสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรโดยเจ้าหน้าที่สารวัตรเกษตรซึ่งถูกแต่งตั้งโดยกรมวิชาการเกษตรส่งตรวจเพื่อการเฝ้าระวังและควบคุมคุณภาพของวัตถุอันตรายทางการเกษตร ส่วนราชการอื่น ส่งตรวจเพื่อภารกิจเฉพาะในการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรในหน่วยงาน และส่วนอื่น (ส่วนสนับสนุน) ส่งตรวจเพื่อกิจการของบริษัทห้างร้านนั้นๆ โดยที่ปัจจุบันกลุ่มงานพัฒนาระบบฯ มีภารกิจในการตรวจวิเคราะห์ในปริมาณมาก ทั้งยังมีหน้าที่สำคัญต่อการสนับสนุนการกำกับดูแลวัตถุอันตรายตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบซึ่งมีผลโดยตรงในทางกฎหมายจึงได้รับการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างที่ส่งจากภาคเอกชนโดยตรง

จากผลการปฏิบัติงานที่ผ่านมา ได้รวบรวมปริมาณงานของการตรวจวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตรของกลุ่มงานพัฒนาระบบฯ ในช่วงเวลาระหว่าง เดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนเมษายน 2555 เป็นระยะเวลา 1 ปีครึ่ง พบว่ามีการให้บริการตรวจวิเคราะห์วัตถุอันตรายจำนวน 8,058 ตัวอย่าง และมีรายการตรวจวิเคราะห์จำนวน 24,379 รายการ (มันสนันท์และคณะ, 2555) ในช่วงเวลาดังกล่าวถือว่ามีความตัวอย่างในปริมาณมาก จำนวนชื่อวัตถุอันตรายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมตามบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พ.ศ. 2556 ที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบในการควบคุมวัตถุอันตรายระบุจำนวน 698 รายการ ปัจจุบันกลุ่มงานพัฒนาระบบฯ มีจำนวนชื่อวัตถุอันตรายจากรายการตรวจวิเคราะห์ตามชนิดของสารออกฤทธิ์ที่ส่งเข้ามาตรวจวิเคราะห์จำนวน 370 รายการ ซึ่งถือว่ามีความหลากหลายและถือเป็นภารกิจที่มีความสำคัญตามภารกิจของกรมวิชาการเกษตร

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์/สารเคมี

1. สารมาตรฐาน
2. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตร (ตุลาคม 2559 – พฤษภาคม 2560)
3. สารเคมีต่างๆ เช่น methanol, acetonitrile, acetone, deionized water, ethanol, 1-octane sulfonic acid sodium salt, acetic acid, formaldehyde, sodium hydrogen carbonate เป็นต้น
4. เครื่อง Gas Liquid Chromatograph (GLC)
5. คอลัมน์ ชนิด Capillary ภายในเคลือบด้วย 5% phenyl methyl siloxane (HP-5) หนา 0.25 ไมโครเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตรหรือเทียบเท่า

6. เครื่อง High Liquid Performance Chromatograph (HPLC)
7. คอลัมน์ที่ทำจาก stainless steel ชนิด C18, C8, ion exchange
8. เครื่องชั่งละเอียด 4-5 ตำแหน่ง (± 0.1 มิลลิกรัม) ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว
9. Ultrasonic bath
10. เครื่องสกัดชุดกลั่น reflux condenser
11. เครื่อง rotary evaporator
12. ขวดปริมาตร type A ขนาด 10, 25, 50, 250, และ 1,000 มิลลิลิตร ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว
13. ปิเปต type A ขนาด 5, 25 และ 50 มิลลิลิตร ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว
14. vial ขนาด 2 มิลลิลิตร
15. ชุดกรองสารละลายตัวอย่างด้วย membrane filter
16. ปีกเกอร์ ขนาด 25, 50, 100 มิลลิลิตร
17. ขวดก้นกลม (conical flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
18. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

วิธีการ

ขั้นตอนในการดำเนินการให้บริการตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตร มีขั้นตอนดังนี้

1. เจ้าหน้าที่รับตัวอย่างของกลุ่มวิจัยวัตถุพิษทางการเกษตร รับตัวอย่างจากผู้มาขอรับบริการตรวจวิเคราะห์ตามขั้นตอนและลงทะเบียนตัวอย่างพร้อมทั้งนำส่งยังกลุ่มงานพัฒนาระบบฯ

2. เจ้าหน้าที่กลุ่มงานพัฒนาระบบฯ จัดตัวอย่างเข้าระบบของกลุ่มงาน และนำส่งตัวอย่างให้เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ตามความรับผิดชอบ

3. เจ้าหน้าที่ทำการตรวจสอบคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตร โดยการตรวจสอบคุณภาพแบ่งออกเป็นข้อหลักๆ คือการตรวจวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ และการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

การตรวจวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ ประกอบด้วย การทดสอบทางด้านคุณภาพวิเคราะห์ซึ่งเป็นการตรวจคุณลักษณะเฉพาะของสารออกฤทธิ์ในตัวอย่างว่าเป็นสารชนิดเดียวกับที่ระบุในฉลากตัวอย่างที่ส่งวิเคราะห์ และการทดสอบทางด้านปริมาณวิเคราะห์เป็นการตรวจหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในตัวอย่างว่ามีปริมาณตรงตามที่ระบุในฉลากตัวอย่าง

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เป็นการตรวจสอบเพื่อใช้ในกรณีที่ตัวอย่างนั้นขอขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร ซึ่งต้องตรวจตามลักษณะสูตรผสมแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ ตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO and WHO specification for pesticide) ซึ่งระบุไว้ในการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร

เจ้าหน้าที่ผู้ตรวจสอบคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตร ทำการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์และตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพตามข้อกำหนดหรือตามการร้องขอ ซึ่งมีรายการดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายการทดสอบและวิธีวิเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุอันตราย

ลำดับที่	รายการทดสอบ	วิธีวิเคราะห์
1	สารออกฤทธิ์ (Active ingredient)	CIPAC, HPLC, GC, อื่นๆ
2	ปริมาณน้ำเจือปน (Water content)	MT 30.5 CIPAC J
3	ความเป็นกรด (Acidity as H ₂ SO ₄)	MT 191 CIPAC L
4	ความเป็นด่าง (Alkalinity as NaOH)	MT 191 CIPAC L
5	ค่า กรด-ด่าง (pH range)	MT 75.3 CIPAC J
6	ความคงทนของฟอง (Persistent foam)	MT 47.2 CIPAC F
7	การเปียกน้ำ (Wettability)	MT 53.3 CIPAC F
8	ความหนาแน่น (Density)	MT 3 CIPAC F
9	ความสามารถในการไหลเท (Pourability)	MT 148.1 CIPAC J
10	ขนาดอนุภาค (Particle size)	MT 58 CIPAC F
11	การคงสภาพ ที่ 54 องศาเซลเซียส 14 วัน (Stability at elevated temperature)	MT 46.3 CIPAC J
12	การละลายและการคงสภาพของสารละลาย (Degree of dissolution and solution stability)	MT 179 CIPAC H
13	การกระจายตะกอนแขวนลอย (Suspensibility)	MT 41 CIPAC F
14	การคงสภาพการละลาย (Solution stability)	MT 184 CIPAC K
15	ตะแกรกร่อนแห้ง (Wet sieve test)	MT 59.1 CIPAC F
16	การคงสภาพการกระจายตัวของสารในน้ำ (Dispersion stability)	MT 180 CIPAC H
17	ตะแกรกร่อนเปียก (Wet sieve test)	
	สูตร Dust	MT 59.1 CIPAC F
	สูตร GR	MT 59.2 CIPAC F
	สูตร WG	MT 170 CIPAC F
18	การคงสภาพและการคืนตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability and re-emulsification)	MT 36.3 CIPAC F
19	การกระจายของสารในน้ำ (Spontaneity of dispersion)	
	สูตร SC	MT 160 CIPAC F
	สูตร WG	MT 174 CIPAC F

ที่มา : Dobrat, W. and A. Martijn, (1993, 1995, 1998, 2003 and 2006)

FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Specifications (JMPS), (2010)

จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพตามรายการของผู้ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ดังนี้

3.1 วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ส่งตรวจวิเคราะห์เพื่อประกอบการขอขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร จะทำการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาปริมาณของสารออกฤทธิ์ตามวิธีวิเคราะห์ตามแต่ชนิดของสารนั้นๆ เช่น วิธีตามวิธีมาตรฐานของ CIPAC หรือวิธีการวิเคราะห์อื่นๆ และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุอันตรายนั้นๆ ตามลักษณะสูตรผสมของผลิตภัณฑ์ที่ขอขึ้นทะเบียน การดำเนินการจะปฏิบัติตามขั้นตอนการวิเคราะห์ซึ่งต้องใช้เวลาในการตรวจสอบเสถียรภาพการคงสภาพของวัตถุอันตรายโดยอบที่อุณหภูมิ 54±2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วันก่อน จึงจะเริ่มดำเนินการตรวจวิเคราะห์ตามขั้นตอนต่อไป

3.2 วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ส่งตรวจวิเคราะห์เพื่อการขออนุญาตนำเข้า (ด่าน) และตรวจติดตามคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตรจากแหล่งจำหน่าย (สวพ., สคว. และส่วนงานราชการ) ซึ่งให้ดำเนินการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อระบุชนิดและหาปริมาณของสารออกฤทธิ์เท่านั้น จะสามารถดำเนินการทำการวิเคราะห์ได้ทันทีหรือขึ้นอยู่กับกรร้องขอการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากผู้ส่งตัวอย่างวิเคราะห์เป็นกรณีๆ ไป

3.3 วัตถุประสงค์รายทางการเกษตรที่ส่งตรวจวิเคราะห์จากส่วนสนับสนุน (อื่นๆ) ซึ่งให้ดำเนินการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อระบุชนิดและหาปริมาณของสารออกฤทธิ์เท่านั้น จะสามารถดำเนินการทำการวิเคราะห์ได้ทันที หรือขึ้นอยู่กับกรร้องขอการวิเคราะห์เพิ่มเติมจากผู้ส่งตัวอย่างวิเคราะห์เป็นกรณีๆ ไป

4. รายงานผลการตรวจวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตร และส่งผลวิเคราะห์ให้แก่ผู้ขอรับบริการ

ระยะเวลา เดือน ตุลาคม 2559 ถึงเดือน พฤษภาคม 2560

สถานที่ทำการทดลอง กลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุที่มีพิษทางการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุที่มีพิษทางการเกษตร
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการดำเนินการและวิจารณ์

ตารางที่ 2 ปริมาณการตรวจคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปีงบประมาณ 2560
(ตุลาคม 2559 – พฤษภาคม 2560)

แหล่งที่มา ของตัวอย่าง	ปริมาณตัวอย่าง/เดือน								รวม/ แหล่งที่มา
	ตุลาคม 2559	พฤศจิกายน 2559	ธันวาคม 2559	มกราคม 2560	กุมภาพันธ์ 2560	มีนาคม 2560	เมษายน 2560	พฤษภาคม 2560	
ด้านตรวจพืชฯ	56	60	68	74	70	102	65	106	601
ขอขึ้นทะเบียนฯ	20	32	25	26	44	27	26	35	235
ต่ออายุทะเบียนฯ	1	4	1	2	-	5	17	2	32
สวพ.1-8	-	-	20	13	55	46	23	46	203
สคว.	2	18	23	6	12	43	18	41	163
ส่วนราชการ	-	4	12	9	13	8	-	4	50
อื่นๆ (ส่วนสนับสนุน)	6	10	3	3	-	5	2	1	30
รวม/เดือน	85	128	152	133	194	236	151	235	1,314

ที่มา : รายงานแผน/ผลการปฏิบัติงาน ประจำปี 2560 กลุ่มวิจัยวัตถุที่มีพิษทางการเกษตร

สรุปผลการดำเนินการ

ผลการปฏิบัติงานการให้บริการตรวจวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตรของกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุที่มีพิษทางการเกษตร ในปีงบประมาณ 2560 ในช่วงเวลา 8 เดือน พบว่ามีการส่งตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ เพื่อวัตถุประสงค์ที่ต่างกันในการใช้ประโยชน์จากผลการวิเคราะห์ตามหน้าที่รับผิดชอบของส่วนงานนั้นๆ ดังนี้ ตัวอย่างจากด้านตรวจพืชมีจำนวน 601 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ส่งมาตรวจเพื่อใช้ในการพิจารณาอนุญาตขึ้นทะเบียนมีจำนวน 235 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างในการขออนุญาตขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายจะมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ อิกหลายรายการตามลักษณะสูตรผสมของผลิตภัณฑ์ และต่ออายุใบอนุญาตทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรมีจำนวน 32 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ถึง 8 มีจำนวน 203 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรมีจำนวน 163 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากส่วนราชการอื่นๆ มีจำนวน 50 ตัวอย่าง และตัวอย่างจากส่วนอื่น (ส่วนสนับสนุน) มีจำนวน 30 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างทั้งหมด 1,314 ตัวอย่าง

จากผลการปฏิบัติงานของกลุ่มงานพัฒนาระบบฯ กลุ่มวิจัยวัตถุที่มีพิษทางการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ก็เพื่อให้วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่อยู่ในการควบคุมของกรมวิชาการเกษตรตามพระราชบัญญัติ

วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ได้คุณภาพตามมาตรฐานสากลทั้งการนำเข้า การขึ้นทะเบียนวัตถุอันตราย และการเฝ้าระวังควบคุมคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตรภายในประเทศ ทำให้เกษตรกรมีผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่มีคุณภาพใช้งาน ส่งผลต่อคุณภาพชีวิต และเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม

การนำไปใช้ประโยชน์

1. เพื่อใช้ประกอบการอนุญาตนำเข้า/ส่งออกวัตถุอันตรายทางการเกษตรของประเทศไทย
2. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่อยู่ในกำกับของกรมวิชาการเกษตร
3. เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังควบคุมคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตรภายในประเทศ โดยหน่วยงานในสังกัดกรมวิชาการเกษตร ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535, (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2544 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2551

เอกสารอ้างอิง

- มนัสนันท์ อรชุน ทศนี้ จงกลาง และอนุชา ผลไสว. 2555. การบริการตรวจวิเคราะห์รับรองคุณภาพวัตถุอันตรายทางการเกษตร. หน้า 51-60. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ 2555. 9-11 กรกฎาคม 2555 ณ โรงแรม พลาคิลฟ บีช รีสอร์ท แอนด์ สปา อ.บ้านฉาง จ.ระยอง.
- Dobrat, W. and A. Martijin. 1993. CIPAC Handbook-Vol. J. : Analysis of technical and Formulated Pesticides. England: Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, Black Baer Press Ltd.
- Dobrat, W. and A. Martijin. 1995. CIPAC Handbook-Vol. F. : Analysis of technical and Formulated Pesticides. England: Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, Black Baer Press Ltd.
- Dobrat, W. and A. Martijin. 1998. CIPAC Handbook-Vol. H. : Analysis of technical and Formulated Pesticides. England: Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, Black Baer Press Ltd.
- Dobrat, W. and A. Martijin. 2003. CIPAC Handbook-Vol. K. : Analysis of technical and Formulated Pesticides. England: Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, Black Baer Press Ltd.
- Dobrat, W. and A. Martijin. 2006. CIPAC Handbook-Vol. L. : Analysis of technical and Formulated Pesticides. England: Collaborative International Pesticides Analytical Council Limited, Black Baer Press Ltd.
- FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Specifications (JMPS). 2010. Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides. Switzerland : Publications Division, World Health Organization of the United Nations.
- Kidd, H. and D.R. James (Eds). 1993. The Agrochemicals Handbook. 3rd ed. England: Royal Society of Chemistry.

งานบริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืช Pesticide residues in Fruits and Vegetables

ระวีดา สุขประเสริฐ ลมัย ชูเกียรติวัฒนา จินตนา ภูมังกุลชัย พนิดา ไชยยันต์บุรณ์ ประชาธิปัตย์ พงษ์ภิญโญ
ศศิมา มั่งนิมิตร ลักษมี เดชานุรักษ์กุล วิทยา บัวศรี บุญทวีศักดิ์ บุญทวี สุพัตริ หนูสังข์ ชนิดา ทองแถม
วีระสิงห์ แสงวรรณ พรนภัส วิชานนธนานนท์ วาเลนไทน์ เจือสกุล พชร เมินหา วิชุดา ควรหัตร์
มัลลิกา ทองเขียว ศศิณิศา คงเข้มดี ประพันธ์ เคนท้าว

กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

งานบริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร ในระหว่างปีงบประมาณ 2559 ถึง 2560 ช่วงเดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 มีจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 162 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างในระบบคุณภาพ จำนวน 29 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่าง PT จำนวน 8 ตัวอย่าง ได้แก่ แดงโม ผักกาดหอม ข้าวสาร และองุ่น ตัวอย่างผักผลไม้ จำนวน 21 ตัวอย่าง ได้แก่ พริก มะม่วง มะเขือเทศ ส้ม คื่นห่อ และ ผักกาดขาว ตัวอย่างนอกระบบคุณภาพ จำนวน 133 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ตัวอย่างคดีความ จำนวน 12 ตัวอย่าง ได้แก่ ใบมะม่วง ใบมะพร้าว เห็ดหูหนูแห้ง ต้นแตงกวา ใบแตงกวา ต้นข้าว ใบไม้ วัชพืช ผักบุงจีน ใบเมล่อน และงานที่ได้รับมอบหมาย จำนวน 121 ตัวอย่าง ได้แก่ ข้าว ใบยาสูบ ลำไย มะพร้าวและ กล้วยไม้สกุลหวาย นอกจากนี้ งานเร่งด่วนที่ได้รับมอบหมายจากกรมให้ตรวจวิเคราะห์สารตกค้างในข้าวส่งออกไปยังแคนาดาและสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้ มกอช. ได้ร่วมกับกรมวิชาการเกษตรและสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทยดำเนินการเก็บตัวอย่างข้าวหนึ่งมาตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติม ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางโครมาโตกราฟี โดยใช้ GC-ECD, GC-FPD, LC-MS/MS และ GC-MS/MS ทั้งนี้ ห้องปฏิบัติการได้พัฒนาและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Method Validation) เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง แม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถขยายขอบข่ายวิธีการตรวจวิเคราะห์เพื่อการวิเคราะห์ที่มีคุณภาพ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : สารพิษตกค้าง

คำนำ

ในปัจจุบันการใช้วัตถุมีพิษทางการเกษตรของเกษตรกร ได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในสังคมเกษตรกรรม ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องนำเข้าวัตถุอันตรายเหล่านี้เข้ามาในประเทศ แต่ผลกระทบที่ตามมาคือการตกค้างของสารพิษบนผลิตผลทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร โดยห้องปฏิบัติการกลุ่มงานสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เป็นหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่ศึกษา วิจัยเกี่ยวกับชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลทางการเกษตร เพื่อเป็นการเฝ้าระวังและติดตามอันตรายของสารพิษตกค้าง ศึกษาวิจัยการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL) ในผลิตผลและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สำหรับเป็นมาตรฐานภายในประเทศ หรือยอมรับและใช้ต่อรองสู่มาตรฐานสากลที่กำหนดโดยคณะกรรมการ CODEX ศึกษาวิจัยหาแนวทางและวิธีการลดปริมาณสารพิษตกค้างในผลิตผลทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ศึกษาพัฒนารูปแบบการใช้วัตถุมีพิษการเกษตรให้เป็นไปอย่างถูกวิธีและปลอดภัยกับพืชต่างๆรวมทั้งงานวิจัยอื่นๆ เพื่อหาสาเหตุและแก้ไขปัญหาจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตรในผลิตผลทางการเกษตร วิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่เหมาะสม แม่นยำ ถูกต้องและประหยัด ให้บริการตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง รวมทั้งให้คำปรึกษาประสานงานและร่วมดำเนินงานวิจัยกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

หน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การให้บริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืช เช่น ผัก ผลไม้ และผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร จากหน่วยงานอื่นของกรมวิชาการเกษตร ส่วนราชการอื่น ประชาชนทั่วไป และตัวอย่างจากคดีความทางกฎหมาย นอกจากนี้ ยังมีงานเร่งด่วนที่ได้รับมอบหมายจากกรม ตามมติที่ประชุมหารือเรื่อง การตรวจสอบ clothianidin ตกค้างในข้าวส่งออกไปยังแคนาดาและสหรัฐอเมริกา เมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2559 ซึ่งมีมติให้เก็บตัวอย่างข้าวส่งออกมาตรวจวิเคราะห์สารตกค้างเพิ่มเติม โดยสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทยได้จัดส่งตัวอย่างข้าวจำนวน 94 ตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์สารตกค้าง 14 ชนิด ได้แก่ สารที่ตรวจวิเคราะห์ต่อเนื่องจากการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวส่งออกช่วงที่ 1 จำนวน 13 ชนิด ดังนี้ clothianidin acetamiprid chlorpyrifos dinotefuran ethofenprox fenitrothion flusilazole hexaconazole imidacloprid isoprothiolone pirimiphos-methyl tebuconazole และ thiamethoxam ส่วนสาร tricyclazole โดยสหภาพยุโรปเตรียมจะปรับลดค่า MRL ของสารนี้ในข้าว โดยจะมีผลบังคับใช้ในช่วงปลายเดือนมิถุนายน 2560 ตามประกาศแจ้งเวียนหมายเลข G/SPS/N/EU/173 ลงวันที่ 19 พฤศจิกายน 2559 ทั้งนี้ มกอช. ได้ร่วมกับกรมวิชาการเกษตรและสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทยดำเนินการเก็บตัวอย่างข้าวนี้มาตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติม

จากการให้บริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง ดังข้อมูลการให้บริการในระหว่างปีงบประมาณ 2559-2560 ช่วงเดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 ที่ผ่านมา จำนวนตัวอย่างงานบริการมีแนวโน้มที่มากขึ้น ซึ่งวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชแต่ละชนิด ต้องใช้วิธีการที่มีความจำเพาะเจาะจงในการวิเคราะห์สารพิษตกค้างชนิดนั้นๆ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้อง แม่นยำ เป็นที่ยอมรับจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบก่อนว่าสามารถใช้วิเคราะห์ตัวอย่างได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และมีความถูกต้อง แม่นยำ (Accuracy) มีความเฉพาะเจาะจง (Selectivity) สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ (Traceability) และวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นต้องผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Method Validation) เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง แม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถนำวิธีการเหล่านี้มาพัฒนาและขยายขอบข่ายวิธีการตรวจวิเคราะห์เพื่อการวิเคราะห์ที่มีคุณภาพ ตามมาตรฐาน ISO/IEC17025:2005 ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์/สารเคมี

1. สารมาตรฐานวัตถุอันตรายทางการเกษตร ได้แก่ สารมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ กลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สารป้องกันกำจัดโรคพืช สารกำจัดวัชพืช และสารอื่นๆ 129 ชนิด
2. สารเคมี ได้แก่ Acetone (AR grade), Dichloromethane (AR grade), Acetonitrile (HPLC grade), Methanol (HPLC grade), Hexane (PR grade), Ethyl acetate (PR grade), Formic acid, Ammonium formate, Water (HPLC grade), NaCl, 1-Octanol, Hydrochloric acid, MgSO₄, Na₃Citrate dehydrate, Na₂H₂Citrate sesquihydrate, Primary secondary amine (PSA), C18, Graphitized carbon black (GCB)
3. เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ เครื่องชั่งความละเอียด 2 ตำแหน่ง และ 5 ตำแหน่งที่ผ่านการสอบเทียบ Centrifuge, Food processor, Homogenizer, Dispenser ขนาด 10 และ 50 มิลลิลิตร Micro pipette ขนาด 100-1,000 ไมโครลิตร
4. เครื่องแก้วต่างๆในห้องปฏิบัติการเช่น Erlenmeyer flask, Volumetric flask, Beaker, Cylinder, Centrifuge tube (Teflon) ขนาด 50 มิลลิลิตร
5. เครื่องมือตรวจวัดชนิด Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) ต่อกับเครื่อง Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS) เครื่อง Gas Chromatograph – Mass Spectrometer/Mass Spectrometer (GC-MS/MS) เครื่อง Gas Chromatograph Micro-Electron Capture Detector (GC/μECD) เครื่อง Gas Chromatograph Flame Photometric Detector (FPD)

ขั้นตอนการดำเนินการ

ขั้นตอนในการดำเนินการให้บริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง มีขั้นตอนดังนี้

1. เจ้าหน้าที่รับตัวอย่างของกลุ่มวิจัยวัดภูมิพิษการเกษตร รับตัวอย่างจากผู้มาขอรับบริการตรวจวิเคราะห์ตามขั้นตอนและลงทะเบียนตัวอย่างพร้อมทั้งนำตัวอย่างและใบนำส่งมายังห้องปฏิบัติการวิจัยสารพิษตกค้าง
2. เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการรับตัวอย่าง ตรวจสอบตัวอย่างเมื่อได้รับ พร้อมทั้งลงบันทึกรายละเอียดต่างๆ เช่น ชื่อตัวอย่าง เลขที่ตัวอย่าง ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง วันที่รับตัวอย่าง สภาพตัวอย่าง เป็นต้น ลงในสมุดรับตัวอย่าง
3. ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างตามที่ระบุไว้ในใบนำส่งตัวอย่าง พร้อมทั้งรายงานผล และส่งผลวิเคราะห์ให้ผู้ขอรับบริการทางไปรษณีย์หรือผู้ขอรับบริการมารับผลวิเคราะห์ด้วยตนเอง

การเตรียมตัวอย่าง การสกัด และการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

1. การเตรียมสารมาตรฐาน

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน stock standard ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm จากสารมาตรฐานบริสุทธิ์ และนำไปเตรียมสารมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ intermediate standard (ความเข้มข้น 100 ppm) และ working standard (ความเข้มข้น 0.1 ppm) และนำสารมาตรฐานที่เตรียมแล้วมา Mixed เพื่อใช้ในการเตรียมกราฟมาตรฐานและ spike ลงในตัวอย่าง

2. การหาวิธีวิเคราะห์ ประสิทธิภาพและการควบคุมคุณภาพการทดสอบ

ค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่างๆ หาวิธีการที่สามารถปฏิบัติได้ มีการหาประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ ทดลองวิธีด้วยการ spike สารละลายมาตรฐานลงในตัวอย่างเปรียบเทียบกับร้อยละการกลับคืน (% recovery) โดยทำการทดลองที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อให้ผลการทดลองมีความถูกต้อง แม่นยำ อันจะทำให้ผลการทดลองน่าเชื่อถือ

3. การเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์

ดำเนินการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมตามวิธีการสกัด โดยหั่นตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปหั่นย่อยด้วยเครื่องหั่นตัวอย่างชนิด Lab micronizer คนให้ทั่ว แล้วสุ่มซังตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้างต่อไป โดยวิธีการสกัดตัวอย่างจากวิธีการที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 และวิธีการเฉพาะอื่นๆ สำหรับสารพิษตกค้างบางชนิด เพื่อหาปริมาณสารพิษตกค้างโดยการ เตรียมตัวอย่าง จำนวน 2 ซ้ำ และเก็บตัวอย่างสำรองไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส สกัดตัวอย่างตามวิธีการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025 หรือตามที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์ขึ้นมา (In-house Method) แล้ว นำไปวิเคราะห์สารพิษตกค้างด้วยเครื่องวิเคราะห์ชนิดต่างๆ มีการทำ calibration curve ของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ คำนวณปริมาณสารพิษตกค้าง โดยวัดค่า retention time ของพีคที่ปรากฏของตัวอย่าง เปรียบเทียบกับตำแหน่งของโครมาโตแกรมและ Calibration curve ของสารมาตรฐาน คำนวณความเข้มข้นของสารพิษตกค้างในสารละลายตัวอย่าง โดยโปรแกรมสำเร็จรูปจากสมการ Linear Regression และต้องมีค่า Correlation ไม่น้อยกว่า 0.995 หากความเข้มข้นของสารในตัวอย่างตามสูตร ดังต่อไปนี้

$$C_{\text{sample}} = C_{\text{calib.}} \times V_{\text{sample}} \times F / W_{\text{sample}}$$

โดยที่ C_{sample} = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

$C_{\text{calib.}}$ = ความเข้มข้นของสารพิษในสารละลายตัวอย่าง ที่ได้จากการเทียบ Calibration curve ใน GC/LC Report (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดังนี้

$$C_{\text{calib.}} = \frac{\text{Area of sample} \times \text{Conc. of Standard}}{\text{Area of Standard}}$$

V_{sample} = ปริมาตรที่ปรับครั้งสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างก่อนการฉีด (มิลลิลิตร)

W_{sample} = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาสกัด (กรัม)

F = Correction Factor

4. การยืนยันผลการทดลอง

ถ้าตัวอย่างใด ตรวจพบสารพิษตกค้างในวิธีทดสอบ $\geq$ MRL หรือสารที่ไม่มีกำหนดค่า MRL ทำการยืนยันผลการทดสอบ โดยทำการบดตัวอย่างใหม่ และทำการวิเคราะห์ใหม่ 2 ซ้ำ หากค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบกับผลทดสอบครั้งแรก

ระยะเวลา เดือนตุลาคม 2558 ถึงพฤษภาคม 2560

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการดำเนินการ

ผลการปฏิบัติงานการให้บริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร ในปีงบประมาณ 2559-2560 ช่วงเดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 มีจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 162 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างในระบบคุณภาพ จำนวน 29 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่าง PT จำนวน 8 ตัวอย่าง ได้แก่ แดงโม ผักกาดหอม ข้าวสาร และองุ่น ตัวอย่างผักผลไม้ จำนวน 21 ตัวอย่าง ได้แก่ พริก มะม่วง มะเขือเทศ ส้ม คะน้า และผักกาดขาว ตัวอย่างนอกระบบคุณภาพ จำนวน 133 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ตัวอย่างคดีความ จำนวน 12 ตัวอย่าง ได้แก่ ใบมะม่วง ใบมะพร้าว เห็ดหูหนูแห้ง ต้นแตงกวา ใบแตงกวา ต้นข้าว ใบไม้ วัชพืช ผักบุ้งจีน ใบเมล่อน และตัวอย่างงานที่ได้รับมอบหมาย จำนวน 121 ตัวอย่าง ได้แก่ ข้าว ใบยาสูบ ลำไย มะพร้าวและกล้วยไม้สกุลหวาย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ปริมาณตัวอย่างงานบริการตรวจวิเคราะห์ ปีงบประมาณ 2559-2560 (ตุลาคม 2558- พฤษภาคม 2560)

แบ่งตามประเภทของงาน		ชนิดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	จำนวนที่พบ
ตัวอย่างในระบบ	PT	แดงโม	2	1
		ผักกาดหอม	4	1
		ข้าวสาร	1	1
		องุ่น	1	1
	ผัก-ผลไม้	พริก	5	-
		มะม่วง	8	-
		มะเขือเทศ	2	-
		ส้ม	3	3
		คะน้า	2	1
		ผักกาดขาว	1	-
ตัวอย่างนอกระบบ	ตัวอย่างคดีความ	ใบมะม่วง	1	1
		ใบมะพร้าว	1	-
		เห็ดหูหนูแห้ง	1	1
		ต้นแตงกวา ใบแตงกวา	2	1
		ต้นข้าว ใบข้าว	2	2
		ใบไม้ วัชพืช	3	2
		ผักบุ้งจีน	1	1
		ใบเมล่อน	1	1
	งานที่ได้รับมอบหมาย	ข้าว	95	-
		ใบยาสูบ	12	-
		ลำไย	3	3
		มะพร้าว	8	8
		กล้วยไม้สกุลหวาย	3	3

ที่มา : รายงานผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร

ตารางที่ 2. รายการตรวจวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

ตัวอย่าง	สารที่ตรวจวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์	% recovery
แตงโม ผักกาดหอม, ข้าวสาร ฮ่องกง ผักกาดขาว	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต และ 129 ชนิด	TM-T04-R01, R03, R04, R05,R06 R07	79-112
พริก มะม่วง มะเขือเทศ ส้ม คะน้า	กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต 129 ชนิด และ abamectin	TM-T04-R01, R02, R03, R04, R05,R06 R07	82-108
ใบมะม่วง	2,4-d และ prochloraz	EN QuEChERS	98-104
ใบมะพร้าว	glyphosate		73
เห็ดหูหนูแห้ง ต้นแตงกวา ใบแตงกวา ต้นข้าว ใบไม้ วัชพืช ผักบุ้งจีน ใบเมล่อน	2,4-d acetochlor , 2,4-d, paraquat, bis-pyribac-sodium, pendimethalin, propanil	EN QuEChERS	83 - 104
ใบยาสูบ	Hydrogen phosphine	J AOAC,81,1998	65-89
ลำไย	129 ชนิด	TM-T04-R05	89-110
มะพร้าว	chlorantraniliprole และ lufenuron	EN QuEChERS	89-106
กล้วยไม้สกุลหวาย	carbendisulfide, imidacloprid, methomyl และ abamectin	EN QuEChERS	90-109
ข้าว	clothianidin, acetamiprid, chlorpyrifos, dinotefuran, ethofenprox, fenitrothion flusilazole, hexaconazole, imidacloprid, isoprothiolone, pirimiphos-methyl, tebuconazole, thiamethoxam และ tricyclazole	EN QuEChERS (modified)	75- 105

สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

ผลการปฏิบัติงานการให้บริการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้าง กลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืช การเกษตร ในปีงบประมาณ 2559-2560 ช่วงเดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 ที่ผ่านมา พบว่า มีจำนวน ตัวอย่างทั้งสิ้น 162 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างในระบบคุณภาพ จำนวน 29 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่าง PT จำนวน 8 ตัวอย่าง ได้แก่ แตงโม ผักกาดหอม ข้าวสาร และองุ่น ตัวอย่างผักผลไม้ จำนวน 21 ตัวอย่าง ได้แก่ พริก มะม่วง มะเขือเทศ ส้ม คะน้า และผักกาดขาว ตัวอย่างนอกระบบคุณภาพ จำนวน 133 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ตัวอย่างคดีความ จำนวน 12 ตัวอย่าง ได้แก่ ใบมะม่วง ใบมะพร้าว เห็ดหูหนูแห้ง ต้นแตงกวา ใบแตงกวา ต้นข้าว ใบไม้ วัชพืช ผักบุ้งจีน ใบเมล่อน และตัวอย่างงานที่ได้รับมอบหมาย จำนวน 121 ตัวอย่าง ได้แก่ ข้าว ใบยาสูบ ลำไย มะพร้าวและ กล้วยไม้สกุลหวาย นอกจากนี้ งานเร่งด่วนที่ได้รับมอบหมายจากกรมให้ตรวจวิเคราะห์สารตกค้างในข้าวส่งออกไปยังแคนาดา และสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้ มกอช. ได้ร่วมกับกรมวิชาการเกษตรและสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทยดำเนินการเก็บตัวอย่างข้าว นึ่งมาตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติม และในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวในครั้งนี้ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่ สหภาพยุโรปแจ้งปรับลดค่า MRL ของสารดังกล่าว ซึ่งขณะนี้อยู่ระหว่างการดำเนินการเก็บตัวอย่างจากแหล่งต่างๆ เพื่อทำการตรวจวิเคราะห์เพิ่มเติม

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ได้วิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่ถูกต้องและแม่นยำสูงเพื่อใช้เป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง และสามารถขยายขอบข่ายการรองรับมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025
- 2 .เป็นการยืนยันเพื่อให้เกิดความมั่นใจต่อผลการวิเคราะห์ที่มีผลต่อคดีความทางกฎหมาย
3. เพื่อแก้ปัญหาเร่งด่วนที่จะเกิดผลกระทบต่อการส่งออกผลผลิตทางการเกษตร เช่น ข้าว ใบบัวบก

เอกสารอ้างอิง

กนกพร อธิสุข และทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2547. Method validation. เอกสารประกอบการฝึกอบรม.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

มกอช. 2551. สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 9002-2551. 52 หน้า.

Analysis for determination of 150 pesticides in fruits and vegetables using quick and easy method (QuEChERS) and LC- MS/MS determination. *J. Food Agri. & Environ.* Vol.8(2) DG SANCO. 2014. EU Pesticide Database.

M. Anastassiades, D.I.Kolberg, D.Mack, I.Sigalova, D.Roux and D.Fugel (2011). Quick Method for the Analysis of Residues of Highly Polar Pesticides in Foods of Plant Origin Involving Simultaneous Extraction with Methanol and LC-MS/MS Determination.version 6:1-37

Steinwandter, H. 1985. Universal 5 min on-line Method for Extraction and Isolating Pesticide Residues and Industrial Chemicals. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 322 : 752-754.

SANCO. 2013. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. European Union, Health and Consumer Protection Directorate General.

ภาคโปสเตอร์

การทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายไยาสูบต่อการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในแปลงเกษตรกร

Efficiency of tobacco solution on controlling *Scirtothrips dosalis* Hood in field

วิระสิงห์ แสงวรรณ^{1/} ฉลองรัตน์ หมื่นขวา^{1/} เจนจิรา เทเวศร์กุล^{1/} สุกัญญา คำคง^{1/} อนุชา ผลใส^{1/}
ปภัสรา คุณเลิศ^{1/} ณัฐธิดา ทองนาค^{1/} อธิปัติย์ คลังบุญครอง^{1/} อาธิยา ปุ่นประโคน^{1/} อธิธิพล บรรณาการ^{2/}

กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายไยาสูบต่อการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในแปลงเกษตรกร แบ่งเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบประสิทธิภาพสารละลายไยาสูบในแปลงเกษตรกร ในห้องปฏิบัติการ ศึกษาการละลายน้ำของนิโคติน และศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายไยาสูบในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในห้องปฏิบัติการ โดยหมักไยาสูบบ่มแห้ง พันธุ์เบอร์เลย์ ที่อัตรา 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กิโลกรัมต่อน้ำ 15.0 ลิตร โดยศึกษาที่ระยะเวลา 6, 9, 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง พบว่าปริมาณนิโคตินและระยะเวลามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยปริมาณนิโคตินจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณไยาสูบที่เพิ่มขึ้น และระยะเวลาที่ใช้หมัก เมื่อนำสารละลายที่ได้จากการหมักไยาสูบ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบปริมาณนิโคตินในสารละลายไยาสูบ 2041.6, 3369.5, 5230.5 และ 7717.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นำมาศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายไยาสูบในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการฉีดพ่นโดยตรง (direct spray method) พบว่าความเข้มข้นของสารละลายไยาสูบที่ใช้มีประสิทธิภาพสูง ทำให้เพลี้ยไฟพริกตายร้อยละ 98 ที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้ ระยะเวลากการหมักสารละลายไยาสูบในอัตรา 1.5 กิโลกรัม ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมในการควบคุมเพลี้ยไฟพริก นำไปใช้ทดสอบประสิทธิภาพของสารละลายไยาสูบในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในแปลงเกษตรกรต่อไป ผลการศึกษาระยะเวลาการคงสภาพของสารละลายไยาสูบ ที่อัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณนิโคตินในสารละลายไยาสูบ เท่ากับ 4737.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 7, 14 และ 31 วัน มีปริมาณนิโคตินในสารละลายไยาสูบ เท่ากับ 4732.3, 4752.7 และ 4797.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้น สารละลายไยาสูบมีการคงสภาพที่ดีในระยะเวลา 1 เดือน (31 วัน) และจากการทดสอบประสิทธิภาพสารละลายไยาสูบต่อการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในแปลงเกษตรกร อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ที่ระยะเวลา 3 วัน กรรมวิธีการฉีดพ่นด้วยสารละลายไยาสูบ 0.75 – 1.5 กิโลกรัมต่อลิตร สามารถลดจำนวนเพลี้ยไฟได้มากกว่าการฉีดน้ำเปล่าอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งยังให้ผลไม่แตกต่างจากการฉีดพ่นด้วย imidacloprid 10% W/V SL แต่พบปริมาณเพลี้ยไฟเพิ่มจำนวนขึ้นที่ระยะเวลา 5-7 วัน และมีแนวโน้มมากกว่าการใช้สารเคมี

คำสำคัญ : เพลี้ยไฟ, ไยาสูบ, นิโคติน, พริก

^{1/} กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

^{2/} กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

คำนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

พริก เป็นพืชที่มีบทบาทและความสำคัญสำหรับคนไทย มีการใช้ประโยชน์หลายประการ ทั้งในแง่ของการบริโภคใช้เป็นพืชสมุนไพร นอกจากนี้พริกยังเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ซึ่งปริมาณการส่งออกพริกตระกูลแคปซิกัม 14,535,845 ตัน คิดเป็นมูลค่า 196,921,543 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ทั้งนี้การผลิตพริกในประเทศไทย ยังคงประสบปัญหาแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายที่พบบ่อย ได้แก่ แมลงวันพริก เพลี้ยอ่อน และเพลี้ยไฟพริก โดยเฉพาะเพลี้ยไฟพริก (Chilli thrips) สามารถสร้างความเสียหายให้แก่พริกในวงกว้าง จึงเป็นแมลงศัตรูพริกที่สำคัญที่สร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรผู้ผลิตพริกเรื่อยมา

เพลี้ยไฟพริก มีวงจรชีวิตสั้น การแพร่ระบาดจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงที่อากาศร้อนและแห้งแล้ง สร้างความเสียหายให้กับผลผลิตพริกเป็นอย่างมาก เกษตรกรจึงเลือกวิธีป้องกันและกำจัดโดยการฉีดพ่นสารเคมี ส่งผลให้เกิดปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การดื้อยาของแมลงเมื่อมีการใช้เป็นประจำ การใช้สารเคมีอย่างไม่ถูกต้อง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตพริกของเกษตรกรเพิ่มขึ้น การพบปริมาณสารพิษตกค้าง มีผลกระทบต่อ การส่งออกพริกของไทยและความปลอดภัยของผู้บริโภค

สารละลายไบยาซูบ ถูกนำมาใช้เป็นสารกำจัดแมลงมาตั้งแต่อดีตในรูปของสารสกัด ไบยาซูบมีสารสำคัญ คือ นิโคติน (nicotine) มีฤทธิ์ในการป้องกันและกำจัดแมลง โดยมีผลต่อปมประสาทของแมลง เมื่อสัมผัส ทำให้แมลงเกิดอาการสั่น ชักกระตุก และเป็นอัมพาต ถ้าอาการรุนแรงมากทำให้ตายได้ (เกษม และ สุธิตา, 2543) ยังไม่มีการศึกษาถึงปริมาณประสิทธิภาพ ตลอดจนปริมาณสารออกฤทธิ์ของสารละลายรวมทั้งรายงานวิจัยที่ระบุชัดเจนเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกให้มีประสิทธิภาพ

การศึกษาประสิทธิภาพและความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไบยาซูบพันธุ์เบอร์เลย์ในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกโดยเปรียบเทียบกับสารเคมี เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรใช้สารธรรมชาติที่หาง่าย และราคาถูกทดแทนการใช้สารเคมี เป็นการลดต้นทุนการผลิต และยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้ดีขึ้น

วิธีดำเนินการ

1. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ที่มีหัวตรวจวัดชนิด Diode array (DAD)
2. เครื่องชั่งความละเอียด 2 ตำแหน่ง และ 5 ตำแหน่ง
3. วัสดุเครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเช่น ขวดวัดปริมาตร ปีกเกอร์ กระบอกตวง ขวดแก้วกันกลม
4. เครื่องตัดตัวอย่างไบยาซูบพันธุ์เบอร์เลย์
5. เครื่องพ่นสารสะพ่ายหลัง (motorized knapsack sprayer)
6. ถังพลาสติกใช้หมักไบยาซูบขนาด 20 ลิตร
7. ไบยาซูบพันธุ์เบอร์เลย์ บ่มแห้ง ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยยาสูบ โรงงานยาสูบ จังหวัดเชียงใหม่
8. สารละลายมาตรฐานนิโคติน ได้แก่ Nicotine Hydrogen Bitartrate
9. สารตัวทำละลาย ได้แก่ water, acetonitrile (HPLC grade)
10. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช imidacloprid 10% W/V SL

2. วิธีการ

2.1 สํารวจบริเวณที่มีแหล่งระบาดของเพลี้ยไฟในแปลงปลูกพริกของเกษตรกร พร้อมทั้งส่งจำแนกชนิดของเพลี้ยไฟที่สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช เพื่อระบุชนิดได้ว่าเป็นเพลี้ยไฟพริกชนิด *Scirtothrips dosalis* Hood

2.2 วางแผนการทดลองแบบ split plot เพื่อศึกษาปริมาณความคงสภาพของนิโคตินในสารละลายใบยาสูบ และศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายใบยาสูบในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในห้องปฏิบัติการ

1) เตรียมตัวอย่างใบยาสูบบ่มแห้งพันธุ์เบอร์เลย์ หั่นชิ้นเล็ก ชั่งน้ำหนัก 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 กิโลกรัม ต่อน้ำ 15 ลิตร หมักทิ้งไว้ 6, 9, 24, 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์หาปริมาณนิโคตินแต่ละระดับความเข้มข้นโดยวิธี HPLC ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

2) นำสารละลายที่ได้จากการหมักใบยาสูบ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำการศึกษาประสิทธิภาพของนิโคตินในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี direct spray method

3) นำสารละลายที่ได้จากการหมักใบยาสูบ อัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสมจากการดำเนินการในข้อ 2) หลังจากนั้นเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์หาปริมาณนิโคตินซ้ำที่ระยะเวลา 7, 14 และ 31 วัน เพื่อศึกษาปริมาณความคงสภาพของนิโคตินต่อไป

2.3 ศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายใบยาสูบในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในแปลงเกษตรกร

1) เตรียมตัวอย่างใบยาสูบ โดยเก็บตัวอย่างใบยาสูบบ่มแห้งพันธุ์เบอร์เลย์ หั่นเป็นชิ้นเล็ก หมักใบยาสูบด้วยน้ำ วางแผนการทดลอง RCB 3 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 น้ำเปล่า (control)

กรรมวิธีที่ 2 imidacloprid 10% SL (40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร)

กรรมวิธีที่ 3 ปริมาณใบยาสูบ 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร หรือความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาการหมัก 24 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 สารละลายใบยาสูบในอัตรา 0.75 เท่า ของกรรมวิธีที่ 3

กรรมวิธีที่ 5 สารละลายใบยาสูบในอัตรา 0.50 เท่า ของกรรมวิธีที่ 3

นำสารละลายใบยาสูบตามกรรมวิธีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณนิโคตินโดยวิธี HPLC ก่อนการทดสอบในแปลงเกษตรกร

2) เตรียมแปลงทดลองขนาด 4.0 เมตร x 5.0 เมตร จำนวน 15 แปลง แต่ละแปลงย่อยห่างกัน 1.5 เมตร โดยปลูก 1 ต้น/หลุม นำต้นกล้าพริกจินดาพันธุ์ซูปเปอร์ฮอต อายุประมาณ 1 เดือน ปลูกในแปลงทดลอง ให้น้ำด้วยระบบ sprinkler วันละ 1 ครั้ง

3) สำรวจแปลงทดลองตรวจนับจำนวนเพลี้ยไฟก่อนพ่นสารเมื่อพบการระบาดของเพลี้ยไฟ มากกว่า 10 ตัวต่อต้น ทำการพ่นสารตามแต่ละกรรมวิธี ที่อัตราการใช้ 80 ลิตรต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 7 วัน ตรวจนับจำนวนเพลี้ยไฟ โดยสุ่มยอดพริกจำนวน 20 ต้นต่อแปลงย่อย ไม่สุ่มแถวริม บันทึกรายการข้อมูลจำนวนเพลี้ยไฟที่ตรวจนับได้ในแต่ละแปลงย่อย ก่อนพ่นสาร และหลังการพ่นสารครั้งสุดท้ายที่ 3, 5 และ 7 วัน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

เวลา เดือนตุลาคม 2558 สิ้นสุด เดือนกันยายน 2559

สถานที่ กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร และแปลงเกษตรกร ตำบลวังขนาย อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี

ผลการทดลองและวิจารณ์

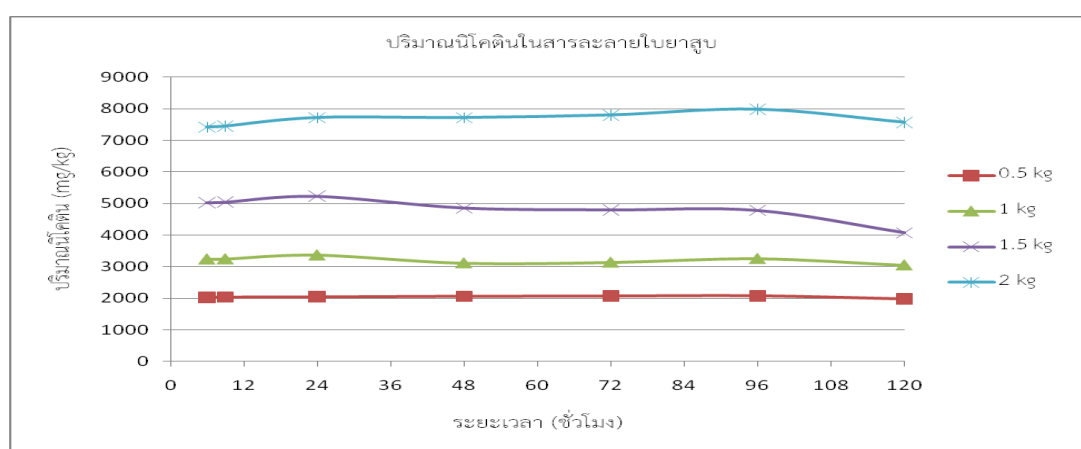
1. จากการศึกษาการละลายน้ำของนิโคติน เมื่อนำใบยาสูบ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 กิโลกรัม ต่อน้ำ 15 ลิตร หมักทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ วิเคราะห์หาปริมาณนิโคตินในสารละลาย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณนิโคติน (mg/kg) ที่ได้จากการหมักใบยาสูบที่เวลาต่างๆต่อน้ำ 15 ลิตร

ระยะเวลาการหมัก (hour)	ปริมาณนิโคตินในสารละลายใบยาสูบ (mg/kg), n = 3			
	0.5 kg	1.0 kg	1.5 kg	2.0 kg
6	2031.7 b	3240.7 b	5024.5 b	7416.3 e
9	2033.5 b	3243.9 b	5042.7 b	7445.1 e
24	2041.6 ab	3369.5 a	5230.5 a	7717.1 c
48	2060.5 ab	3113.0 c	4857.0 c	7717.6 c
72	2068.2 ab	3136.8 c	4797.0 d	7797.9 b
96	2076.4 a	3254.3 b	4779.6 d	7981.5 a
120	1977.7 c	3047.5 d	4069.0 e	7568.8 d

cv(a)=0.8% , cv(b)= 0.5%

พบว่าปริมาณนิโคตินและระยะเวลามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยปริมาณนิโคตินจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณใบยาสูบที่ใช้หมักที่เพิ่มขึ้น ปริมาณนิโคตินเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่ 24 ชั่วโมง จากนั้นปริมาณนิโคตินจะเริ่มลดลง ในขณะที่ใบยาสูบหนัก 2.0 กิโลกรัม นั้นจะให้ปริมาณนิโคตินสูงสุดที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง คือใบยาสูบที่มากขึ้น จะต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ปริมาณนิโคตินมากที่สุดในปริมาณน้ำที่เท่ากัน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ปริมาณนิโคติน (mg/kg) ที่ได้จากการหมักใบยาสูบที่เวลาต่างๆ ต่อน้ำ 15 ลิตร

นำสารละลายที่ได้จากการหมักใบยาสูบจากอัตราที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาเหมาะสมในการหมักใบยาสูบ และมีปริมาณของนิโคตินสูง ไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในห้องปฏิบัติการ โดยการพ่นสารละลายลงบนเพลี้ยไฟโดยตรง (direct spray method) พบว่าทุกความเข้มข้นของสารละลายใบยาสูบมีประสิทธิภาพสูงทำให้เพลี้ยไฟพริกตายมากกว่าร้อยละ 80 (ตารางที่ 2) ดังนั้นเลือกใช้อัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำไปทำการทดสอบในแปลงเกษตรกรต่อไป

ตารางที่ 2 สารละลายไยาซาอิมที่ทำให้เพลี้ยไฟพริกตายภายในเวลา 5 นาที (n = 3)

น้ำหนักไยาซาอิม (กิโลกรัม)	เพลี้ยไฟพริก ที่ทดสอบ (ตัว)	จำนวนเพลี้ยไฟพริก ที่ตาย (ตัว)	ร้อยละ (%)
น้ำเปล่า (control)	30	0	0
0.5	30	25	83
1.0	30	27	90
1.5	30	28	93
2.0	30	30	100

2. ทดสอบประสิทธิภาพสารละลายไยาซาอิมต่อการควบคุมเพลี้ยไฟพริกในแปลงเกษตรกร

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณนิโคตินในสารละลายไยาซาอิมก่อนนำไปทำการทดสอบประสิทธิภาพในแปลงเกษตรกรจากกรรมวิธีต่างๆ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณนิโคตินในสารละลายไยาซาอิม วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC

กรรมวิธี	การเตรียม	ปริมาณนิโคติน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
3	ปริมาณไยาซาอิม 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร ที่ระยะเวลา การหมัก 24 ชั่วโมง	5,820
4	สารละลายไยาซาอิมในอัตรา 0.75 เท่า ของกรรมวิธีที่ 3	4,440
5	สารละลายไยาซาอิมในอัตรา 0.50 เท่า ของกรรมวิธีที่ 3	2,390

ผลการทดสอบในแปลงเกษตรกร โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยไฟก่อนและหลังการพ่นสารตามกรรมวิธีต่างๆ

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยไฟที่ตรวจพบในกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยไฟ (ตัวต่อ 20 ต้น) ^{1/}			
	ก่อนพ่นครั้งที่ 2	3 วัน	5 วัน	7 วัน
1 น้ำเปล่า	107 ^{2/} a	195b	222b	433b
2 imidacloprid 10%SL	125a	69a	143a	234a
3 สารละลายไยาซาอิม (1.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร)	104a	58a	187b	364ab
4 สารละลายไยาซาอิมในอัตรา 0.75 เท่ากรรมวิธีที่ 3	144a	73a	210b	389ab
อัตราส่วน 10.5 ลิตรต่อ น้ำ 3.5 ลิตร				
5 สารละลายไยาซาอิมในอัตรา 0.50 เท่ากรรมวิธีที่ 3	148a	71a	173ab	332ab
อัตราส่วน 7.0 ลิตรต่อ น้ำ 7.0 ลิตร				
%cv	38.9	21.1	19.8	25.1

^{1/} ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ วิธี Duncan's multiple range test

^{2/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในสัณฐานเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4 พบว่าก่อนการฉีดพ่นสาร จำนวนเพลี้ยไฟที่นับได้ไม่มีความแตกต่างกัน จนกระทั่งที่ระยะเวลา 3 วัน กรรมวิธีฉีดพ่นด้วยสารละลายไยาซาอิม กรรมวิธีที่ 3, กรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่ 5 สามารถลดจำนวนเพลี้ยไฟได้มากกว่าการฉีดน้ำเปล่าอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งยังให้ผลไม่แตกต่างจากการฉีดพ่นด้วย imidacloprid 10%SL และปริมาณเพลี้ยไฟเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี ประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยไฟของสารละลายไยาซาอิมสูงสุดที่ระยะเวลา 3 วัน และไม่แตกต่างไปจากสารเคมีที่ระยะเวลา 3 วัน แต่พบปริมาณเพลี้ยไฟเพิ่มจำนวนขึ้นที่ระยะเวลา 5-7 วัน และมีแนวโน้มมากกว่าสารเคมี ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายไยาซาอิมเป็นสารธรรมชาติสามารถสลายตัวได้เร็ว

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สารละลายไวยาสูบจะมีปริมาณนิโคตินเพิ่มขึ้นตามปริมาณไวยาสูบที่ใช้หมักที่เพิ่มขึ้น ปริมาณนิโคตินจากเริ่มต้นจนได้ปริมาณนิโคตินสูงสุดที่ประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้นปริมาณนิโคตินจะค่อยๆเริ่มลดลง ควรเลือกใช้ไวยาสูบในอัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร ใช้เวลาหมักสารละลาย 24 ชั่วโมง ก่อนใช้ผ้าขาวบางกรองเก็บสารละลายไว้ใช้งาน ในการเตรียมสารละลายไวยาสูบไว้ใช้งาน สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องไว้ได้นานถึง 1 เดือนเป็นอย่างน้อย อัตราไวยาสูบ 1.5 กิโลกรัมต่อน้ำ 15 ลิตร ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพสูง ใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมสารละลาย และควบคุมเพลิงไฟพริกได้ สารละลายไวยาสูบที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องจะยังคงมีการเน่าเสียของเศษไวยาสูบได้อยู่ตลอดเวลา และมีกลิ่นฉุนของไวยาสูบเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นไม่ควรเก็บไว้นานเกินไป

ที่ระยะเวลา 3 วัน สารละลายไวยาสูบที่ความเข้มข้นต่างๆสามารถลดจำนวนเพลิงไฟได้มากกว่าการฉีดน้ำเปล่าอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งยังให้ผลไม่แตกต่างจากการฉีดพ่นด้วย imidacloprid 10% SL และพบปริมาณเพลิงไฟเพิ่มจำนวนขึ้นที่ระยะเวลา 5-7 วัน และมีแนวโน้มมากกว่าสารเคมี ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายไวยาสูบเป็นสารธรรมชาติสามารถสลายตัวได้เร็วกว่า ดังนั้นควรจะใช้สารละลายไวยาสูบเมื่อเริ่มตรวจพบเพลิงไฟพริกก่อนเกิดการระบาด ใช้อัตราการพ่นสารซ้ำที่ 3 หรือ 5 วัน หรือใช้สลับกับสาร imidacloprid 10% SL ในแปลงพริกของเกษตรกร

เอกสารอ้างอิง

เกษม ต้นสุวรรณ และสุธิตา ต้นสุวรรณ. 2543. เปรียบเทียบผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดต่อหนอน

กระทู้ผัก. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา. 56 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลการผลิตพริก. แหล่งที่มา <http://www.oae.go.th>. 28

กุมภาพันธ์ 2555.

การเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย

Monitoring of Contaminated Pesticides in the Main Rivers of Thailand

มลิสา เวชยานนท์ นพดล มะโนเย็น จันทิมา ผลกอง อำนาจ กะจันทะ

กลุ่มวิจัยวัดภูมิพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การใช้สารกำจัดศัตรูในพื้นที่เกษตรกรรมอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและห่วงโซ่อาหาร รวมทั้งสุขภาพมนุษย์ผู้ได้รับสัมผัส การศึกษานี้เป็นการเฝ้าระวังสารกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแม่น้ำเจ้าพระยา ป่าสัก และท่าจีน ที่เป็นแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืชและปลาจากแม่น้ำทั้ง 3 สายในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนตั้งแต่ปี 2556-2559 ตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสฟอรัส คาร์บาเมต ไพรีทรอยด์ และไพโรซินด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารกำจัดวัชพืชชนิด atrazine ปนเปื้อนในแม่น้ำทั้ง 3 สาย ปริมาณที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำ 0.01-13.40 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนตัวอย่างตะกอนตรวจพบเฉพาะในแม่น้ำป่าสักปริมาณ <0.01 – 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบนี้ส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่ากำหนดสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Maximum Allowable Concentration; MAC) ในน้ำ และไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ

คำนำ

การปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตผลเกษตรและสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่หลายประเทศทั่วโลกให้ความสนใจ ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจมากและหลากหลาย เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคจำเป็นต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชประเภทต่าง ๆ จากสถิติการนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตรในแต่ละปีมากกว่า 10,000 ตัน(สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2559) ทำให้มีการแพร่กระจายและสะสมในสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพิษที่มีฤทธิ์ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutant; POPs) หรือมีระดับความเป็นพิษรุนแรงและเฉียบพลัน มีการปนเปื้อนในสภาพแวดล้อม ระบบนิเวศ และแพร่กระจายเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร ได้แก่ แหล่งน้ำธรรมชาติ แม่น้ำสายหลัก รวมทั้งพืชและสัตว์ที่อาศัยในแหล่งนั้น และที่สุดจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ผู้บริโภค (Stockholm Convention on POPs, 2008) กลุ่มวิจัยวัดภูมิพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการ ได้ตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจึงได้ดำเนินการวิจัยเพื่อเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูเหล่านี้ในแม่น้ำสายหลักของประเทศไทย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา ป่าสัก และท่าจีน

วิธีดำเนินการ

วิธีการ

1. สำรวจพื้นที่และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมแม่น้ำเจ้าพระยา ป่าสัก และท่าจีนไหลผ่านตลอดทั้งสายโดยใช้พิกัดภูมิศาสตร์
2. สุ่มเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ในปี 2556-2559
3. ตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชด้วยเครื่อง Gas Chromatograph

ผลการทดลองและวิจารณ์

แม่น้ำป่าสักสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ ตะกอน พืชและสัตว์น้ำ ในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม 2556 และกุมภาพันธ์ 2557) ฤดูฝน (พฤษภาคมและกรกฎาคม 2557) จำนวน 26 จุด ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างน้ำช่วงฤดูฝน

เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิด ametryn และ atrazine 52% และ 87% ตามลำดับ ปริมาณสูงสุดของ atrazine ที่ตรวจพบในฤดูฝน 13.40 ไมโครกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับตัวอย่างตะกอน ตรวจพบสารกำจัดวัชพืช atrazine 15% ตัวอย่างพืชน้ำชนิดผักบุ้งและปลาตรวจไม่พบสารพิษ (ตารางที่ 1)

แม่น้ำท่าจีนสุ่มเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม 2557 และมกราคม 2558) ฤดูฝน (พฤษภาคมและกรกฎาคม 2558) จำนวน 24 จุด ช่วงฤดูฝนตรวจพบสารกำจัดวัชพืชชนิด atrazine ในตัวอย่างน้ำ 41% ปริมาณสูงสุด 0.28 ไมโครกรัมต่อลิตร ตัวอย่างตะกอน และพืชน้ำ ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างทั้งสองฤดู (ตารางที่ 1)

แม่น้ำเจ้าพระยาสุ่มเก็บตัวอย่างในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์) และฤดูฝน (มิถุนายน) 2559 จำนวน 11 จุด ในตัวอย่างน้ำตรวจพบสารกำจัดวัชพืชชนิด atrazine 100% ทั้งสองฤดู ปริมาณสูงสุดที่ตรวจพบในฤดูแล้งและฤดูฝน 0.28 และ 0.40 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังตรวจพบ ametryn ในช่วงฤดูแล้งปริมาณสูงสุด 0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนตัวอย่างตะกอนตรวจไม่พบสารกำจัดวัชพืชทั้งสองฤดู (ตารางที่ 1)

สารกำจัดวัชพืชที่ตรวจพบสูงในช่วงฤดูฝน เนื่องจากเริ่มทำการเพาะปลูกพืช ทำให้มีการใช้สารเหล่านี้เป็นปริมาณมาก สอดคล้องกับข้อมูลการนำเข้า atrazine ปี 2557-2559 ที่มีปริมาณมากกว่า 4 ล้านกิโลกรัม(กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2559) นอกจากนี้ยังเกิดการชะล้าง(run off) โดยน้ำฝนจากพื้นที่เกษตรกรรมลงสู่แหล่งน้ำ จึงพบ atrazine ปนเปื้อนในแม่น้ำทั้ง 3 สาย แม้ atrazine ไม่จัดอยู่ในสารกลุ่ม POPs แต่มีความเป็นพิษสำหรับปลา rainbow trout LC₅₀ (96h) เท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อลิตร (McBean, 2012) ดังนั้นปริมาณที่ตรวจพบนี้จึงถือว่ายังปลอดภัยต่อสัตว์น้ำ และปริมาณที่ตรวจพบส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้(Maximum Allowable Concentration; MAC) ในน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO) 2 ไมโครกรัมต่อลิตร (WHO, 2011)

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่ปนเปื้อนในแม่น้ำป่าสัก ท่าจีน และเจ้าพระยา ในปี 2557-2559

แม่น้ำ	ชนิดตัวอย่าง	ฤดูฝน				ฤดูแล้ง			
		จำนวนทั้งหมด	จำนวนตรวจพบ (%)	สารพิษ	ปริมาณ	จำนวนทั้งหมด	จำนวนตรวจพบ (%)	สารพิษ	ปริมาณ
ป่าสัก (2557)	น้ำ	52	27 (52%)	ametryn	0.01-0.47	52	12 (23%)	ametryn	0.04-0.83
			45 (87%)	atrazine	0.02-13.40		33 (63%)	atrazine	0.03-3.28
							1 (4%)	dicrotophos	0.06
	ตะกอน	41	6 (15%)	atrazine	0.01-0.05	44	2 (5%)	atrazine	0.01-0.04
			1 (2%)	metribuzine	<0.01				
	พืชน้ำ	3		ND		0		ND	
	ปลา	3		ND		0		ND	
ท่าจีน (2558)	น้ำ	48	39 (41%)	atrazine	0.05-0.28	48	5 (5%)	ametryn	0.04-0.06
							8 (8%)	atrazine	0.07-0.09
	ตะกอน	22		ND		29		ND	
	พืชน้ำ	15		ND		16		ND	
เจ้าพระยา (2559)	น้ำ	11	5 (45%)	ametryn	0.01-0.04	11	11 (100%)	atrazine	0.13-0.28
			11 (100%)	atrazine	0.01-0.40				
	ตะกอน	6		ND		6		ND	

น้ำ หน่วยไมโครกรัมต่อลิตร, ตะกอน พืชน้ำ และปลา หน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ND: Not detected หมายถึงตรวจไม่พบ

LOQ: Limit of quantitation, ในน้ำ 0.005-0.050 ไมโครกรัมต่อลิตร, ตะกอน พืชและปลา 0.01-0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สรุปผลการทดลอง

สารกำจัดวัชพืชที่ตรวจพบในแม่น้ำทั้ง 3 สาย ส่วนใหญ่เป็นสารกำจัดวัชพืช ปริมาณที่ตรวจพบส่วนใหญ่ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนดที่ยอมให้มีได้ในน้ำและไม่อยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ถึงแม้ในช่วงฤดูฝนที่มีการเพาะปลูกพืช ตรวจพบสารกำจัดวัชพืชค่อนข้างสูง แต่ปริมาณจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งสลายตัวไปตามช่วงเวลาที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังและประเมินสถานการณ์ที่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในสภาพแวดล้อม และสนับสนุนการยกเลิกและห้ามใช้สารกำจัดศัตรูพืชทางกฎหมาย อย่างไรก็ตาม แม้ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบนี้อยู่ในปริมาณต่ำและไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ เพื่อเป็นการตรวจติดตามสถานการณ์การใช้สารเหล่านี้ รวมทั้งประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเฝ้าระวังและตรวจติดตามอย่างต่อเนื่องต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร. 2559. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2557-2559.

แหล่งข้อมูล: <http://www.doa.go.th/ard/>, 1 ธันวาคม 2559.

McBean, C. 2012. A world Compendium. The Pesticide Manual 16th ed. BCPC.UK.

Stockholm Convention. 2008. The POPs. Available: http://www.chm.pops.int/the_convention/the_pops, Accessed Jan 25, 2015.

World Health Organization (WHO). 2011. Guidelines for drinking-water quality, 4th ed. Available: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf. Accessed March 25, 2016.

วิจัยหาสารสำคัญในสารสกัดน้อยหน่าที่มีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนใยผัก

Study on active substance group in *Annona squamosa* (L.) extract effecting on *Plutella xylostella* (L.) control

ภควรินทร์ ศานติธีโรจน์

นางพรรณิกา อัดตนนท

นางสาวณัฐพร ฉันทศักดิ์ดา

กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยสารสกัดน้อยหน่า เพื่อหาสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนใยผัก โดยทำการสกัดกลุ่มสารกึ่งบริสุทธิ์ จากใบและเมล็ดน้อยหน่า ด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ hexane, chloroform, methanol และน้ำ พบว่า สารออกฤทธิ์มากที่สุดจากเมล็ดน้อยหน่า มี 2 ส่วน คือ น้ำมันสีเหลือง และสารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง ซึ่งให้ผลการตายของหนอนใยผัก 92.3 และ 94.8% ตามลำดับ ส่วนสารออกฤทธิ์มากที่สุดจากใบน้อยหน่า คือ น้ำมันสีเขียว เมื่อทดสอบชนิดของกลุ่มสารทางพิษเคมีด้วยน้ำยาทดสอบต่างๆ พบว่า น้ำมันจากใบและเมล็ดน้อยหน่า มีสารเด่นเป็นสารกลุ่ม terpenoids ส่วนสารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดงจากเมล็ดน้อยหน่า มีสารเด่นเป็นสารกลุ่ม alkaloids ซึ่งตรวจหาตำแหน่งของสารสำคัญดังกล่าวด้วยวิธี HPTLC ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 215 nm โดยใช้วัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) toluene/methanol/ethyl acetate/acetic acid (10/3/10/0.5) เวลาในการ develop 10 นาที แล้วใช้ น้ำยาพ่น anisaldehyde sulfuric acid และน้ำยาพ่น dragendroff 's reagent พบสาร terpenoids ในน้ำมันจากทั้งใบและเมล็ดน้อยหน่า เค้นที่ Rf 0.81 และพบสาร alkaloids เค้นที่ Rf 0.50 ในสารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดงจากเมล็ดน้อยหน่า จึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) ของใบและเมล็ดน้อยหน่า 3 พันธุ์ ได้แก่ น้อยหน่าฝ้าย (เนื้อ) สีเขียว น้อยหน่าญวน (หนัง) สีเขียว และน้อยหน่าเพชรปากช่อง พบว่าสามารถตรวจพบสารสำคัญที่ตำแหน่ง (Rf) ดังกล่าวได้ และให้ผลเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) ของสารสำคัญไม่แตกต่างกัน ทำให้สามารถนำวิธีการดังกล่าวไปใช้ควบคุมคุณภาพวัตถุดิบและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้อยหน่าต่อไป

คำหลัก : สารสกัดกึ่งบริสุทธิ์, เอกลักษณ์โครมาโทกราฟี, น้อยหน่า, หนอนใยผัก

คำนำ

น้อยหน่า ชื่อวิทยาศาสตร์ *Annona squamosa* Linn. มีชื่อสามัญ Sugar Apple, Sweetsop, Custard Apple องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมีสาร anonaine alkaloid, isocorydine สารกลุ่ม acetogenin ชื่อ annonacin A จำแนกตามลักษณะเป็น 2 ชนิด ได้แก่ น้อยหน่าพื้นเมืองหรือน้อยหน่าฝ้าย แบ่งออกได้เป็น 2 สายพันธุ์ ตามลักษณะของสีผลคือ น้อยหน่าฝ้ายเขียวซึ่งมีผลสีเขียว กับน้อยหน่าฝ้ายครั้งมีผลสีม่วงเข้ม และน้อยหน่าหนังหรือน้อยหน่าญวน แบ่งได้ 3 สายพันธุ์ คือ น้อยหน่าหนังเขียวมีผลสีเขียว น้อยหน่าหนังทอง และน้อยหน่าหนังครั้ง นอกจากนี้ยังมี น้อยหน่าพันธุ์ลูกผสม 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์เพชรปากช่องและพันธุ์เนื้อทอง สารสกัดเมทานอลจากใบน้อยหน่ามีความเป็นพิษต่อเพลี้ยอ่อนแล้ว โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 2,089.30 $\mu\text{g/mL}$ (สูตรรัตน์ และคณะ, 2554) จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดต่อเพลี้ยอ่อนพบว่า สารสกัดจากน้อยหน่า ออกฤทธิ์ดีที่สุดต่อเพลี้ยอ่อน จากรายงานวิจัยพบว่าสารสำคัญในใบน้อยหน่าเป็นสารแอลคาลอยด์(alkaloids) แอนโนเนอิน (anonaine) และเรซิน (resin) ในเมล็ดมีน้ำมันอยู่ประมาณ 45% น้ำมันเป็นพิษกับด้วงปีกแข็ง เพลี้ยอ่อน แมลงวัน และมวนปีกแข็ง (สมสุข, 2546) กรกช (2554) ได้ศึกษาฤทธิ์ต่อการสัมผัสโดยตรง (direct contact) ต่อหนอนแมลงวันทองโดยการจุ่มหนอน (dipping) ลงในสารผสมระหว่างใบน้อยหน่าและใบแมงลักค่า LC_{50} 652.80 $\pm$ 13.15 ppm และ 683.25 $\pm$ 38.08 ppm ตามลำดับ และสารสกัดใบน้อยหน่าด้วยเอทานอลน่าจะเป็นสารเพิ่มฤทธิ์แบบ additive effect ให้แก่สารสกัดใบสะเดา

ด้วยเอทานอล และฤทธิ์ของสารสกัดต่อการกินของแมลงวันทองตัวเต็มวัย พบว่าสารสกัดใบน้อยหน่าด้วยน้ำมีประสิทธิภาพทำให้แมลงตายได้ ปานกลาง $LC_{50} 1,710.91 \pm 67.07$ ppm ฤทธิ์สารสกัดผสมควบคุมแมลงได้ปานกลางเช่นกัน สารสกัดใบสะเดาผสมใบน้อยหน่าด้วยเอทานอลกำจัดแมลงได้สูงสุด $LC_{50} 1,605.87 \pm 67.93$ ppm จากการศึกษาของ Khalequzzaman and Sultana (2006) ทดสอบสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยตัวทำลายต่างๆกับตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของมอดแป้ง (Red flour beetle) 4 สายพันธุ์ คือ Raj, CR 1, FSS II และ CTC-12 พบว่าสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยเมทานอลมีความเป็นพิษต่อตัวอ่อนมอดแป้งสายพันธุ์ FSS II น้อยที่สุด และสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยปิโตรเลียมสปีริท มีความเป็นพิษต่อตัวอ่อนมอดแป้งสายพันธุ์ Raj สูงที่สุด สำหรับตัวเต็มวัยของมอดแป้ง สารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยปิโตรเลียมสปีริทมีความเป็นพิษกับสายพันธุ์ CTC-12 สูงที่สุด และสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยอะซิโตนมีความเป็นพิษกับสายพันธุ์ CR 1 น้อยที่สุด สารสกัดหยาบของน้อยหน่าสามารถควบคุมตัวอ่อนผีเสื้อ (Leatemia and Isman, 2004) ควบคุมแมลงวันผลไม้ ชนิด Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) ในระยะฟักไข่ รบกวนการวางไข่ และ ยืดเวลาพัฒนาการของตัวอ่อน (Epino and Chang, 1993) ควบคุมตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของมอดแป้งสีแดง *Tribolium castaneum* Herbst (Khalequzzaman and Sultana, 2006)

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว ได้แก่ volumetric flask, pipette, round bottom flask, cylinder, beaker, vial เป็นต้น
2. สารเคมี ได้แก่ ethyl ether, ethyl acetate, methanol, chloroform, hexane, petroleum ether, น้ำยาฟั่น Anisaldehyde-sulfuric acid, น้ำยาฟั่นและน้ำยาทดสอบ dragendroff, สารเปรียบเทียบ ได้แก่ capsaicin, indole, nicotine, piperine, piperidine, veratrine, berberine, α -pinene, sabinene, limonine เป็นต้น
3. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องซังไฟฟ้า, ultrasonic bath, vacuum pump, เครื่องบดตัวอย่าง, ตู้อบตัวอย่าง, เครื่องระเหยแบบลดความดัน (rotary evaporator), เครื่องที่แอลซีสมรรถนะสูง (HPTLC)

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างใบและเมล็ดน้อยหน่า

นำใบและเมล็ดน้อยหน่า ล้างทำความสะอาด อบให้แห้ง แล้วบดให้ละเอียด

2. ศึกษาตัวทำลายที่เหมาะสมในการสกัดสารจากใบและเมล็ดน้อยหน่า

นำใบและเมล็ดน้อยหน่าบด สกัดด้วยตัวทำลาย hexane, petroleum ether, ethyl ether, chloroform, ethyl acetate, methanol, ethanol, acetone และน้ำ แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPTLC โดยใช้ anisaldehyde-sulfuric acid spray reagent เพื่อทดสอบสารกลุ่ม terpenoids และ dragendroff's spray reagent เพื่อทดสอบสารกลุ่ม alkaloids พบว่า ตัวทำลาย ethyl ether, ethyl acetate, chloroform, methanol, ethanol และ acetone สามารถสกัดสารกลุ่ม alkaloids และ terpenoids ได้ผล HPTLC chromatogram ไม่แตกต่างกัน

3. ศึกษาขั้นตอนการสกัดสารที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผักจากใบและเมล็ดน้อยหน่า

3.1 นำเมล็ดน้อยหน่าในอัตรา 5%w/v แช่ด้วย hexane, methanol และน้ำ แล้วทดสอบฤทธิ์เบื้องต้น ของสารสกัดต่อหนอนใยผัก โดยวิธี Leaf dipping method วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ โดยมีสารสกัดด้วยตัวทำลายแต่ละชนิดเป็นกรรมวิธี แล้วนำสารที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผักที่สุดไปทดสอบกลุ่มสารด้วยน้ำยาทดสอบทางพิษเคมี และหาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี

3.2 นำใบน้อยหน่าแช่ด้วย hexane, methanol และน้ำ ในอัตรา 5%w/v แล้วนำสารสกัดทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นต่อหนอนใยผัก โดยวิธี Leaf dipping method วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ โดยมีสารสกัดด้วยตัวทำลายแต่ละชนิดเป็นกรรมวิธี นำสารที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผักไปทดสอบกลุ่มสารด้วยน้ำยาทดสอบทางพิษเคมีและหาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี

4. ศึกษาเอกลักษณ์ทางโครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) หลังพ่นด้วยน้ำยา anisaldehyde-sulfuric acid และ Dragendroff's spray reagent ของกลุ่มสารสกัดกึ่งบริสุทธิ์ที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผัก โดยศึกษาสภาวะของเครื่องที่แอลซีสมรรถนะสูง (HPTLC) วัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) และน้ำยาพ่น (spray reagent) ที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นวิธีตรวจวัดชนิดและตำแหน่ง (Rf) ของสารที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผัก

5. เปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนใยผัก ในใบและเมล็ดน้อยหน่าพันธุ์ต่างๆ

เปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ที่พบในใบและเมล็ดน้อยหน่าพันธุ์ต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเลือกวัตถุดิบเพื่อพัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์ โดยเตรียมสารสกัดใบและเมล็ดน้อยหน่าพันธุ์ต่างๆ ด้วย hexane, methanol และน้ำ ในอัตรา 5%w/v แล้วนำสารสกัดที่ได้ ไปทดสอบด้วยเทคนิค HPTLC

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2558 สิ้นสุด กันยายน 2559

สถานที่ทดลอง กลุ่มงานวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตรจากสารธรรมชาติ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาขั้นตอนการสกัดสารที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผักจากใบและเมล็ดน้อยหน่า

ผลการสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วย hexane, methanol และน้ำ แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นต่อหนอนใยผัก พบว่าหนอนใยผักตาย 75.0%, 87.5% และ 0.0% ตามลำดับ ทำให้ทราบว่า hexane และ methanol สามารถสกัดสารที่มีฤทธิ์ในการกำจัดหนอนใยผักจากเมล็ดน้อยหน่าได้ จึงสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วย hexane และ methanol แล้วนำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน ได้น้ำมันสีเหลือง จากสารสกัด hexane และได้สารสกัดหยาบจากสารสกัด methanol จากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้มาสกัดสารกึ่งบริสุทธิ์ด้วยวิธีการทางเคมี โดยใช้ hexane, chloroform และ methanol แล้วนำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน ได้สารสำคัญ 4 ส่วน คือ ได้น้ำมันสีเหลือง, ได้สารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง, ได้สารชั้นหนืดสีน้ำตาลเหลือง และได้เกล็ดน้ำตาลสีขาว ตามลำดับ (รูปที่ 1) เมื่อนำสารทั้ง 4 ส่วนในอัตรา 2%w/v ทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นต่อหนอนใยผัก พบว่าหนอนใยผักตาย 92.3, 94.8, 72.5 และ 27.5% ตามลำดับ ทำให้ทราบว่าในเมล็ดน้อยหน่า ประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ในการกำจัดหนอนใยผักได้ดี อยู่ในชั้นน้ำมันสีเหลือง, สารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง รองลงมาคือ สารชั้นหนืดสีน้ำตาลเหลือง เมื่อนำสารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดงไปสกัดต่อด้วย chloroform และน้ำ ได้สารกึ่งบริสุทธิ์ alkaloids ซึ่งมีปริมาณมาก และเป็นสารสำคัญที่สามารถบ่งชี้เอกลักษณ์ของสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าได้ จากผลที่ได้ทำให้ทราบว่าสารจากเมล็ดน้อยหน่าที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผัก เป็นสารประเภทที่มีสภาพขั้วน้อยถึงขั้วปานกลาง จึงนำน้ำมันสีเหลือง และสารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดงไปทดสอบกลุ่มสารทางพิษเคมี และหาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี

ผลการสกัดใบน้อยหน่าโดยการแช่ ใน hexane, methanol และ น้ำ ในอัตรา 5%w/v แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นต่อหนอนใยผัก พบว่าทำให้หนอนตาย 50.0%, 10.0% และ 14.0% ตามลำดับ จากผลทำให้ทราบว่าสารจากใบน้อยหน่าที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผักสามารถละลายได้ใน hexane จึงสกัดใบน้อยหน่าด้วย hexane แล้วนำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน ได้น้ำมันสีเขียว 8.53%w/w จึงนำน้ำมันสีเขียว ไปทดสอบกลุ่มสารทางพิษเคมี และหาเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี

2. การวิเคราะห์เอกลักษณ์ทางโครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) ด้วยเครื่องที่แอลซีสมรรถนะสูง (HPTLC) ของใบและเมล็ดน้อยหน่าเนื้อ น้อยหน่าหนัง น้อยหน่าเพชรปากช่อง และสารกึ่งบริสุทธิ์ที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผัก

ได้สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High performance thin layer chromatography (HPTLC) เพื่อหาชนิดและตำแหน่ง Rf ของสารสำคัญ ดังนี้คือ ใช้แผ่น TLC ชนิด HPTLC plate silica gel 60F254 size 20x10cm ใช้วัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) toluene/methanol/ethyl acetate/acetic acid (10/3/10/0.5) ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 215 nm ใช้เวลาในการ develop 10 นาที ตรวจสอบภายใต้แสง UV 254, UV 366 และ white light ก่อน

และหลังใช้น้ำยาพ่น dragendroff 's reagent สำหรับทดสอบสารกลุ่ม alkaloids และน้ำยาพ่น anisaldehyde sulfuric acid สำหรับทดสอบสารกลุ่ม terpenoids

ผลการทดสอบสารกลุ่ม alkaloids ในใบ และเมล็ดน้อยหน่า และสารสกัดกึ่งบริสุทธิ์ พบว่าตำแหน่ง (Rf) ของสารกลุ่ม alkaloids ในสารสกัดใบและเมล็ดน้อยหน่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของเมล็ดน้อยหน่าทั้ง 3 พันธุ์ พบพิกจาก HPTLC chromatogram เด่นที่ Rf 0.50 และ 0.81 และในใบน้อยหน่าทั้ง 3 พันธุ์ พบพิกเด่นที่ Rf 0.81 ผลจาก HPTLC fingerprint ไม่พบ alkaloids ในใบน้อยหน่า แต่พบ alkaloids หลายชนิดในเมล็ด ได้แก่ ที่ Rf 0.20, 0.38, 0.50 และ 0.59 เมื่อทดสอบสารสกัดกึ่งบริสุทธิ์ที่มีฤทธิ์ต่อหนอนไผ่ได้แก่ สารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง (จากเมล็ด) พบว่ามีสาร alkaloids ที่เด่นที่ Rf 0.50 ซึ่งเป็นสารบ่งชี้ที่พบเฉพาะในเมล็ดน้อยหน่า เมื่อตรวจวัด spectrum ที่ความยาวคลื่น 190-600 nm ของสารที่ตำแหน่ง Rf 0.50 ได้ spectrum ดังรูปที่ 2 จากการทดสอบด้วยน้ำยาพ่น dragendroff's reagent ปรากฏแถบสีส้มภายใต้แสงธรรมชาติ

ผลการทดสอบสารกลุ่ม terpenoids ในใบน้อยหน่า เมล็ดน้อยหน่า และสารสกัดกึ่งบริสุทธิ์ พบว่าตำแหน่ง (Rf) ของสารกลุ่ม terpenoids ในสารสกัดใบและเมล็ดน้อยหน่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ จาก HPLC fingerprint พบ terpenoids ทั้งในใบเมล็ดและเมล็ดน้อยหน่าหลายชนิด ได้แก่ ที่ Rf 0.28, 0.65 และ 0.81 โดยในใบน้อยหน่ามีเพิ่มเติมที่ Rf 0.60 เมื่อนำสารสกัดกึ่งบริสุทธิ์ที่มีฤทธิ์ต่อหนอนไผ่ ทำให้ทราบว่า น้ำมันสีเหลือง (จากเมล็ด) และ น้ำมันสีเขียว (จากใบ) มีสารกลุ่ม terpenoids เด่นที่ Rf 0.81 เมื่อตรวจวัด spectrum ที่ความยาวคลื่น 190-600 nm ของสารที่ตำแหน่ง Rf 0.81 ได้เป็น spectrum ดังรูปที่ 2 จากการทดสอบด้วยน้ำยาพ่น anisaldehyde sulfuric acid แล้วให้ความร้อน ปรากฏแถบสีม่วงภายใต้แสงธรรมชาติ ซึ่งได้ HPTLC fingerprint รูปที่ 3 และ HPTLC chromatogram รูปที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ terpenoid ที่พบในเมล็ดและใบน้อยหน่า พบว่าเมล็ดน้อยหน่ามีปริมาณ terpenoids มากกว่าในใบ

ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ที่พบในใบและเมล็ดน้อยหน่าพันธุ์ต่างๆ ทำให้ทราบว่า ในใบและเมล็ดน้อยหน่าทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณ alkaloids และ terpenoids ใกล้เคียงกัน สามารถเลือกใช้เป็นตัวฤๅติบเพื่อพัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

จากการสกัดกลุ่มสารกึ่งบริสุทธิ์ จากใบและเมล็ดน้อยหน่า ด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ hexane, chloroform, methanol และน้ำ พบว่า ในเมล็ดน้อยหน่ามีสารออกฤทธิ์มากที่สุด 2 ส่วน คือ น้ำมันสีเหลือง และสารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง ซึ่งให้ผลการตายของหนอนไผ่ 92.3 และ 94.8% ตามลำดับ ส่วนสารออกฤทธิ์มากที่สุดในใบน้อยหน่า คือน้ำมันสีเขียว เมื่อทดสอบชนิดของกลุ่มสารทางพิษเคมีด้วยน้ำยาทดสอบต่างๆ พบว่า น้ำมันน้อยหน่า มีสารเด่นเป็นสารกลุ่ม terpenoids ส่วนสารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดง มีสารเด่นเป็นสารกลุ่ม alkaloids จึงตรวจหาตำแหน่งของสารสำคัญดังกล่าวด้วยวิธี HPTLC ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 215 nm โดยใช้วัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) toluene/methanol/ethyl acetate/acetic acid (10/3/10/0.5) เวลาในการ develop 10 นาที แล้วใช้น้ำยาพ่น anisaldehyde sulfuric acid และน้ำยาพ่น dragendroff 's reagent พบสาร terpenoids ในน้ำมันจากทั้งใบและเมล็ดน้อยหน่า ที่ Rf 0.81 และ สาร alkaloids ในสารชั้นหนืดสีน้ำตาลแดงจากเมล็ดน้อยหน่าที่ Rf 0.50 จึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบเอกลักษณ์ทางโครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) ของใบและเมล็ดน้อยหน่า 3 พันธุ์ ได้แก่ น้อยหน่าฝ้าย (เนื้อ) สีเขียว น้อยหน่าญวน (หนัง) สีเขียว และน้อยหน่าเพชรปากช่อง พบว่าสามารถตรวจสอบสารสำคัญที่ตำแหน่ง (Rf) ดังกล่าวได้ และให้ผลเอกลักษณ์โครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) ของสารสำคัญไม่แตกต่างกัน ทำให้สามารถนำวิธีการดังกล่าวไปใช้ควบคุมคุณภาพวัตถุดิบและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้อยหน่าต่อไป

ข้อเสนอแนะและการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยนี้ ทำให้ทราบข้อมูลกลุ่มสารสำคัญ วิธีสกัดและตรวจสอบสารที่มีฤทธิ์ต่อหนอนใยผักจากใบและเมล็ดน้อยหน่า สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการต่อยอดงานวิจัยเพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชจากน้อยหน่า โดยใช้ข้อมูลเอกลักษณ์ทางโครมาโทกราฟี (HPTLC fingerprint) ในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์สารสกัดน้อยหน่า (งานวิจัยต่อเนื่อง ปี 2560)

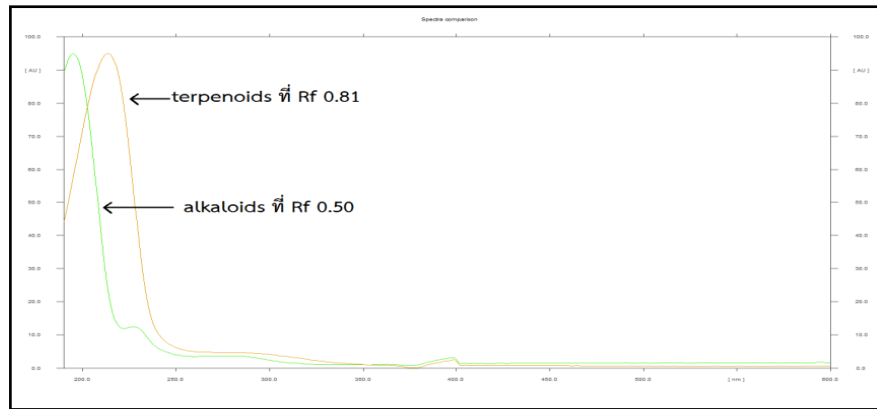
เอกสารอ้างอิง

- กรกช อินทราพิเชฐ. 2554. รายงานการวิจัยการควบคุมโดยชีววิธีแมลงวันผลไม้ด้วยพืช. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุดารัตน์ หอมหวล, ยุวดี ชูประภาวรรณ และวิรัตน์ จันทร์ตรี. 2554. ฤทธิ์ฆ่าแมลงของพืชต่อเพลี้ยอ่อนถั่ว. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปี 22 ที่ 13 ฉบับที่ 4 ตุลาคม-ธันวาคม.
- สมสุข ศรีจักรวาล. 2546. พืชฆ่าแมลง. ใน: พืชฆ่าแมลง และพืชมีพิษบางชนิดในประเทศไทย. (ไม่ระบุบรรณาธิการ). สำนักงานเกษตร และสหกรณ์จังหวัดอุบลราชธานี: อุบลราชธานี.
- Epino, P.B., and F. Chang. 1993. Insecticidal activity of *Annona squamosa* (L.) seed extracts against the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) Diptera:Tephritidae. *Philippine Entomologist* 9(2): 228-238.
- Khalequzzaman, M. and S. Sultana. 2006. Insecticidal activity of *Annona squamosa* L. seed extracts against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Biological-Sciences* 14: 107-112.
- Leatemia, J.A. and M.B. Isman. 2004. Insecticidal activity of crude seed extracts of *Annona* spp., *Lansium domesticum* and *Sandoricum koetjape* against Lepidopteran Larvae. *Phytoparasitica* 32(1): 30-37.

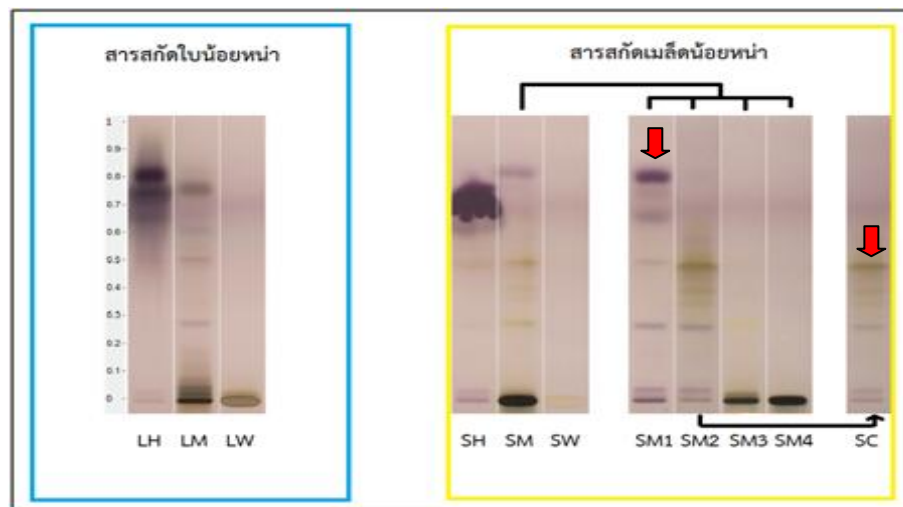
ภาคผนวก



รูปที่ 1 สารสกัดกึ่งบริสุทธิ์จากเมล็ดน้อยหน่า



รูปที่ 2 spectrum ของสาร alkaloids ที่ Rf 0.50 และสาร terpenoids ที่ Rf 0.81



รูปที่ 3 HPTLC fingerprint ของสารสกัดกึ่งบริสุทธิ์จากใบและเมล็ดน้อยหน่า
ทดสอบ terpenoids ด้วยน้ำยา anisaldehyde-sulfuric acid

LH = ใบสกัด hexane

SH = เมล็ดสกัด hexane

SM1 = น้ำมันสีเหลือง

SM4 = เกล็ดน้ำตาลสีขาว

LM = ใบสกัด methanol

SM = เมล็ดสกัด methanol

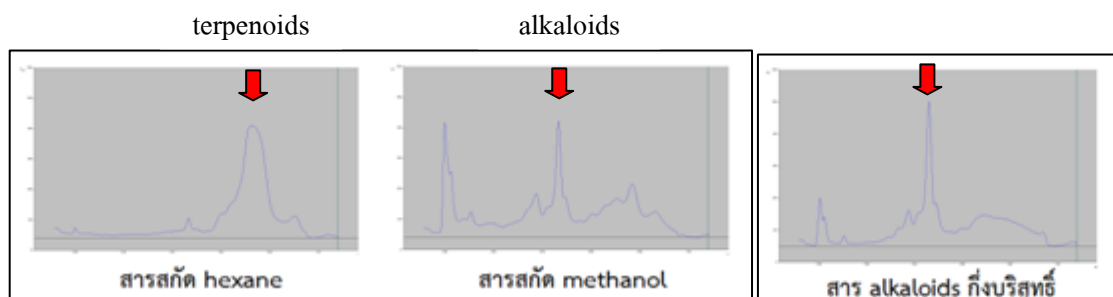
SM2 = ของเหลวชั้นสีน้ำตาลแดง

SC = alkaloid กึ่งบริสุทธิ์

LW = ใบสกัด water

SW = เมล็ดสกัด water

SM3 = ของเหลวชั้นสีน้ำตาลเหลือง



รูปที่ 4 HPTLC chromatogram ของสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า และ สาร alkaloids กึ่งบริสุทธิ์

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์กลุ่มสารป้องกันกำจัดโรคพืช
ในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช: คาร์เบนดาซิม (carbendazim) และ
โทลโคลฟอส – เมทิล (tolclofos-methyl)
Method Validation of Analytical Active Ingredient of Fungicide Group
in Pesticide Product : Carbendazim and Tolclofos-methyl

ฉลองรัตน์ หมื่นขวา จิราพรรณ ทองหยอด พินิตนันต์ สรวายเอี่ยม ดวงรัตน์ วิลาสินี
พนิดา มงคลวุฒิกุล และ สุกัญญา คำคง

กลุ่มวิจัยวัฏมีพิษการเกษตร

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์กลุ่มสารป้องกันกำจัดโรคพืช carbendazim (คาร์เบนดาซิม) และ tolclofos-methyl (โทลโคลฟอส – เมทิล) carbendazim ใช้เทคนิค HPLC ได้สภาวะที่เหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ คือ อัตราการไหล 1.0 ml อัตราส่วน Mobile phase น้ำ ต่อ methanol (40:60) ความยาวคลื่น 280 nm อุณหภูมิคอลัมน์ 45 °C ปริมาณการฉีด 10.0 µL เวลาในการฉีด 4.0 min สำหรับ tolclofos-methyl ใช้เทคนิค GC ได้สภาวะที่เหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ คือ อัตราการไหล 2 ml/min แก๊สฮีเลียม (He) เป็นแก๊สตัวพา อุณหภูมิการฉีด 250 °C อุณหภูมิคอลัมน์ 220 °C อุณหภูมิตัวตรวจจับ 250 °C โหมดการฉีด Split ratio 50 : 1 ปริมาณการฉีด 1 µL เวลาในการวิเคราะห์ 4.0 min ผลการทดลอง Working range และ Linearity ได้ค่า correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99998, 0.99996 (carbendazim) และ 0.99994, 0.99991 (tolclofos-methyl) ผ่านเกณฑ์ยอมรับของ AOAC ≥ 0.995 ค่า Specificity/selectivity ไม่มีการรบกวนจากสารปนเปื้อน ค่าความถูกต้อง (Accuracy) วัดจาก %Recovery ได้ค่า %Recovery เท่ากับ 99.9, 99.4, 100.0% (carbendazim) และ 101.5, 99.5, 99.5% (tolclofos-methyl) ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ยอมรับ (98 - 102%) ค่าความเที่ยง (Precision) ประเมินจากค่า repeatability และ within laboratory reproducibility สำหรับ repeatability ของ carbendazim ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.874, 1.066 และ 1.028 within laboratory reproducibility ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 1.028, 0.779 และ 0.986 สำหรับ repeatability ของ tolclofos-methyl ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.498, 0.325 และ 0.504 Within laboratory reproducibility ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 1.064, 0.666 และ 1.115 ตามลำดับ robustness/ruggedness ได้ค่า HORRAT เท่ากับ 0.662, 1.093 และ 1.102 (carbendazim) และ 0.355, 0.306 และ 0.416 (tolclofos-methyl) ตามลำดับ ความเข้มข้นที่ใช้ทุกการทดลองใช้ 3 ระดับความเข้มข้น (เกณฑ์ AOAC ค่า HORRAT ที่ยอมรับ < 2 และ เกณฑ์ Codex, EU ค่า HORRAT ที่ยอมรับ ≤ 2) และค่าสุดท้าย Uncertainty ได้เท่ากับ $44.14 \pm 0.54\%$ W/W (carbendazim) และ $47.46 \pm 0.30\%$ W/W (tolclofos-methyl) ผลการวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์ยอมรับในระดับสากล

คำสำคัญ : การตรวจสอบความใช้ได้ สารป้องกันกำจัดโรคพืช สารออกฤทธิ์

คำนำ

คาร์เบนดาซิม (carbendazim) และ โทลโคลฟอสเมทิล (tolclofos-methyl) สารทั้งสองชนิดเป็นสารกำจัดโรคพืช (ปรีชา, 2537) ที่ใช้กันมาหลายสิบปี เนื่องจากสารในกลุ่มนี้มีไม่มากจึงทำให้อยู่ในตลาดได้นาน วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ยังไม่เป็นปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวิธีขึ้นใหม่ให้สอดคล้องกับปัจจุบัน และกำหนดให้เป็นวิธีมาตรฐาน การกำหนดวิธีวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานเป็นเรื่องสำคัญเพื่อให้ผู้บริโภคได้ประโยชน์สูงสุด ใช้สารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ความถูกต้องของผลวิเคราะห์จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ดังนั้น องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้มีการกำหนดหลักเกณฑ์ต่างๆไว้ เกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ (a.i) และประสิทธิภาพ (FAO specification, 2016) นอกจากนี้ยังมีการกำหนดวิธีวิเคราะห์สารดังกล่าวไว้ด้วย แต่ยังไม่ครอบคลุมทุกสารเนื่องจากว่าสารกำจัดศัตรูพืชมีหลายชนิด ดังนั้น การพิสูจน์ความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการจะทำให้ผลวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือและถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับ Carbendazim มีวิธีวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานกำหนดไว้ใน CIPAC H โดยวิธีวิเคราะห์มีสองแบบ คือ ใช้เทคนิค HPLC และ UV-Vis Spectroscopy เนื่องจากวิธี UV-Vis Spectroscopy มีความแม่นยำน้อยกว่า ผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนาวิธี HPLC สำหรับในวิธีมาตรฐานของ Carbendazim ใช้สภาวะของเครื่อง HPLC คอลัมน์ 330 x 430 mm (i.d.) อัตราการไหล 1.5 ml/min อัตราส่วน Mobile phase : Methanol : สารละลาย 0.5% (30:65) ความยาวคลื่น 282 nm ปริมาณการฉีด 20 µL เวลาในการวิเคราะห์ 4 นาที การเตรียมตัวทำละลายใช้ส่วนผสมระหว่าง Sulphuric acid (10ml) กับ dioxane (90ml) (Dobrat and Martijn, 2000) จะพบว่าในขั้นตอนการเตรียมสารละลาย มีการใช้สาร dioxane เป็นจำนวนมาก มากกว่า 90% เป็นที่ทราบกันดีว่าสารชนิดนี้เป็นอันตรายต่อมนุษย์สูงแม้สัมผัสเพียงเล็กน้อยก็เกิดอันตรายได้ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผู้วิเคราะห์ จึงได้หาสารตัวทำละลายตัวใหม่ทดแทนที่มีความปลอดภัยมากกว่า พบว่า carbendazim สามารถละลายได้ในน้ำ ที่ 24 °C dimethylformamide 5 g/L acetone และ ethanol 0.3 g/L ส่วนสารอื่นๆ ละลายได้น้อยกว่า 0.2 g/L (AgroChemical, 1993) จากการศึกษาสารละลายทั้งหมด พบว่า ethanol ดึงสารออกฤทธิ์ออกมาได้ดีที่สุดเทียบเท่าสารละลายตามวิธีมาตรฐาน ผู้วิจัยจึงได้นำสารละลายนี้มาเป็นตัวทำละลายในการทำวิจัยร่วมกับ Methanol และสำหรับ tolclofos-methyl ไม่ได้กำหนดวิธีวิเคราะห์ไว้ ผู้วิเคราะห์จึงได้ทดสอบวิธีวิเคราะห์ขึ้นเองโดยอาศัยสมบัติทางเคมีของสาร จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า tolclofos-methyl มีจุดเดือดที่ต่ำ (70-80°C) ระเหยได้ง่าย ละลายใน acetone ได้ดี (g/kg ที่ 26°C) (AgroChemical, 1993) ผู้วิจัยจึงเลือกเทคนิค GC ในการทดสอบวิธี และดำเนินการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบตามข้อกำหนดต่างๆ ของ Method Validation

วิธีดำเนินการ

1. การตรวจสอบความใช้ได้ของปริมาณสารออกฤทธิ์ carbendazim และ tolclofos-methyl

1.1 ตรวจสอบ Linearity/ Working Range

เตรียมสารมาตรฐาน 5 ระดับความเข้มข้น carbendazim ในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.001 - 0.250 mg/ml และ tolclofos-methyl 0.001 - 2.500 mg/ml สำหรับ Linearity ของ carbendazim ที่ความเข้มข้น 0.050 - 0.150 mg/ml และ tolclofos-methyl ที่ความเข้มข้น 0.500 - 1.500 mg/ml นำสารละลายฉีดเข้าเครื่อง HPLC (carbendazim) และ GC (tolclofos-methyl) โดยฉีดสารละลายเรียงจากความเข้มข้นน้อยไปมาก และสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (แกน X) กับค่า response (แกน Y) พิจารณาช่วงความเป็นเส้นตรง และคำนวณค่า correlation coefficient (r) ≥ 0.995

1.2 การตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy)

เตรียม stock standard carbendazim 0.2 mg/ml และ tolclofos-methyl 5.0 mg/ml ละลายด้วยสารละลายประมาณ 3 ใน 4 ของปริมาตรขวด เขย่า ultrasonic bath 15 นาที (กรณี carbendazim ละลายด้วย ethanol 4 ส่วนใน 10 ส่วนก่อน จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง ultrasonic bath 30 นาที และต่อมาเติม methanol 4 ส่วนใน 10 อีกครั้ง และเขย่าต่ออีก 10 นาที จากนั้นปล่อยให้สารละลายปรับตัวเข้าสู่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรจนถึงขีดวัดปริมาตร ส่วนการเตรียมสารละลาย stock sample เตรียม 0.05 mg/ml (สำหรับ carbendazim) และเตรียมสารละลายตัวอย่าง 1 mg/ml (สำหรับ tolclofos-methyl) นำสารละลายไปเตรียมเป็นสาร original sample (O) และสาร fortified sample (F) และคำนวณ ค่า %Recovery ตามสูตร

$$\% \text{Recovery} = \frac{F - O}{C} \times 100$$

เมื่อ F คือ ปริมาณสารในสารละลาย fortified sample, mg/ml

O คือ ปริมาณสารในสารละลาย original sample, mg/ml

C คือ ปริมาณ added sample, mg

ค่าความถูกต้อง ต้องได้ %Recovery อยู่ในช่วง 98 – 102% ตามเกณฑ์ AOAC

1.3 การตรวจสอบความเที่ยง (Precision)

ทำการประเมินค่าความเที่ยงโดยใช้ Repeatability และ Within Laboratory Reproducibility เตรียมสารละลายมาตรฐาน 3 ความเข้มข้น ให้ครอบคลุม และสร้าง calibration curve ของ standard และเตรียมสารละลายตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ 3 ความเข้มข้น จำนวนตัวอย่างละ 10 ข้ำ สำหรับ Repeatability 1 ชุด และ Within Laboratory Reproducibility 1 ชุด จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์สารตัวอย่างผลิตภัณฑ์ และคำนวณหาค่า HORRAT การประเมินค่า HORRAT ดังนี้

$$\text{HORRAT (Horwitz's ratio)} = \frac{\% \text{RSD ที่ได้จากการวิเคราะห์}}{\text{Predicted Horwitz RSD จากทฤษฎี}}$$

$$\text{เมื่อ \%RSD (relative standard deviation)} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100$$

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

C คือ อัตราส่วนความเข้มข้นของ analyte

1.4 การตรวจสอบความคงทนของวิธีวิเคราะห์ Robustness/Ruggedness

โดยเปลี่ยนสภาวะเงื่อนไขของการวิเคราะห์ เปลี่ยนอัตราการใช้และอุณหภูมิ (Robustness) และเปลี่ยนเครื่องมือวิเคราะห์เป็นอีกเครื่องหนึ่งและเปลี่ยนคอลัมน์ใช้ condition ในการวิเคราะห์เหมือนเดิม (Ruggedness) ทำตามขั้นตอนเหมือนข้อ 1.3

1.5 การตรวจสอบความเฉพาะเจาะจง (Specificity/selectivity)

เตรียมสารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่าง ตามข้อ 1.3 จากนั้นนำสารมาตรฐาน สารตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ และ Blank ฉีด เข้าเครื่องมือวิเคราะห์

2. การประมาณค่าความไม่แน่นอนของการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์กลุ่มสารกำจัดโรคพืชในผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช carbendazim และ tolclofos-methyl

ประเมินที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% (ทิพวรรณ, 2549)

ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง

ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2559 ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพวัตถุมีพิษ การเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. Linearity carbendazim ได้ค่า correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99996 และ tolclofos-methyl ได้ค่า correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99991 ในส่วน Working Range carbendazim ได้ค่า correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99998 และ tolclofos-methyl ได้ค่า correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99994 จากค่า (r) ที่ได้ของสารทั้งสองมีค่ามากกว่า 0.995 จึงผ่านเกณฑ์ยอมรับตามมาตรฐาน และการตรวจสอบความเฉพาะเจาะจง (Specificity/selectivity) พบว่า วิธีวิเคราะห์ทั้งสองวิธีไม่ตอบสนองต่อสารอื่น จึงมีความจำเพาะเจาะจง สำหรับ ค่า precision ค่า Accuracy และค่าความคงทนของวิธีวิเคราะห์ Robustness/Ruggedness แสดงผลดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ค่า precision แบบ repeatability และ within laboratory reproducibility

สารป้องกันกำจัดโรคพืช	ความเข้มข้น (mg/ml)	repeatability			within laboratory reproducibility		
		Mean	SD	HORRAT	Mean	SD	HORRAT
carbendazim	0.05	43.87	0.574	0.874	43.21	0.702	1.028
	0.10	44.40	0.708	1.066	43.51	0.508	0.779
	0.15	44.17	0.679	1.028	43.88	0.649	0.986
Tolclofos-methyl	0.50	47.14	0.347	0.498	46.57	0.890	0.498
	1.00	47.66	0.230	0.325	46.95	0.460	0.325
	1.50	47.60	0.342	0.504	46.25	0.705	1.115

ตารางที่ 2 ค่า Accuracy และ Robustness/Ruggedness

สารป้องกันกำจัดโรคพืช	ความเข้มข้น (mg/ml)	Accuracy			ความเข้มข้น (mg/ml)	Robustness/Ruggedness		
		Original	Spike	%Recovery		Mean	SD	HORRAT
carbendazim	0.02	0.419	0.815	101.5	0.05	43.57	0.431	0.662
	0.10	0.419	1.404	99.5	0.10	44.28	0.722	1.093
	0.14	0.419	1.734	99.5	0.15	44.22	0.728	1.102
Tolclofos-methyl	0.20	26.18	36.62	99.9	0.50	46.75	0.245	0.355
	1.00	26.14	51.67	99.4	1.00	47.57	0.215	0.306
	1.40	26.17	61.98	100.0	1.50	47.73	0.469	0.416

2. ได้ค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ของ carbendazim เท่ากับ 44.14 ± 0.54 %W/W และ tolclofos-methyl เท่ากับ 47.46 ± 0.30 % W/W (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทั้งสองชนิดได้วิธีวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ ดังนี้ carbendazim ใช้เทคนิค HPLC ได้สภาวะที่เหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตร/นาที อัตราส่วน Mobile phase น้ำต่อเมทานอล (40:60) ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร อุณหภูมิคอลัมน์ 45 องศาเซลเซียส ปริมาณการฉีด 10.0 ไมโครลิตร เวลาในการฉีด 4.0 นาที และโทลโคลฟอส – เมทิล ใช้เทคนิค GC ได้สภาวะที่เหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ อัตราการไหล 2 มล./นาที แก๊สฮีเลียม (He) เป็นแก๊สตัวพา อุณหภูมิการฉีด 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิคอลัมน์ 220 องศาเซลเซียส อุณหภูมิตัวตรวจจับ 250 องศาเซลเซียส โหมดการฉีด Split ratio 50 : 1 ปริมาณการฉีด 1 ไมโครลิตร เวลาในการวิเคราะห์ 4.0 นาที เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ต่างๆ ตาม วิธี Method Validation ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับทั้งหมด ฉะนั้น วิธีที่ปรับปรุงนี้จึงสามารถนำมาใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการตรวจหาปริมาณสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์สารกำจัดโรคพืช carbendazim และ tolclofos-methyl ในห้องปฏิบัติการต่างๆ ได้

การนำไปใช้ประโยชน์

1. สามารถนำวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี กำหนดเป็นวิธีมาตรฐานสำหรับห้องปฏิบัติการเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สารกำจัดโรคพืช carbendazim และ tolclofos – methyl
2. สามารถนำวิธีวิเคราะห์ที่ได้ ไปใช้ในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาดได้

เอกสารอ้างอิง

ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 124 หน้า

ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์. 2537. สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย. ฝ่ายสารวัตรเกษตร กองควบคุมพืชและวัสดุ

การเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 371 หน้า

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

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

FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Specifications (JMPS). 2016. Manual on Development and Use
of FAO and WHO Specifications for Pesticides 3rd. Pages 82-88, 153-156. World Health
Organization Food and Agriculture Organization of the United Nation Rome.

ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดหวานในดินร่วน-ร่วนปนทราย : ชุดดินท่าม่วง

Response of Sweet Corn to Fertilizer Application in Sandy Loam Soil : Tha Muang Soil Series

ปิยะนันท์ วิวัฒน์วิทยา สมฤทัย ตันเจริญ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ ศิริขวัญ ภู่นา ไพโรสน รุจิคุณ

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดหวานนั้นปัจจัยที่สำคัญนอกจากการใช้พันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงแล้วยังต้องมีการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมกับพันธุ์ที่ใช้และสภาพพื้นที่ปลูก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าการตอบสนองต่อปุ๋ยของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 ในดินร่วนปนทราย ชุดดินท่าม่วง เพื่อให้ได้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยในโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทสเซียมกับข้าวโพดหวานอย่างมีประสิทธิภาพ ดำเนินการทดลองในปี 2558 ที่แปลงเกษตรกรรมตำบลกลอนโด อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block ประกอบด้วย 3 ซ้ำ 10 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ใส่ปุ๋ย 0-10-10 2) ใส่ปุ๋ย 15-10-10 3) ใส่ปุ๋ย 30-10-10 4) ใส่ปุ๋ย 45-10-10 5) ใส่ปุ๋ย 30-0-10 6) ใส่ปุ๋ย 30-5-10 7) ใส่ปุ๋ย 30-15-10 8) ใส่ปุ๋ย 30-10-0 9) ใส่ปุ๋ย 30-10-5 10) ใส่ปุ๋ย 30-10-15 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่

ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ย เมื่อพิจารณาจากผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพด พบว่า การใส่ปุ๋ย 15-5-5 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด

คำหลัก : ข้าวโพดหวาน การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ย ชุดดินท่าม่วง

คำนำ

ปัจจุบันข้าวโพดหวานจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ นอกจากการบริโภคเป็นข้าวโพดฝักสดแล้ว ยังมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งบรรจุกระป๋อง ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศทำรายได้ให้แก่ประเทศ ซึ่งในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานในรูปข้าวโพดหวานกระป๋อง มีปริมาณการส่งออกสูงมากเป็นอันดับ 1 ของโลกประมาณ 184,178 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,770 ล้านบาท รองลงมาได้แก่ฮังการี ฝรั่งเศส สหรัฐอเมริกา และจีน ตามลำดับ (คณะทำงานพัฒนาสารสนเทศการเกษตรระดับประเทศ, 2555) ข้าวโพดหวานสามารถเจริญเติบโตในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 10-45 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิในประเทศไทยจึงเหมาะแก่การปลูกข้าวโพดหวานตลอดทั้งปี ยกเว้นตามบริเวณที่ราบสูงในฤดูหนาว ซึ่งเป็นช่วงสั้นๆ เท่านั้น (ทวีศักดิ์, 2540) ดินที่เหมาะสมสำหรับใช้ปลูกข้าวโพดหวานเป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ร่วนเหนียวปนทราย และร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ปฏิกริยาของดินอยู่ในช่วง 5.5 – 6.8 (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ปัจจัยที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวานนั้น นอกจากการใช้พันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่แล้ว ยังต้องมีการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมด้วย ซึ่งการจัดการดินและปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องสัมพันธ์กับพันธุ์ที่ใช้และสภาพพื้นที่ปลูก เนื่องจากข้าวโพดหวานแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะประจำพันธุ์ และมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำข้าวโพดหวานต่างสายพันธุ์กันไปปลูกในพื้นที่ที่มีสภาพดินและสภาพภูมิอากาศเดียวกันอาจให้ผลผลิตต่างกัน ขึ้นอยู่กับศักยภาพของแต่ละพันธุ์ และในขณะเดียวกันการปลูกข้าวโพดหวานสายพันธุ์เดียวกันในพื้นที่ที่มีสภาพดินและสภาพภูมิอากาศต่างกัน การให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานในแต่ละพื้นที่ก็จะ

แตกต่างกันด้วย ทั้งนี้เนื่องจากดินในแต่ละพื้นที่มีศักยภาพต่างกันทั้งในด้านของลักษณะทางกายภาพ เช่น เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความหนาแน่นรวมของดิน และลักษณะทางเคมี เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดหวาน แต่ทั้งนี้อัตราปุ๋ยที่แนะนำให้ใช้ของข้าวโพดฝักสดในปัจจุบันยังเป็นคำแนะนำแบบกว้างๆ ซึ่งไม่ได้เฉพาะเจาะจงกับพันธุ์ข้าวโพดหวานและสภาพพื้นที่ปลูก ทำให้การผลิตข้าวโพดหวานมีประสิทธิภาพต่ำไม่เป็นไปตามเป้าหมาย จึงทำการศึกษการตอบสนองต่อปุ๋ยของข้าวโพดหวานในดินร่วนปนทราย เพื่อให้ได้ข้อมูลการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมของข้าวโพดหวานที่เฉพาะเจาะจงกับพันธุ์ในดินร่วนปนทราย สำหรับนำไปใช้ประกอบการจัดทำคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเฉพาะพื้นที่กับข้าวโพดหวานอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มศักยภาพในการผลิตข้าวโพดหวานของประเทศไทย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3
2. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ปุ๋ยทรูปิเลซซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O)
3. อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับเก็บตัวอย่างพืช และตัวอย่างดิน
4. เครื่องวัดความหวาน และเวอร์เนีย
5. ระบบน้ำหยด

วิธีการ

1. แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำ 10 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ย 0-10-10 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่	กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ย 15-10-10 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ย 30-10-10 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่	กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ย 45-10-10 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่
กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ย 30-0-10 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่	กรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ย 30-5-10 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่
กรรมวิธีที่ 7 ใส่ปุ๋ย 30-15-10 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่	กรรมวิธีที่ 8 ใส่ปุ๋ย 30-10-0 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่
กรรมวิธีที่ 9 ใส่ปุ๋ย 30-10-5 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่	กรรมวิธีที่ 10 ใส่ปุ๋ย 30-10-15 กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /ไร่

2. วิธีปฏิบัติการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินรวม (Composite Sample) ก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดิน ไถเตรียมดินและปรับระดับพื้นที่ แบ่งแปลงย่อยให้มีขนาดแปลงทดลองกว้าง x ยาว เท่ากับ 4.5x5 เมตร ทำการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 โดยใช้ระยะปลูก 75x25 เซนติเมตร (แปลงละ 6 แถว แถวละ 20 ต้น) ปลูกแบบร่องเดี่ยว ใส่ปุ๋ยเคมีข้างแถวปลูกในอัตราที่กำหนดตามกรรมวิธี โดยปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวโพดหวานอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ครั้งเดียวพร้อมปลูก ดูแลกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 70-75 วันในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 3x3 เมตร และเก็บข้อมูลคุณภาพผลผลิต เช่น น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก ความยาวฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และคุณภาพความหวาน พร้อมสุ่มเก็บตัวอย่างต้นและฝักข้าวโพดในแต่ละกรรมวิธีมาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช และสุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยว โดยเก็บที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตรจากผิวดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

วิเคราะห์ดินก่อนและหลังปลูกได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดโดย pH meter ใช้อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 (Peech, 1965) อินทรีย์วัตถุวิเคราะห์ด้วยวิธีการของ Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II และวัดการเกิดสีตามวิธี molybdenum blue โดยใช้ spectrophotometer (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วย 1N Ammonium Acetate, pH 7 และวัดด้วย Atomic absorption Spectrophotometer (Thomas, 1982)

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้โปรแกรม irrstat และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ระยะเวลา

ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการทดลอง

แปลงเกษตรกร ตำบลกลอนโด อำเภอตำบมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี
และห้องปฏิบัติการกลางกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิต
ทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติดินก่อนปลูกและหลังปลูก

ผลวิเคราะห์สมบัติของดินชุดทำม่วงก่อนทำการทดลอง พบว่า ชุดดินทำม่วงมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย โดยมีความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 6.33 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก เท่ากับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 5.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 49.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1) จากผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก ทำให้สามารถประเมินการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้ดังนี้ คือ คำแนะนำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็น 30-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่

ผลวิเคราะห์สมบัติของดินชุดทำม่วงหลังทำการทดลอง พบว่า เนื้อดินไม่เปลี่ยนแปลง ดินมีความเป็นกรดต่าง ลดลง โดยมีค่า เท่ากับ 5.35 ปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เท่ากับ 1.03 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นแต่อยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 11.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ยังอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 58.48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 สมบัติของดินชุดทำม่วงก่อนทำการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

เนื้อดิน	pH (1:1)	อินทรีย์วัตถุ (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ดินร่วนปนทราย	6.33	0.77	5.90	49.37

ตารางที่ 2 สมบัติของดินชุดทำม่วงหลังทำการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร

เนื้อดิน	pH (1:1)	อินทรีย์วัตถุ (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ดินร่วนปนทราย	5.35	1.03	11.26	58.48

2. ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวาน

2.1) ผลผลิตน้ำหนักฝักสดต่อไร่ พบว่า กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชในอัตราต่างๆ ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักสดไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย 30-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักสดสูงสุดเท่ากับ 3,239 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย 0-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักสดต่ำสุดเท่ากับ 1,580 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 3)

2.2) คุณภาพความหวาน พบว่า กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชในอัตราต่างๆ ทำให้ความหวานของข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ย 0-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ความหวานข้าวโพดสูงสุด โดยให้ความหวานเฉลี่ย เท่ากับ 15.9 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 3) แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 45-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ที่ให้ความหวานเฉลี่ย 13.9 องศาบริกซ์ แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 30-0-10 30-15-10 30-10-0 30-10-5 และ 30-10-15 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ความหวานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 15.0 15.2 15.0 15.1 15.6 และ 15.2 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของฝักข้าวโพดหวานที่โรงงานต้องการควรมีความหวานไม่ต่ำกว่า 14 องศาบริกซ์ (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

2.3) ความยาวฝัก พบว่า กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชในอัตราต่างๆ ไม่ทำให้ความยาวฝักของข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) การใช้ปุ๋ยอัตรา 30-5-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีแนวโน้มให้ความยาวฝักของข้าวโพดสูงสุด เท่ากับ 20.3 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยอัตรา 30-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ที่ให้ความยาวฝักเท่ากับ 20.2 เซนติเมตร และไม่แตกต่างกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 45-10-10 30-0-10 30-15-10 30-10-0 30-10-5 และ 30-10-15 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ความยาวฝักของข้าวโพดหวานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 19.4 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานของฝักข้าวโพดหวานที่โรงงานต้องการควรมีความยาวฝัก 12-18 เซนติเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

2.4) เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก พบว่า กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชในอัตราต่างๆ ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางฝักของข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอัตรา 30-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ความกว้างฝักของข้าวโพดสูงสุดเท่ากับ 5.51 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอัตรา 45-10-10 30-5-10 30-15-10 30-10-5 และ 30-10-15 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้าวโพดหวานต่ำสุดเท่ากับ 5.05 เซนติเมตร และการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.16 เซนติเมตร (ตารางที่ 3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฝักของข้าวโพดหวานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.30 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานของฝักข้าวโพดหวานที่โรงงานต้องการควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก 4-5 เซนติเมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ตารางที่ 3 ผลของการใช้ปุ๋ยต่อผลผลิตน้ำหนักฝักสดต่อไร่ และคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวาน ที่ปลูกในดินร่วน-ร่วนปนทราย อ.ด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี

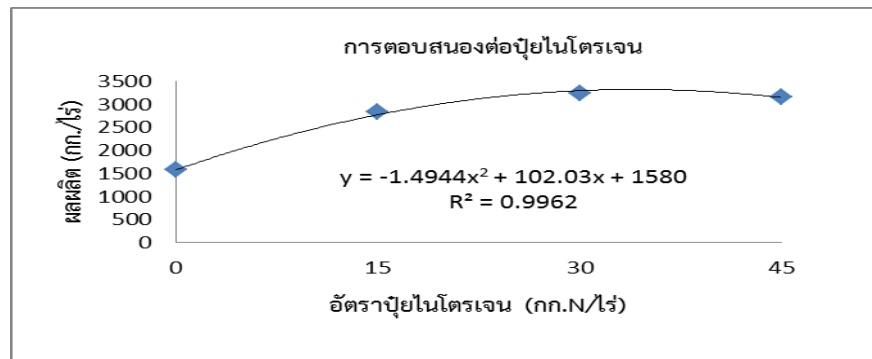
กรรมวิธี (กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่)	ผลผลิตน้ำหนักฝักสด (กก./ไร่)	ความหวาน (องศาบริกซ์)	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก (เซนติเมตร)
1. 0-10-10	1,580 b	15.9 a	19.1	5.16 cd
2. 15-10-10	2,831 a	15.0 abc	15.7	5.05 d
3. 30-10-10	3,239 a	14.3 cd	20.2	5.51 a
4. 45-10-10	3,164 a	13.9 d	19.9	5.43 ab
5. 30-0-10	2,524 a	15.2 abc	20.2	5.13 cd
6. 30-5-10	2,884 a	14.7 bcd	20.3	5.34 abc
7. 30-15-10	3,038 a	15.0 abc	19.1	5.44 ab
8. 30-10-0	2,641 a	15.1 abc	19.6	5.21 bcd
9. 30-10-5	3,070 a	15.6 ab	19.5	5.39 abc
10. 30-10-15	3,204 a	15.2 abc	19.9	5.36 abc
%CV	13.8	3.2	8.6	2.6

3. ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดหวาน

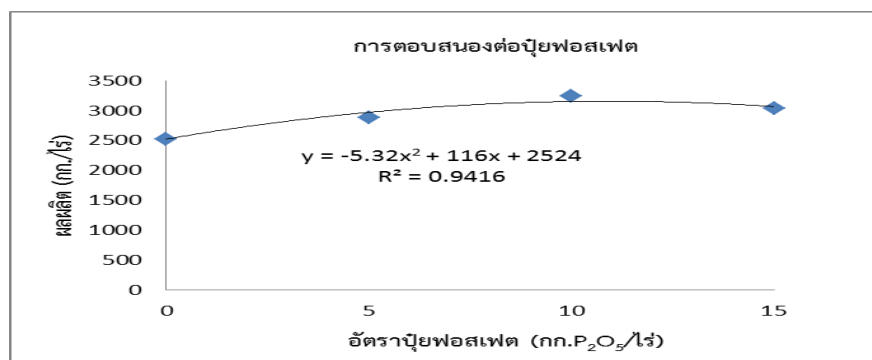
ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริด 3 ที่ปลูกบนชุดดินท่าม่วงมีน้ำหนักแห้งของต้นและใบ กาบฝัก เมล็ด และซัง เท่ากับ 449 180 316 และ 258 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพด พบว่า ต้นและใบมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 1.46 0.23 และ 1.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กาบฝักมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 0.73 0.15 และ 1.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมล็ดมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 0.32 และ 1.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และซังมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 0.26 และ 1.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในต้นและใบเท่ากับ 6.63 1.01 และ 6.32 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ กาบฝักมีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 1.32 0.26 และ 1.91 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมล็ดมีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 6.84 0.99 และ

3.91 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และซึ่งมีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับ 2.41 0.67 และ 3.72 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยความเข้มข้นไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ในเมล็ดสูงกว่าในส่วน ของต้นและใบ กาบฝัก และซึ่ง ส่วนความเข้มข้นโพแทสเซียม เป็นองค์ประกอบอยู่ในซึ่ง สูงกว่าในส่วนของต้นและใบ กาบฝัก และเมล็ด (ตารางที่ 4) ดังนั้นธาตุอาหารในพื้นที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิตข้าวโพดหวาน (ส่วนของ กาบฝัก เมล็ดและซึ่ง) ที่ต้องนำออกไปจากพื้นที่ทุกปีเท่ากับ 10.57 1.92 และ 9.54 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ต่อฤดูปลูก และหากไม่มีการไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในพื้นที่ จะทำให้มีธาตุอาหารสูญหายออกไปทั้งหมด 17.20 2.93 และ 15.86 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ต่อฤดูปลูก

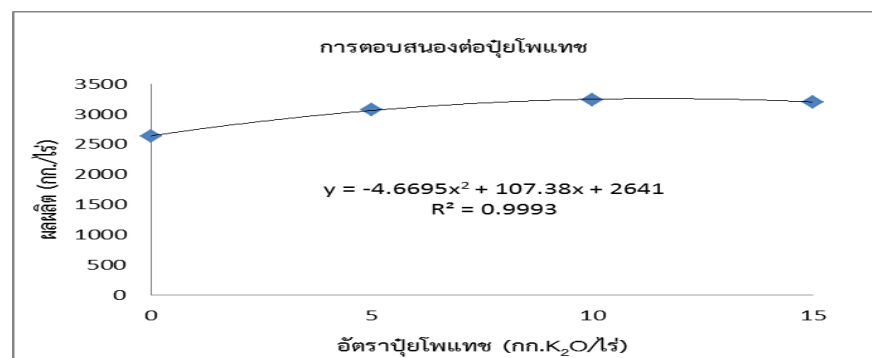
4. การตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชของข้าวโพดหวาน



ภาพที่ 1 การตอบสนองของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกบนดินร่วน-ร่วนปนทราย อ.ด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 2 การตอบสนองของปุ๋ยฟอสเฟตต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน ที่ปลูกบนดินร่วน-ร่วนปนทราย อ.ด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 3 การตอบสนองของปุ๋ยโพแทชต่อผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกบนดินร่วน-ร่วนปนทราย อ.ด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี

5. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวโพดหวาน

จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทสเซียม อัตราต่างๆ ทุกกรรมวิธีทำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการทดลองครั้งนี้คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีค่า VCR อยู่ระหว่าง 3.70 ถึง 13.58 (ตารางที่ 5) ดังนั้นการใส่ปุ๋ย 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด

ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินร่วน-ร่วนปนทราย อ.ด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี (ค่าเฉลี่ยจากทุกกรรมวิธี)

ส่วนของพืช	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่)	ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กิโลกรัมต่อไร่)		
		N	P	K	N	P	K
ต้นและใบ	449	1.46	0.23	1.40	6.63	1.01	6.32
กาบฝัก	180	0.73	0.15	1.07	1.32	0.26	1.91
เมล็ด	316	2.20	0.32	1.24	6.84	0.99	3.91
ซัง	258	0.94	0.26	1.45	2.41	0.67	3.72
รวม	1,203				17.20	2.93	15.86

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินร่วน-ร่วนปนทราย อ.ด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี

กรรมวิธี (กก.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่)	ผลผลิต ฝักสด (กก./ไร่)	ผลผลิตเพิ่ม ^{1/} (กก./ไร่)	รายรับจากการ ขายผลผลิต (บาท/ไร่)	รายรับที่เพิ่ม ^{2/} (บาท/ไร่)	ต้นทุนจาก การใช้ปุ๋ย (บาท/ไร่)	ต้นทุนที่เพิ่ม ^{3/} (บาท/ไร่)	รายได้จากการขาย ผลผลิต (บาท/ไร่)	รายได้ที่เพิ่ม ^{4/} (บาท/ไร่)	VCR
1. 0-10-10	1,580	-	7,900	-	773	-	7,127	-	-
2. 15-10-10	2,831	1,250	14,155	6,255	1,487	714	12,668	5,541	8.76
3. 30-10-10	3,239	1,659	16,195	8,295	2,202	1,429	13,993	6,866	5.80
4. 45-10-10	3,164	1,584	15,820	7,920	2,916	2,143	12,904	5,777	3.70
5. 30-0-10	2,524	-	12,620	-	1,745	-	10,875	-	-
6. 30-5-10	2,884	360	14,420	1,800	1,973	228	12,447	1,572	7.89
7. 30-10-10	3,239	715	16,195	3,575	2,202	475	13,993	3,118	7.53
8. 30-15-10	3,038	1,458	15,190	2,570	2,430	685	12,760	1,885	3.75
9. 30-10-0	2,641	-	13,205	-	1,885	-	11,320	-	-
10. 30-10-5	3,070	429	15,350	2,145	2,043	158	13,307	1,987	13.58
11. 30-10-10	3,239	598	16,195	2,990	2,202	317	13,993	2,673	9.43
12. 30-10-15	3,204	563	16,020	2,815	2,360	475	13,660	2,340	5.93

หมายเหตุ ผลผลิต ราคา 5 บาทต่อกิโลกรัม

ต้นทุนปุ๋ย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ราคา 10.00 บาทต่อกิโลกรัม

ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅) ราคา 21.00 บาทต่อกิโลกรัม

ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O) ราคา 19.00 บาทต่อกิโลกรัม

^{1/} ผลผลิตเพิ่ม : ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยนั้นๆ ^{2/} รายรับที่เพิ่ม : รายรับที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยนั้นๆ

^{3/} ต้นทุนเพิ่ม : ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยนั้นๆ ^{4/} รายได้ที่เพิ่ม : รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยนั้นๆ

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง เมื่อคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยของข้าวโพดหวานพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด ดังนั้นคำแนะนำการใส่ปุ๋ยสำหรับการผลิตข้าวโพดหวาน พันธุ์ไฮบริด 3 ในชุดดินท่าม่วง อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี ควรใส่ปุ๋ยอัตรา 15-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการผลิตข้าวโพดหวานเพื่อลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมี และได้ผลผลิตพืชสูงคุ้มค่ากับการลงทุน

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ข้อมูลการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสเฟต และโพแทชของข้าวโพดหวาน สามารถนำไปใช้ในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยในดินร่วนปนทรายอย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มศักยภาพในการผลิตข้าวโพดหวานอย่างยั่งยืนต่อไป
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ไปขยายผลหรือปรับใช้กับชุดดินอื่น ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับนักวิชาการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรและหน่วยงานอื่นๆ นำไปใช้ในการพัฒนางานวิจัยด้านดินและปุ๋ย และสามารถให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยแก่เกษตรกรได้อย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดหวาน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- คณะกรรมการพัฒนาสารสนเทศการเกษตรระดับประเทศ. 2555. สินค้าข้าวโพดหวาน ประจำปีไตรมาสที่ 4/2555 เดือน ธันวาคม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- ทวีศักดิ์ ภูหล้า. 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 glass 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.
- 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.

ความหลากหลายของราดินและแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

Diversity of Soil Fungi and Their Potential Use in Agriculture

จิตรา เกาะแก้ว อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์ อมรรัตน์ ใจยะเสน

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของราดินในพื้นที่ทำการเกษตรและพื้นที่ป่าของกลุ่มน้ำปายจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยการแยกราดิน 4 วิธี ได้แก่ soil dilution plate, soil plate, alcohol treatment และ heat treatment บนอาหาร Glucose Ammonium Nitrate Agar (GAN) จำแนกชนิดของราดินโดยดูลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรา เช่น ลักษณะของสปอร์และส่วนขยายพันธุ์อื่น ๆ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ผลการศึกษาพบราดินทั้งหมด 147 สายพันธุ์ จำแนกได้เป็น 14 สกุล 12 ชนิด ได้แก่ Zygomycota 4 สกุล (*Absidia corymbifera*, *Gongronella butleri*, *Mucor* spp. และ *Rhizopus stolonifer*) Ascomycota 10 สายพันธุ์ (*Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. terreus*, *Eupenicillium* spp., *Eurotium* spp., *Fusarium* spp., *F. solani*, *Myrothecium verucaria*, *Neosartorya ficheri*, *Neosartorya* spp., *Paecilomyces lilacinus*, *Penicillium* spp., *Talaromyces* sp., *Trichoderma* spp. และ *Trichoderma harzianum*) ราที่ไม่สร้างสปอร์ (sterile mycelium) จำนวน 10 สายพันธุ์

คำสำคัญ : ความหลากหลาย ราดิน การใช้ประโยชน์ พื้นที่ป่า พื้นที่เกษตร

คำนำ

ราดินเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อการเกษตร อุตสาหกรรม การแพทย์ และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากราดินมีความสามารถในการสร้างสารทุติยภูมิต่าง ๆ เช่น การสร้างปฏิชีวนะ สารฮอร์โมน เอนไซม์ เม็ดสี กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ และสารอื่น ๆ อีกหลายชนิด ราดินบางชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายเศษซากพืช อินทรีย์วัตถุ และสารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในดิน ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูก ช่วยลดการสะสมของสารพิษที่ตกค้างจากการเกษตร เช่น การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ รวมทั้งวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ขยะมูลฝอย ราบางชนิด เช่น รา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. สามารถย่อยสลายสารเคมีกำจัดวัชพืช น้ำมันเชื้อเพลิงที่ปนเปื้อนในดินได้ (เสาวมาลย์, 2533; Oudot et al., 1987) ประโยชน์ของราดินทางการเกษตร เช่น รา *Gibberella fujikuroi* สร้างสาร gibberellin เป็นฮอร์โมนพืชทำให้พืชเจริญดีขึ้น รา *Trichoderma* sp. นำมาใช้ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยปุ๋ยหมักเนื่องจากเป็นราที่สร้างเอนไซม์หลายชนิด (เลขา และคณะ, 2555) รา *Talaromyces flavus* สามารถนำมาใช้ยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืชหลายชนิด เช่น *Verticillium dahliae* สาเหตุโรคเหี่ยวของมะเขือ รา *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคโคนเน่าของถั่ว (Dethoup et al., 2007) การศึกษาความหลากหลายของราในดินรวมทั้งการเก็บรวบรวมสายพันธุ์ของราดินในประเทศไทยจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังนั้นควรที่จะได้มีการศึกษาอย่างจริงจังเกี่ยวกับการแยกและจำแนกชนิดของราดิน เพื่อเป็นแหล่งพันธุ์กรรมจุลินทรีย์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเรื่องนี้คือการแยกราดินสายพันธุ์ต่าง ๆ จากดินในพื้นที่ทำการเกษตรและดินในพื้นที่ป่า เพื่อเป็นแนวทางในการนำราดินที่แยกได้มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรต่อไป

วิธีดำเนินการ

เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ทำการเกษตร และพื้นที่ป่ามาแยกเชื้อราโดยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1. การแยกราจากดิน

1) Soil dilution plate method (Barron, 1968)

ชั่งดิน 1 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นหนึ่งขวด ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทำการเจือจางจนได้ความเข้มข้น 10^{-5} ใช้ปิเปตดูดสารละลายที่ความเข้มข้น 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} ใส่จานเลี้ยงเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร เททับด้วยอาหาร glucose ammonium nitrate agar (GAN) ที่มีส่วนผสมของ rose bengal และ streptomycin (Gochenaur, 1964) นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 3-5 วัน ใช้เข็มเขี่ยย้ายเส้นใยมาเลี้ยงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) เลี้ยงราจนได้เชื้อบริสุทธิ์จากนั้นนำมาจำแนกชนิด และเก็บรักษาสายพันธุ์บริสุทธิ์ไว้ศึกษาต่อไป

2) Soil plate method (Warcup, 1950)

ใช้ซ็อนตักดินประมาณ 0.5-15 มิลลิกรัม ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ แล้วเททับด้วยอาหารวุ้น GAN หมุนจานเลี้ยงเชื้อเบา ๆ ให้เมล็ดดินกระจายทั่ว นำไปบ่มเชื้อในที่มืดที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน แล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 1

3) Alcohol treatment method (Warcup and Baker, 1963)

ชั่งดิน 0.3 กรัม ใส่ในหลอดทดสอบที่อบฆ่าเชื้อแล้ว เติม ethyl alcohol 65 เปอร์เซ็นต์ ลงในหลอดให้ท่วมดินโดยให้สูงจากผิวดิน 1-2 เซนติเมตร เขย่าให้กระจายทิ้งไว้ 10-15 นาที ริน แอลกอฮอล์ทิ้งใช้ซ็อนตักดินใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ เททับด้วยอาหารวุ้น GAN แล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 1

4) Heat treatment method (Warcup and Baker, 1963)

ชั่งดิน 0.3 กรัม ใส่ในหลอดทดสอบ เติมน้ำกลั่นหนึ่งขวดให้ท่วมดินโดยให้สูงจากดิน 1-2 เซนติเมตร นำไปแช่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที รินน้ำออกใช้ซ็อนตักดินใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ เททับด้วยอาหารวุ้น GAN แล้วดำเนินการทดลอง เช่นเดียวกับในข้อ 1

2. การจำแนกชนิดของราดิน

เลี้ยงรบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ potato dextrose agar (PDA), Czapek's Agar (CZA) และ Malt Extract Agar (MEA) ศึกษารายละเอียดและจัดบันทึกอัตราการเจริญของรบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่อายุ 7 และ 14 วัน สังเกตลักษณะสีโคโลนี การสร้างเม็ดสี (pigment) ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของราได้กล้อง stereo microscope ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา เช่น เส้นใย สปอร์ และลักษณะของโครงสร้างขยายพันธุ์ภายใต้กล้อง light microscope และถ่ายภาพโครงสร้างต่าง ๆ ของราดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองสามารถแยกราจากพื้นที่เกษตรและพื้นที่ป่าบริเวณลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้ทั้งหมด 147 สายพันธุ์ (isolates) จำแนกได้เป็น 14 สกุล (genera) 12 ชนิด (species) แบ่งเป็นราในกลุ่ม Zygomycota 4 สกุล Ascomycota 10 สกุล และราที่ไม่สร้างสปอร์ (sterile mycelium) จำนวน 10 สายพันธุ์ (ตารางที่ 1) ราที่พบมากในทุกพื้นที่ ได้แก่ *Aspergillus niger* (32 สายพันธุ์) รองลงมา ได้แก่ *Talaromyces* spp. (15 สายพันธุ์) และ *Neosartorya* spp. (13 สายพันธุ์) ตามลำดับ ราที่พบเฉพาะในพื้นที่ทำการเกษตรได้แก่ รา *Trichoderma harzianum* และ *Fusarium solani* เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่พบว่าดินในพื้นที่ป่ามีจำนวนชนิดของราดินมากกว่าพื้นที่ทำการเกษตร อาจกล่าวได้ว่าพื้นที่ทำเกษตรในปัจจุบันที่มีการใช้สารเคมีจำนวนมากในการ

ป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่าง ๆ อาจส่งผลให้ราดินบางชนิดที่ไม่สามารถปรับตัวให้อยู่รอดได้และมีจำนวนลดน้อยลงหรืออาจหายไปจากพื้นที่นั้น

รา Zygomycota ที่พบจำนวน 4 สกุล ได้แก่รา *Absidia corymbifera*, *Gongronella butleri*, *Mucor* spp. *Rhizopus stolonifer* (ตารางที่ 1) ราที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Rhizopus stolonifer* รองลงมาได้แก่ *Mucor* spp., *Gongronella butleri*, และ *Absidia corymbifera* ตามลำดับ ราดินกลุ่ม Zygomycota เป็นราที่มีประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมอย่างมาก เช่น รา *Rhizopus* ที่มีรายงานว่าสามารถใช้ผลิต tempe จากถั่วเหลืองได้ (นิยม, 2542) นอกจากนี้ยังมีรายงานการสร้างสารที่เป็นประโยชน์ทางอุตสาหกรรมจากราในกลุ่ม Zygomycota เช่น glucose, glutamic acid, serine, glycine และ glutamine (เลขา และคณะ, 2548) รา *Mucor* sp. มีบทบาทในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในธรรมชาติ (Domsch *et al.*, 1993) และพบว่าเป็น hyperparasite ของรา *Fusarium solani*, *Sclerotium borealis* และ *Clavicep purpurea* และพบเป็นปรสิตเจริญบนตัวแมลงชนิดต่าง ๆ (คณิงนิจ, 2545)

รา Ascomycota พบจำนวน 10 สกุล (ตารางที่ 1) ส่วนใหญ่อยู่ในระยะสืบพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ (anamorph) ราที่พบมากที่สุด ได้แก่ *Aspergillus niger* ราชนิดนี้นำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมการผลิตกรดอินทรีย์หลายชนิด (นภา, 2540) รองลงมาได้แก่ *Talaromyces* spp. รานี้มีรายงานสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ารา *T. flavus* ยับยั้งการเจริญของรา *Phytophthora parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของส้ม *Fusarium oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวในพืชหลายชนิด *F. semitectum* สาเหตุโรคผลเน่าของแตงโม *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรกโมนิสของพริกและ *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกโมนิสของมะม่วง กล้วย มะละกอได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Dethoup *et al.*, 2007) รา *Neosartorya* spp. พบทั้งหมด 13 สายพันธุ์พบมารองจากรา *Talaromyces* spp. จำแนกได้ 1 ชนิด ได้แก่ รา *Neosartorya fischeri* ราในสกุลนี้มีรายงานการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดเช่น roquefortine, meleagrin, fumagillin, auranthine, neosartorin, palitanin, pyripyropenes, tryptoquivaline, tryptoquivalone (Samson *et al.*, 2007) ในประเทศไทย Eamvijan *et al.* (2009) แยกรา *Neosartorya* จากดินแหล่งต่าง ๆ พบรา *Neosartorya* 9 ชนิด ได้แก่ *N. fischeri*, *N. graba*, *N. spinosa*, *N. hiratsukae*, *N. takakii*, *N. tatenoi* และ *Neosartorya* spp. เมื่อนำมาศึกษาความเป็นปฏิกิริยากับราสาเหตุ โรคพืชพบว่า *Neosartorya* spp. ทุกสายพันธุ์สามารถยับยั้งการเจริญของรา *Bipolaris maydis*, *Colletotrichum capsici*, *C. gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* และ *Pestalotiopsis* sp. ราดินกลุ่ม Ascomycota เป็นราที่มีความสำคัญมากทางด้านการเกษตร เช่น รา *Trichoderma harzianum* ใช้ในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี เช่น โรครากเน่าโคนเน่าที่เกิดจากรา *Pythium*, *Phytophthora*, *Sclerotium* และ *Rhizoctonia* (จิระเดช, 2552) รา *T. virens* สามารถยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืช หลายชนิด เช่น *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* เนื่องจากมีการสร้างเอนไซม์โคติเนสและกลูคาเนส (คณิงนิจ, 2545; จิระเดช, 2552) ราชนิดอื่นที่น่าสนใจ ได้แก่ ราในสกุล *Aspergillus* spp. เนื่องจากมีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม เช่น การผลิตกรดอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น รา *Aspergillus niger* ที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส อะไมเลส เพคตินเอส ไลเปส และโปรตีเอสได้ (อาภรณ์ และไตรวิทย์, 2537; Smith, 1985; เลอลักษณะ และคณะ, 2535; มานะ, 2531) การผลิตเอนไซม์ไฮลาเนสและไฮลอสซิเดส ที่ใช้ในการแยกสกัดไขมันจากเซลลูโลส ได้มาจากรา *Aspergillus fumigatus* (วิเชียร และคณะ, 2537) ราที่สำคัญอีกชนิด ได้แก่ รา *Myrothecium verrucaria* ซึ่งพบในดินป่าแยกโดยวิธี soil plate method ราชนิดนี้มีรายงานการสร้างสาร trichothecene ที่มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อมาลาเรีย (Isaka *et al.*, 1999)

ตารางที่ 1 ชนิดและจำนวนของราดินที่แยกได้จากดินลุ่มน้ำปาย จ.แม่ฮ่องสอน

No.	Fungal Species	No. isolate	Isolation method	Location
1	<i>Absidia corymbifera</i>	4	sd, sp	Agricultural soil, Forest soil
2	<i>Gongronella butleri</i>	5	sd, sp	Agricultural soil, Forest soil
3	<i>Mucor</i> spp.	4	sd, sp	Agricultural soil, Forest soil
4	<i>Rhizopus stolonifer</i>	6	sd,sp,alc	Agricultural soil, Forest soil
5	<i>Aspergillus flavus</i>	3	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
6	<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
7	<i>Aspergillus niger</i>	32	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
8	<i>Aspergillus terreus</i>	2	sd, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
9	<i>Eupenicillium</i> spp.	5	alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
10	<i>Eurotium</i> spp.	6	alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
11	<i>Fusarium</i> spp.	4	sd, sp	Agricultural soil, Forest soil
12	<i>Fusarium solani</i>	5	sd, sp	Agricultural soil
13	<i>Myrothecium verucaria</i>	3	sp	Forest soil
14	<i>Neosartorya</i> spp.	13	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
15	<i>Neosartorya fischeri</i>	3	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
16	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	10	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
17	<i>Penicillium</i> spp.	10	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
18	<i>Talaromyces</i> spp.	15	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil
19	<i>Trichoderma</i> spp.	3	sp, sd	Agricultural soil, Forest soil
20	<i>Trichoderma harzianum</i>	2	sp, sd	Agricultural soil
21	Sterile mycelium	10	sd, sp, alc, ht	Agricultural soil, Forest soil

*soil dilution plate = sd, soil plate = sp, alcohol treatment=alc และ heat treatment = ht

สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาความหลากหลายของราดินในพื้นที่ป่าและพื้นที่ทำการเกษตรบริเวณลุ่มน้ำปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอนพบราทั้งหมด 147 สายพันธุ์ (isolates) จำแนกได้เป็น 14 สกุล (genera) 12 ชนิด (species) แบ่งเป็นราในกลุ่ม Zygomycota 4 สกุล Ascomycota 10 สกุล และราที่ไม่สร้างสปอร์ (sterile mycelium) จำนวน 10 สายพันธุ์ ราที่พบมากในทุกพื้นที่ ได้แก่ *Aspergillus niger* รองลงมา ได้แก่ *Talaromyces* spp. และ *Neosartorya* spp. ตามลำดับ ราที่พบเฉพาะในดินที่ทำการเกษตร ได้แก่ รา *Trichoderma harzianum* และ รา *Fusarium solani* ราที่พบเฉพาะในดินป่า ได้แก่ รา *Myrothecium verucaria* ราที่มีรายงานสามารถนำมาใช้ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี ได้แก่ *Trichoderma harzianum*, *Talaromyces* spp. และ *Trichoderma* spp. ราที่มีรายงานการสร้างเอนไซม์และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ *Trichoderma* spp. ราที่มีรายงานการใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม ได้แก่ *Aspergillus niger* ราที่มีรายงานการสร้างเอนไซม์ ได้แก่ *A. fumigatus* และราที่มีรายงานว่าสามารถย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชในดิน ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. terreus* และ *Penicillium* spp.

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ในปัจจุบันเกษตรกรอินทรีย์กำลังได้รับความสนใจเป็นที่นิยมและยอมรับในหมู่เกษตรกรและผู้บริโภคทำให้ลดปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ก่อให้เกิดความสมดุลในธรรมชาติและสภาพแวดล้อม ราดินได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการทำการเกษตร เช่น รา *Gibberella fujikuroi* สร้างสาร gibberellin เป็นฮอร์โมนพืชทำให้พืชเจริญดีขึ้น รา *Trichoderma* sp. นำมาใช้ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยปุ๋ยหมักเนื่องจากเป็นราที่สร้างเอนไซม์ หลายชนิด

จากการศึกษาพบราดินหลายชนิดที่มีแนวโน้มในการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ เช่น นำไปใช้ควบคุมศัตรูพืชต่าง ๆ เช่น โรค แมลง ราที่พบส่วนใหญ่มีรายงานว่าสามารถย่อยสลายซากพืชซากสัตว์โดยเฉพาะองค์ประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนและย่อยสลายยาก เช่น เซลลูโลส แป้ง ลิกนิน ได้ดี เส้นใยของราสามารถเจริญเข้าภายในวัตถุได้ ทำให้การย่อยสลายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สิ่งที่ได้จากการย่อยสลาย คือ คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ และฮิวมัส ซึ่งเป็นการปลดปล่อยธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีกลับคืนสู่ดินทำให้ดินอุดมสมบูรณ์และพืชนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ สารเมือกที่มีคุณสมบัติค่อนข้างเหนียวจะเป็นตัวเชื่อมยึดเม็ดดินให้จับจับตัวกันเป็นก้อนอย่างถาวร และเส้นใยของราจะแผ่กระจายปกคลุมที่ผิวดินทำให้ดินมีความพรุนสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้ร่าบางชนิดยังสามารถนำมาใช้ย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างในดินได้ จึงควรมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพต่าง ๆ ของราดินแต่ละชนิดที่แยกได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- จิระเดช แจ่มสว่าง. 2552. ไตรโคเดอร์มา: เชื้อราปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 368 หน้า.
- คณินิจ บุศราคัม. 2545. โรคของกล้วยไม้ดิน ราเอนโดไฟท์บนใบและราก และราดินบริเวณราก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 245 หน้า.
- นิยม สุดเพระ. 2542. ความหลากหลายของราดินและราโรคพืช ในดินปลูกพืชไร่ จังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 321 หน้า.
- นภา โล่ห์ทอง. 2540. สิ่งละอันพันละน้อยจากจุลินทรีย์. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ 45 หน้า.
- มานะ กาญจนมณีเสถียร. 2531. ราที่เจริญในอุณหภูมิสูงและราทนความร้อน มูลสัตว์และเศษเหลือจากการเกษตร : การจำแนกและประสิทธิภาพในการสร้างเอนไซม์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เลขา มาโนช อรุมา เพี้ยชัย อมรา ชินภูติ อำนาจ พัวพลเทพ นววรรณ ฟารุ่งแสง อังคณา ฉายประเสริฐ งามอาจ เลหาวินิจ จิระเดช แจ่มสว่าง ทิพย์วดี อรรถธรรม เสี่ยงแจ้ว พิริยพจน์ต์ นภาพรณ พรหมชนะ. 2555. บัญชีรายการทรัพยากรชีวภาพรา. สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์กรมหาชน), กรุงเทพฯ. 760 หน้า.
- เลขา มาโนช, อรุมา เจียมจิตต์, ธิดา เดชฮวบ, ผจงจิตร ภูจิณญาณ์ และยุพดี เผ่าพันธุ์. 2548. ชนิดและการแพร่กระจายของเชื้อราจากดินบริเวณน้ำพุร้อน ดินทางการเกษตร และดินจากแหล่งอื่น ๆ. น. 739-746. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

- เลอลักษณ์ จิตรดอน, พลสันต์ มหาพันธ์, วิเชียร กิจปรีชาวนิช และนภา โล่ห์ทอง. 2535. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เพคตินในวัสดุอาหารแข็งโดยเชื้อรา *Rhizopus* sp. ที่สามารถย่อยสลายแป้งมันสำปะหลังดิบ. *วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์*. 26(4): 374-383.
- วิเชียร กิจปรีชาวนิช, Seigo Sato, Masatoshi Matsumusa และนภา โล่ห์ทอง. 2537. การแยกสกัดและย่อยสลายไซแลนในซังข้าวโพดด้วยเอนไซม์จากเชื้อรา. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 67: 142-158.
- เสาวมัลย์ วิจารณ์. 2533. *การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์ และไตรวิทย์ รัตนโรจน์พงษ์. 2537. ลักษณะของกล้าเชื้อกับการเจริญและการผลิตกรดซิตริกของรา *Aspergillus niger*. *วารสาร สจธ.* 17(2): 107-117.
- Dethoup, T. 2007. *Talaromyces species : diversity, taxonomy, phylogeny, antagonistic activity against plant pathogenic fungi and secondary metabolites*. Ph.D. Thesis. Kasetsart University.
- Domsch, K.H., W. Gams and T.H. Anderson. 1993. *Compendium of soil fungi* Vol. 1. 2nd ed. Academic Press, London. 859 p.
- Eamvijarn, A., L. Manoch, N. Visarathanonth and C. Chamsawarng. 2009. Diversity of *Neosartorya* species from soil and In vitro antagonistic test against plant pathogenic fungi. p. 54, *In Abstracts Book of Asian Mycological Congress 2009 & 11th International Marine and Freshwater Mycology Symposium*. National Museum of Natural Science, Taichung, Taiwan. Nov. 15-19, 2009.
- Isaka, M., J. Punya, Y. Lertwerawat, M. Tanticharoen and Y. Thebtaranonth. 1999. Antimalarial activity of macrocyclic trichothecenes isolated from the fungus *Myrothecium verucaria*. *J. Nat Prod.* 62(2): 329-331.
- Oudot, J., P. fusey, D.E. Abdellouahid, S. Haloui and M.F. Roquebert. 1987. Degradative capacity of bacterial and fungi isolated from fuel-contaminated soil. *Cannada J. of Microbiology*. 33: 232-234.
- Samson, R. A., S. Hong, S. W. Peterson J. C. Frisvad and J. Varga. 2007. Polyphasic taxonomy of *Aspergillus* section Fumigati and its teleomorph *Nosartorya*. *Study in Mycology*. 59: 147-203.
- Smith, J.E. and M. O. Moss. 1985. *Mycotoxins : Formation, analysis and significance*. John Wiley & Sons. Great Britain. 148 p.
- Warcup, J.H. 1950. *The soil-plate method for isolation of fungi from soil Nature*. 166: 117-118.
- Warcup, J.H. and K.F. Baker 1963. *Occurrence of dormant ascospores in soil Nature*. 197: 1317-1318.

ความก้าวหน้าของกิจกรรมการบริหารความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ดิน ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร

Progress Report on Biodiversity Management of Beneficial Agricultural Soil Microorganism

นกกร บัญพา ประไพ ทองระอา จิตรา เกาะแก้ว นิศารัตน์ ทวีนุต กัลยกร โปร่งจันทิก สนธยา ขำดีบ
อมรรัตน์ ใจยะเสน บุณทริก ฉิมชาติ อธิปต์ คลังบุญครอง สุปรานี มั่นหมาย ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต
มนต์ชัย มนัสสิลา อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

หลักการและเหตุผล

กิจกรรมการบริหารความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร เป็นกิจกรรมที่กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรได้รับการจัดสรรงบประมาณจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อดำเนินงานตามแผนแม่บทบูรณาการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ พ.ศ. 2558-2564 ซึ่งแผนแม่บทนี้ประกอบด้วย 4 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ ยุทธศาสตร์ที่ 1 บูรณาการคุณค่าและการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพโดยการมีส่วนร่วมในทุกระดับ ยุทธศาสตร์ที่ 2 อนุรักษ์และฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ปกป้องคุ้มครองสิทธิประโยชน์ของประเทศและบริหารจัดการเพื่อเพิ่มพูนและแบ่งปันผลประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพโดยสอดคล้องกับแนวทางเศรษฐกิจสีเขียว และยุทธศาสตร์ที่ 4 พัฒนาองค์ความรู้และระบบฐานข้อมูลด้านความหลากหลายทางชีวภาพให้เป็นมาตรฐานสากล ดังนั้นเพื่อให้ผลการดำเนินงานสอดคล้องกับแผนแม่บทดังกล่าว กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา ในฐานะผู้รับผิดชอบหลัก จึงได้ดำเนินการสำรวจรวบรวม คัดเลือก และประเมินคุณค่าของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร รวมถึงดำเนินการวิจัยวิธีการเก็บรักษาเพื่อการอนุรักษ์ เชื้อพันธุ์อันจะนำไปสู่การอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ยังได้เริ่มดำเนินการจัดทำฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร เพื่อประโยชน์ในการสืบค้นข้อมูลและการบูรณาการด้านความหลากหลายทางชีวภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจ รวบรวม คัดเลือก และประเมินคุณค่าจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร
2. เพื่ออนุรักษ์สายพันธุ์จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน
3. เพื่อจัดทำทะเบียนเชื้อพันธุ์จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรเพื่อการสืบค้นข้อมูลในรูปแบบแฟ้มเอกสาร
4. เพื่อจัดทำระบบฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรให้เป็นมาตรฐานสากล เพื่อการสืบค้นข้อมูลแบบออนไลน์

ผลการดำเนินงาน

1. การอนุรักษ์สายพันธุ์จุลินทรีย์ดินและการจัดทำทะเบียนเชื้อพันธุ์

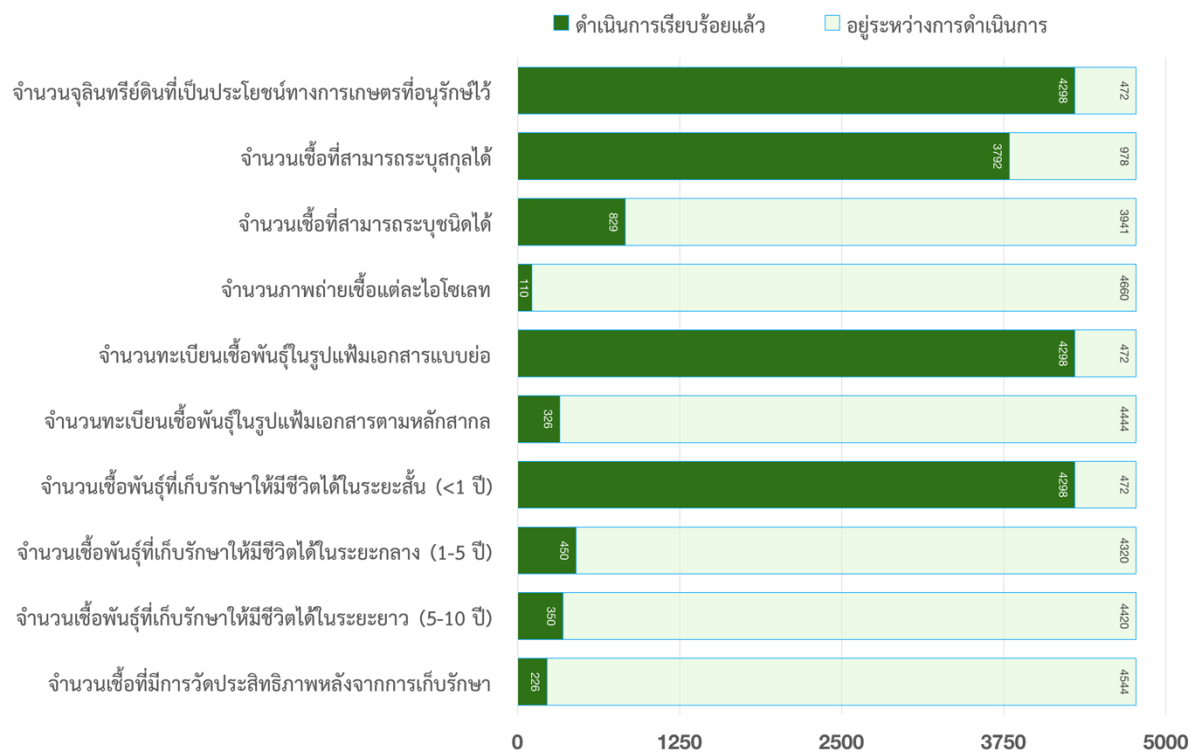
กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดินได้ดำเนินการสำรวจ รวบรวม ประเมินคุณค่า และเก็บรักษาเชื้อพันธุ์จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2549–2559 สามารถเก็บรวบรวมเชื้อพันธุ์จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร ได้รวมทั้งสิ้น 4,770 ไอโซเลท โดยแบ่งจุลินทรีย์ตามประเภท เป็น 7 กลุ่ม (ภาพที่ 1) ได้แก่ ไรโซเบียม ไมคอร์ไรซา แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต จุลินทรีย์ย่อยสลาย วัสดุอินทรีย์ และจุลินทรีย์ส่งเสริมและกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละกลุ่มที่เก็บรวบรวมได้ จะถูกคัดเลือก ประเมินคุณค่าความเป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ ระบุชื่อวิทยาศาสตร์ รวมถึงจัดทำข้อมูลจำเพาะที่เป็นประโยชน์ของเชื้อตามมาตรฐานสากล ซึ่งในปีงบประมาณ 2560 สามารถรวบรวมเชื้อพันธุ์จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร ได้จำนวน 4,298 ไอโซเลท (ยังต้องรวบรวมเพิ่มเติมอีก 472 ไอโซเลท) ในจำนวนนี้สามารถระบุสกุลได้ทั้งสิ้น 3,792 สกุล และระบุชนิดได้เพียง 829 ไอโซเลท รายละเอียด แสดงในตารางที่ 1 และกราฟที่ 1

ในด้านการอนุรักษ์เชื้อพันธุ์จุลินทรีย์ดิน จำนวน 7 กลุ่ม เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนนั้น ในปีงบประมาณ 2560 ได้ดำเนินการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ให้มีชีวิต ได้ทั้งสิ้น 4,298 ไอโซเลท ซึ่งการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 1) ระยะสั้น (<1 ปี) 2) ระยะกลาง (1–5 ปี) และ 3) ระยะยาว (5–10 ปี) (ตารางที่ 1 และกราฟที่ 1) โดยการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นการเก็บรักษาในระยะสั้น ส่วนการเก็บรักษาในระยะกลางและระยะยาวมีจำนวนน้อย เนื่องจากยังขาดเทคนิคและเครื่องมือในการเก็บรักษา

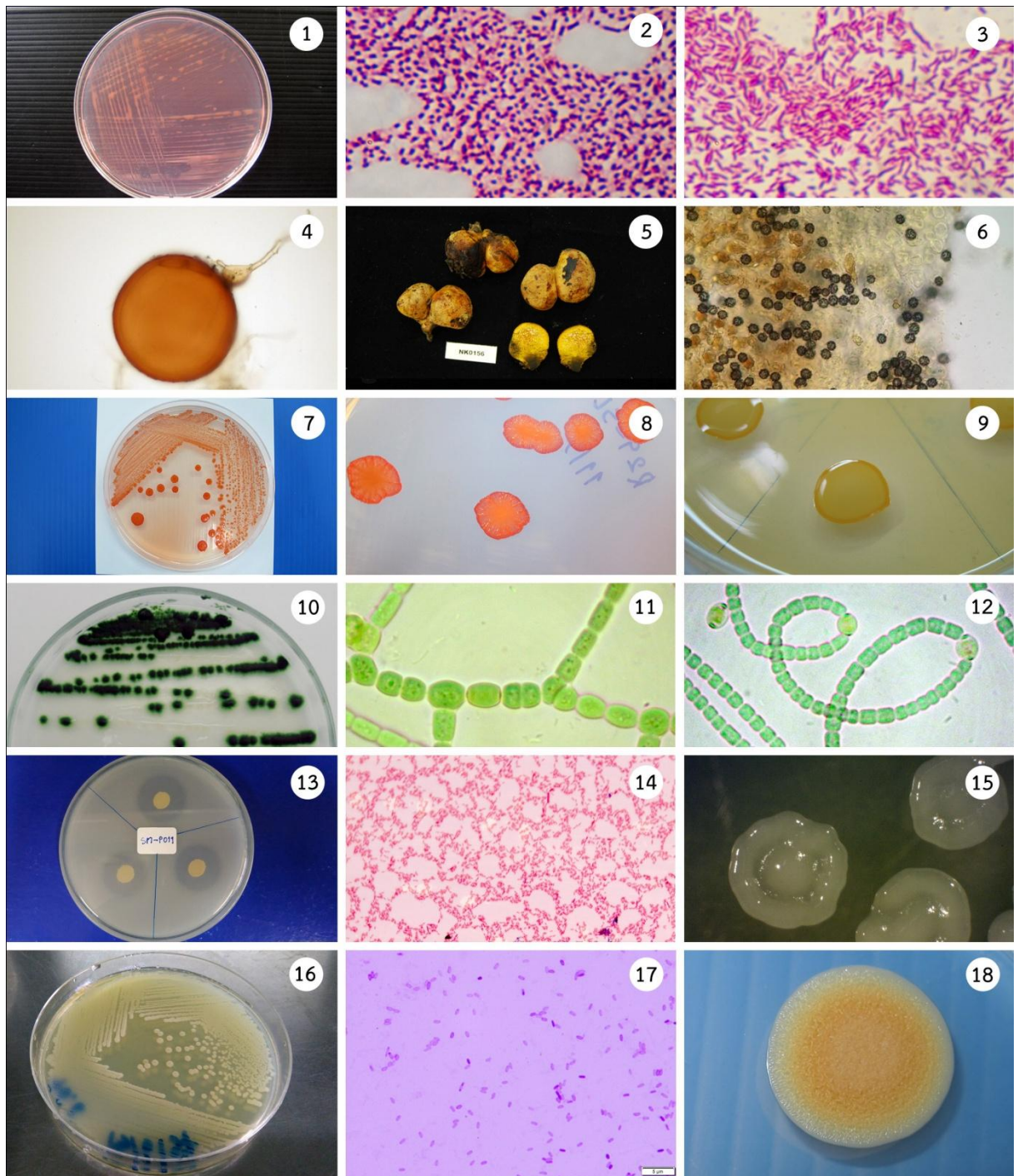
ในด้านการจัดทำฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดิน ปีงบประมาณ 2560 เบื้องต้นได้จัดทำฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์จุลินทรีย์ดินในรูปแบบแฟ้มเอกสารแบบย่อ ได้จำนวน 4,298 ไอโซเลท และเพื่อให้การจัดทำฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดินเป็นไปตามมาตรฐานสากล จำเป็นต้องดำเนินการจัดทำข้อมูลเพิ่มเติมในด้านข้อมูลจำเพาะของเชื้อ อาทิเช่น ชื่อวิทยาศาสตร์ ข้อมูลการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์ในระยะกลางและระยะยาว รวมถึงประสิทธิภาพของเชื้อหลังจากถูกเก็บรักษา (ตารางที่ 1 และกราฟที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรที่ดำเนินการในปี 2560 และจำนวนเชื้อที่ต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จตามเป้าหมาย

รายการข้อมูลของจุลินทรีย์ดินที่ต้องดำเนินการ	ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว	อยู่ระหว่างดำเนินการ
จำนวนจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรที่อนุรักษ์ไว้	4,298	472
จำนวนเชื้อที่สามารถระบุสกุลได้	3,792	978
จำนวนเชื้อที่สามารถระบุชนิดได้	829	3,941
จำนวนภาพถ่ายเชื้อแต่ละไอโซเลท	110	4,660
จำนวนทะเบียนเชื้อพันธุ์ในรูปแบบแฟ้มเอกสารแบบย่อ	4,298	472
จำนวนทะเบียนเชื้อพันธุ์ในรูปแบบแฟ้มเอกสารตามหลักสากล	326	4,444
จำนวนเชื้อพันธุ์ที่เก็บรักษาให้มีชีวิตได้ในระยะสั้น (<1 ปี)	4,298	472
จำนวนเชื้อพันธุ์ที่เก็บรักษาให้มีชีวิตได้ในระยะกลาง (1–5 ปี)	450	4,320
จำนวนเชื้อพันธุ์ที่เก็บรักษาให้มีชีวิตได้ในระยะยาว (5–10 ปี)	350	4,420
จำนวนเชื้อที่มีการวัดประสิทธิภาพหลังจากการเก็บรักษา	226	4,544



กราฟที่ 1 ข้อมูลจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรที่ดำเนินการในปี 2560



ภาพที่ 1 ลักษณะโคโลนี สปอร์ และเซลล์ของจุลินทรีย์ที่อนุรักษ์ไว้ที่กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน: ไโรโซเปียม, 1-3 *Bradyrhizobium* spp.; ไมคอร์ไรซา, 4 *Gigaspora* sp., 5-6 *Pisolithus* sp.; แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระ, 7-8 *Azospirillum brasilense*, 9 *Gluconacetobacter diazotrophicus*; สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน, 10-11 *Hapalosiphon* sp., 12 *Nostoc* sp.; จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต, 13-15 *Enterobacter* sp.; จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์, 16-17 *Paenibacillus* sp. และจุลินทรีย์สังเคราะห์และกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช, 18 *Azotobacter* sp.

2. การปรับปรุงฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดินเพื่อการสืบค้นข้อมูลแบบออนไลน์

นอกจากการอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ การทำฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดินเป็นอีกงานที่ต้องดำเนินการควบคู่กันไป เพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ที่ 4 พัฒนาศักยภาพและระบบฐานข้อมูลด้านความหลากหลายทางชีวภาพให้เป็นมาตรฐานสากล ในปี พ.ศ. 2560 จึงมีการแก้ไขระบบฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดินเพื่อให้สามารถรองรับกับระบบสารสนเทศในปัจจุบันและสามารถสืบค้นข้อมูลจุลินทรีย์ดินแบบออนไลน์ได้ ดังนี้ โดย 1) แก้ไขระบบฐานข้อมูล 2) แก้ไขการกำหนดข้อมูลจุลินทรีย์ดิน 3) แก้ไขการค้นหาจุลินทรีย์ดิน 4) แก้ไขการกำหนดผู้ใช้งานในการจัดการฐานข้อมูล 5) แก้ไขล็อกต้นแบบเพื่อใส่เนื้อหา และ 6) นำเข้าข้อมูลจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรไม่น้อยกว่า 3,000 หมายเลขลงในระบบ ซึ่งปัจจุบันการแก้ไขระบบฐานข้อมูล (ภาพที่ 2) การกำหนดข้อมูลจุลินทรีย์ดิน (ภาพที่ 3) และการค้นหาจุลินทรีย์ดิน (ภาพที่ 4 และภาพที่ 5) ได้แล้วเสร็จตามแผนที่วางไว้เรียบร้อยแล้ว

The screenshot shows the Adminer MySQL interface. The top bar indicates the database is 'devoopne_soildata'. The left sidebar shows the 'Adminer 4.3.0 4.3.1' version and the selected database 'DB: devoopne_soildata'. The main area displays the 'Select: soildata' table with columns: idno, DOAC, Original_code, Genus, Species, Type_s, Source_1, Source_2, Source_3, Source_4, and Application. The table contains 12 rows of data, all representing 'Bradyrhizobium japonicum' as 'Bio-fertilizer'.

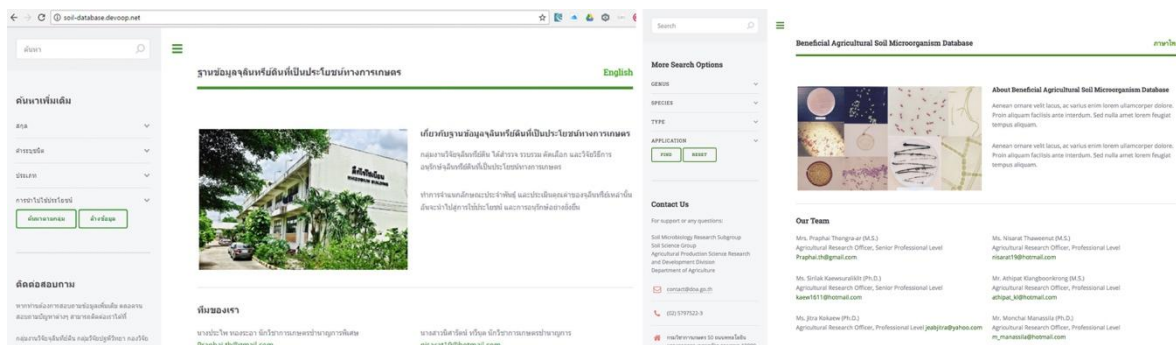
idno	DOAC	Original_code	Genus	Species	Type_s	Source_1	Source_2	Source_3	Source_4	Application
2	000001	DASA01001	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
3	000002	DASA01002	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
4	000003	DASA01003	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
5	000004	DASA01004	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
6	000005	DASA01005	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
7	000006	DASA01006	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
8	000007	DASA01007	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
9	000008	DASA01008	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
10	000009	DASA01009	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
11	000010	DASA01010	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer
12	000011	DASA01011	Bradyrhizobium	japonicum	bacterium	plant part	NULL	NULL	NULL	Bio-fertilizer

ภาพที่ 2 หน้าต่างการแก้ไขระบบฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดิน ใช้ระบบ ฐานข้อมูล MySQL

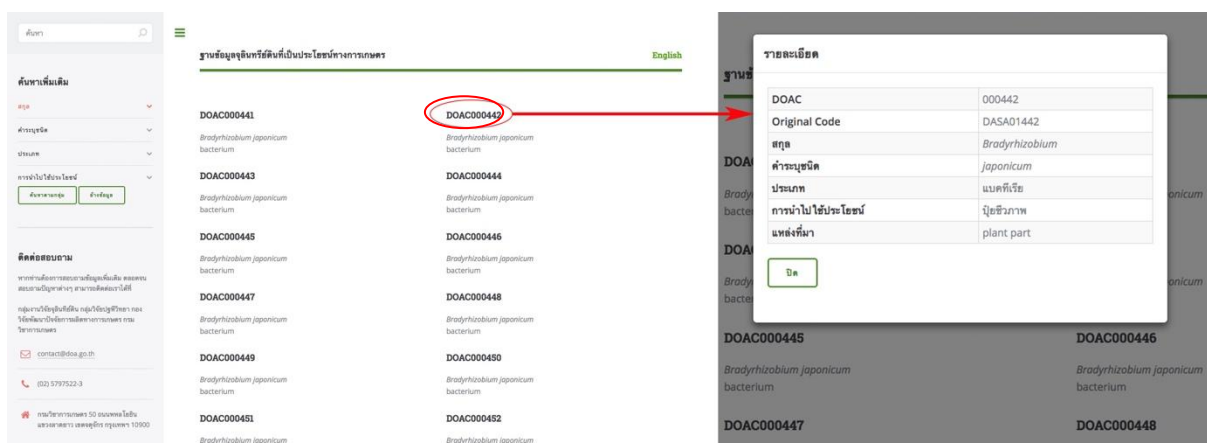
The screenshot shows the SOIL Data application interface. The top bar includes 'Main', 'Database', 'User', and 'LogOut'. The main area displays the 'Soil Data' table with columns: id, DOAC, Original code, Genus, Species, Type, Application, Source 1, Source 2, Source 3, and Source 4. The table contains 2 rows of data. A modal window titled 'เพิ่มรายการ' (Add Item) is open, showing a form to add a new record with fields for idno, DOAC, Original code, Genus, Species, Type, Application, and four source fields.

id	DOAC	Original code	Genus	Species	Type	Application	Source 1	Source 2	Source 3	Source 4
2	000001	DASA01001	Bradyrhizobium	japonicum	แบคทีเรีย	Bio-fertilizer	พืชไร่	plant part		
3	000002	DASA01002	Bradyrhizobium	japonicum	แบคทีเรีย	Bio-fertilizer	พืชไร่	plant		

ภาพที่ 3 หน้าต่างสำหรับแก้ไขระบบข้อมูลจุลินทรีย์ดิน



ภาพที่ 4 หน้าต่างสำหรับการค้นหาจุลินทรีย์ดินที่มีประโยชน์ทางการเกษตร: ซ้าย, ภาษาไทย; ขวา, ภาษาอังกฤษ



ภาพที่ 5 หน้าต่างแสดงผลของการค้นหาจุลินทรีย์ดินที่มีประโยชน์ทางการเกษตร

แผนการดำเนินงานในอนาคต

1. จัดทำฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรให้มีข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์
2. จัดหาครุภัณฑ์เพื่อการเก็บรักษาจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรในระยะยาว
3. พัฒนาระบบฐานข้อมูลจุลินทรีย์ดินแบบออนไลน์ให้มีข้อมูลและรายละเอียดของเชื้อครบถ้วนตามหลักสากล

ปัญหาและอุปสรรค

1. จุลินทรีย์มีไม่ครบตามจำนวนตัวชีวิตเนื่องจากเชื้อตายระหว่างการเก็บรักษา จำเป็นต้องเก็บรวบรวมมาเพิ่มเติมให้ครบตามจำนวน ซึ่งต้องใช้งบประมาณในการดำเนินงาน
2. งบประมาณสำหรับการเก็บรักษาและทดสอบประสิทธิภาพมีไม่เพียงพอ
3. ขาดครุภัณฑ์ในการเก็บรักษาระยะยาว เช่น เครื่องมือสำหรับทำ Lyophilization/Liquid-drying ตู้เย็น ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำ
4. ขาดครุภัณฑ์กล้องจุลทรรศน์พร้อมชุดถ่ายภาพได้กล้อง กล้องถ่ายภาพแบบพกพา คอมพิวเตอร์ และพรีนเตอร์สำหรับการใช้ในการดำเนินงาน
5. ขาดบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในการเก็บรักษาและทดสอบประสิทธิภาพเชื้ออย่างต่อเนื่อง

การใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของรากต้นกล้วย เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Utilization of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Promoting Root Growth of Micropropagated Banana Plantlets

นิศารัตน์ ทวีนุต ศิริลักษณ์ แก้วสุริยชิต ประไพ ทองระอา กานดา ฉัตรไชยศิริ¹ กัลยาณี สุวิทวัส²
ภาลันต์ ศารทูลทัต³ บุญพริก ฉิมชาติ กนกอร บุญพา

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การผลิตต้นกล้วยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ได้ต้นกล้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ต้นกล้วยในระยะแรกยังมีระบบรากค่อนข้างอ่อนแอ การศึกษานี้จึงใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่สามารถอยู่ร่วมกับรากพืชแบบพึ่งพาอาศัย มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตต้นกล้วยนี้ว่า ปากช่อง 50 โดยทดสอบความสามารถในการเข้าอาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากกล้วยพบว่า ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเข้าไปอยู่ในรากและเพิ่มปริมาณเส้นใยได้อย่างหนาแน่น เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการเพิ่มการเจริญเติบโตของรากกล้วยกับการไม่ใส่ราในกระถางทดลองพบว่า การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ความยาวราก น้ำหนักสดของราก และน้ำหนักสดทั้งต้น (34.75 เซนติเมตร, 25.05 กรัม และ 72.05 กรัม ตามลำดับ) มีมากกว่าการไม่ใส่รา จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับต้นกล้วยนี้ว่าในระยะต้นกล้า จะทำให้การเจริญเติบโตของรากเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มทำให้ระบบรากแข็งแรง ซึ่งจะส่งผลต่อการดูดน้ำและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปปลูกในแปลงต่อไป
คำสำคัญ : กล้วย ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

คำนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภค เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูงและสามารถนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลายชนิด ทำให้กล้วยกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในประเทศไทย ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกกล้วยมีความต้องการต้นกล้วยเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในการผลิตต้นกล้วยจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ได้ปริมาณของต้นกล้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและได้ต้นที่ปลอดเชื้อ แต่มีจุดอ่อนคือ ในระยะที่ย้ายต้นกล้าออกจากขวดลงปลูกในถุงเพาะชำ รากของต้นกล้ามีความอ่อนแอเป็นอย่างมาก ทำให้มีการดูดธาตุอาหารและน้ำได้ในระดับต่ำ จึงเกิดความเสี่ยงต่อการตายของต้นกล้าค่อนข้างสูง การเพิ่มความแข็งแรงของรากให้กับต้นกล้าเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระยะเพาะชำ โดยใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เป็นวิธีหนึ่งที่จะเพิ่มคุณภาพให้กับต้นกล้า เนื่องจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (mutualistic symbiosis) โดยมีความสามารถในการเพิ่มพื้นที่ราก ให้พืชมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (Smith and Read, 1997) ยิ่งไปกว่านั้นราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังสามารถอยู่ร่วมกับรากพืชได้ตลอดชีวิตของพืช จึงทำให้เราสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืชได้ในระยะยาว จากคุณสมบัติเด่นของราดังกล่าว ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบ

1 สำนักวิจัยและพัฒนาหม่อนไหม กรมหม่อนไหม ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

2 สถานีวิจัยปากช่อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30130

3 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม 73140

ความสามารถของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการเข้าอาศัยในรากของต้นกล้วยน้ำว่าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ตลอดจนการส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากกล้วย ในระยะก่อนย้ายลงแปลงปลูก

วิธีดำเนินการ

เตรียมราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสำหรับการทดลอง โดยเพาะราพร้อมกับการปลูกพืชอาศัย (ข้าวโพด) ในกระถางที่ใส่วัสดุปลูก (ดินและทราย) นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เมื่อครบกำหนด 90 วัน แยกสปอร์จากวัสดุปลูก โดยวิธี Wet sieving and decanting method (Gerdemann and Nicolson, 1963) แล้วตรวจนับด้วยวิธี Direct count จากนั้นนำวัสดุปลูกที่มีสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามาเตรียมเป็นหัวเชื้อให้ได้ความเข้มข้น 25 สปอร์ ต่อวัสดุปลูก 1 กรัม

ทดสอบความสามารถของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการเข้าอาศัยในรากกล้วยน้ำว่าเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยนำต้นกล้วยน้ำว่า ปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปลูกด้วยวัสดุเพาะชำ (ดิน:ขุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ, 2:1:1) ในถุงพลาสติกดำ (3.5 นิ้ว x 6 นิ้ว) เมื่อต้นกล้วยอายุครบ 30 วัน นำมาทดสอบความสามารถในการเข้าอาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากกล้วย โดยใส่หัวเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 10 กรัม ต่อต้น และเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใส่รา ทำการทดลอง 20 ซ้ำ เมื่อต้นกล้วยน้ำว่าอายุได้ 90 วัน (60 วันหลังจากใส่รา) ตรวจสอบปริมาณสปอร์ และตรวจสอบการเข้าอาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากกล้วย ด้วยวิธี slide method (Giovannetti and Mosse, 1980)

ทดสอบประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของรากต้นกล้วยน้ำว่าเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใส่รา ทำการทดลอง 20 ซ้ำ โดยเตรียมต้นกล้วยน้ำว่า ปากช่อง 50 ที่ได้รับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มาคัดเลือกต้นที่มีขนาดเท่ากัน ปลูกด้วยวัสดุเพาะชำ (ดิน:ขุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ, 2:1:1) ในถุงพลาสติกดำ (3.5 นิ้ว x 6 นิ้ว) ในกรรมวิธีที่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ใส่หัวเชื้อในวัสดุปลูก 10 กรัม ต่อต้น เมื่อต้นกล้วยมีอายุ 90 วัน ย้ายปลูกลงในกระถางดินเผา (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว) ที่ใส่วัสดุปลูก (ดินและทราย) นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ในระหว่างการทดลองมีการให้น้ำและปุ๋ยเคมี (15-15-15) ตามความเหมาะสม เมื่อต้นกล้วยอายุครบ 160 วัน ตรวจสอบรากต้นกล้วย ได้แก่ การเข้าอาศัยในรากของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และบันทึกข้อมูลความยาวราก และน้ำหนักสดของรากและต้น

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการใส่และไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยใช้วิธี *t*-test

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความสามารถของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการเข้าอาศัยในรากกล้วยน้ำว่าเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

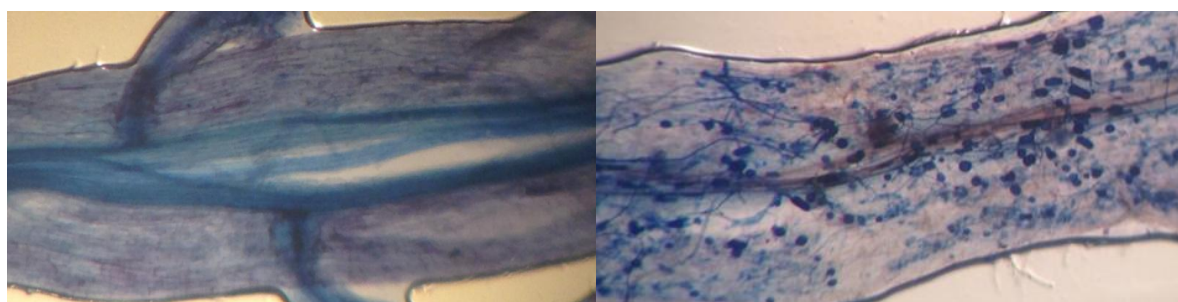
จากการทดลอง ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับต้นกล้วยน้ำว่าเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปากช่อง 50 เมื่อต้นกล้วยอายุ 90 วัน แยกสปอร์จากวัสดุเพาะชำ พบว่า มีปริมาณสปอร์เท่ากับ 14 สปอร์ ต่อวัสดุปลูก 20 กรัม ซึ่งมากกว่า กรรมวิธีการไม่ใส่รา และมีการเข้าอาศัยของราในรากกล้วยน้ำว่าเท่ากับ 7.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการไม่ใส่ราเช่นกัน (ตารางที่ 1) ในกรรมวิธีที่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีการตรวจพบสปอร์ แต่มีปริมาณน้อยมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีส่วนขยายพันธุ์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาปนมากับวัสดุปลูก ดังนั้นในการตรวจสอบรากกล้วยจึงไม่สามารถมองเห็นการเข้าอาศัยของรา ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ที่มีปริมาณเหมาะสม ทำให้การเข้าอาศัยในรากกล้วยมีประสิทธิภาพและสามารถเจริญอยู่ได้ในถุงเพาะชำ ในการตรวจสอบการเจริญเข้าไปในรากกล้วยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะเห็นโครงสร้างของราที่เรียกว่า เวสสิเคิล (vesicle) และเส้นใยภายในราก (intraradical hyphae) ของราเกิดขึ้นในเซลล์รากกล้วยอย่างชัดเจน (ภาพที่ 1) และเส้นใยราสามารถเจริญอยู่ทั่วรากภายในระยะเวลา 60 วัน หลังใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเพาะต้นกล้วยน้ำว่าในเรือนเพาะชำ เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Koffi *et al.* (2009) รายงานว่า เส้นใยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

สามารถเข้าสู่รากกล้วยแพะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้ภายใน 18 วัน และเจริญอยู่ภายในราก พร้อมกับการสร้างโครงสร้างเฉพาะของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้แก่ เวสสิเคิล และอาร์บัสคูล (arbuscule) ได้ภายใน 11 สัปดาห์

ตารางที่ 1 จำนวนสปอร์ในวัสดุปลูกและการเข้าอาศัยในรากกล้วยน้ำว้าแพะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา หลังใส่รา 60 วัน

	Spore count per 20 g substrate	AMF root colonization (%)
Uninoculated AMF	1	0.00
Inoculated AMF	14	7.50
	*	*

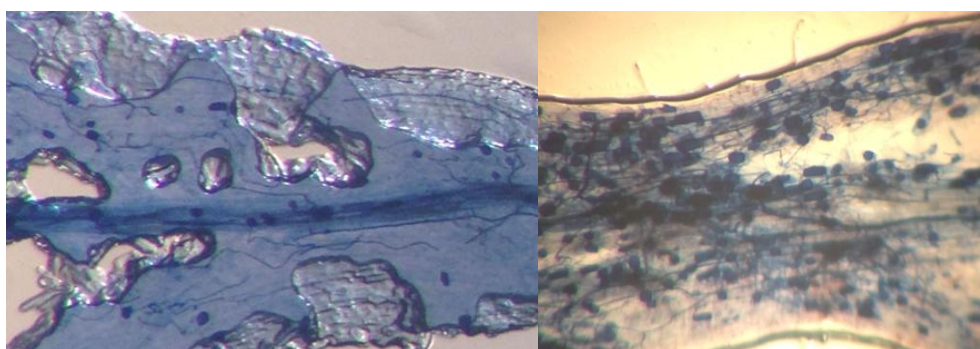
* Means differ significantly at 95% confidence by *t*-test analysis



ภาพที่ 1 การเข้าอาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากกล้วยน้ำว้า ปากช่อง 50 หลังการใส่รา 60 วัน : ซ้าย, ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา; ขวา, ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

2. ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของรากต้นกล้วยน้ำว้าแพะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

จากการทดสอบใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในกล้วยน้ำว้าแพะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระยะเพาะชำ ที่ปลูกลงในกระถางทดลอง และตรวจสอบการเข้าอาศัยในรากของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่อต้นกล้วยมีอายุครบ 160 วัน พบว่า ต้นกล้วยที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีการเข้าอาศัยในรากถึง 77.50 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณของเส้นใยราอยู่ในเซลล์รากกล้วยกระจายอยู่อย่างหนาแน่น (ภาพที่ 2) สำหรับในกรรมวิธีที่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็พบการเข้าอาศัยในรากกล้วยเช่นกัน แต่พบในปริมาณน้อยมาก จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในระยะต้นกล้าและการใส่ในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้รากกล้วยน้ำว้ามีการเข้าอาศัยของราได้ดี อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเนื่องไปจนถึงต้นกล้วยอายุ 160 วัน



ภาพที่ 2 การเข้าอาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากกล้วยน้ำว้าแพะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปากช่อง 50 ที่อายุ 160 วัน : ซ้าย, ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา; ขวา, ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ในด้านการส่งเสริมการเจริญโตของราก การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้ต้นกล้วยมีน้ำหนักรากสดเท่ากับ 25.05 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีการไม่ใส่รา คิดเป็น 18.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความยาวรากและน้ำหนักสดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเท่ากับ 13.9 เปอร์เซ็นต์ และ 5.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับรายงานของ Mathews *et al.* (2003) ได้รายงานว่า ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นกล้วย Dwarf Cavendish และ Robusta ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในด้านความสูง พื้นที่ใบ และชีวมวล ได้มากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จากผลการทดลองนี้ยังพบว่า การใส่และการเข้าอาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากกล้วยน้ำว่าเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีความสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของรากต้นกล้วย (ภาพที่ 3)

ตาราง 2 ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของรากกล้วยน้ำว่าเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปางช่อง 50 ที่อายุ 160 วัน

	AM root colonization (%)	Root length (cm)	Root fresh weight (g)	Total fresh weight (g)
Uninoculated AMF	21.67	30.50	21.15	68.39
Inoculated AMF	77.50	34.75	25.05	72.05
	*		*	

* Means differ significantly at 95% confidence by *t*-test analysis



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของรากกล้วยที่อายุ 160 วัน: ซ้าย, ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา; ขวา, ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

สรุปผลการทดลอง

ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสามารถเข้าอาศัยในรากกล้วยน้ำว่า ปางช่อง 50 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และเจริญเพิ่มขึ้นอย่างหนาแน่นภายในระยะเวลา 60 วันหลังจากการเพาะเชื้อให้กับราก จากนั้นราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากในระยะเริ่มต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำให้รากมีน้ำหนักความยาว และการแตกแขนงมากขึ้น ซึ่งส่งผลในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของต้นกล้วยที่อยู่เหนือดินได้ต่อไปในสภาพแปลง

ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้ประโยชน์

เนื่องจากต้นกล้วยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นต้นกล้วยที่ปลอดเชื้อ ดังนั้นการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาควรใส่ในระยะเพาะชำ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการเข้าอาศัยในรากได้ดีที่สุด เมื่อต้นกล้วยมีความแข็งแรงจะทำให้มีการเจริญเติบโตและได้ผลผลิตดียิ่งขึ้น และยังสามารถอยู่รอดได้ในสภาพแปลงต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศ.เบญจมาศ ศิลาชัย และคุณภาวนา ลิกขนานนท์ ที่ปรึกษางานวิจัยเป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557

เอกสารอ้างอิง

- Gerdemann, J.W. and T.H. Nicolson. 1963. Spore of mycorrhizal, endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84: 489-500.
- Koffi, M.C., I.E. Providencia, A. Elsen and S. Declerck. 2009. Development of an *in vitro* system adapted to banana mycorrhization. *African Journal of Biotechnology* 8(12): 2750-2756.
- Mathews, D., R.V. Hegde and M.N. Sreenivasa. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizae on the vigour and growth of micropropagated banana plantlets during acclimatization. *Karnataka J. Agril. Sci.* 13(3): 438-442.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Great Britain: The University Press, Cambridge.

การใช้สารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินร่วมกับปุ๋ยทางใบต่อการเจริญเติบโต
ของต้นกล้วยน้ำว้า ‘ปากช่อง50’ จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
The Combination of Blue-green Algae Extract and Foliar Fertilizer
Accelerates Growth in Micro-propagated Banana ‘Namwa Pakchong 50’

ประไพ ทองระอา ศิริลักษณ์ แก้วสุริยจิต กานดา ฉัตรไชยศิริ¹ กัลยาณี สุวิทวัส² พิมพ์นิภา เพ็งช่วง²
นิศารัตน์ ทวีนุต ภาสสันต์ ศารทูลทัต³

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น กรดอะมิโน และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีผลทางสรีรวิทยาของพืชสามารถช่วยปรับปรุงระบบราก เพิ่มการเจริญเติบโต และเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารแก่พืชได้ ดังนั้นจึงทำการศึกษาผลการใช้สารสกัดจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยทดลองฉีดพ่นสารสกัดจาก *Hapalosiphon* sp. DASH05101 ความเข้มข้น 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบ 21-21-21 ให้กับต้นกล้าที่อายุ 30 วัน หลังย้ายปลูก เมื่ออายุ 75 วัน พบว่าการฉีดพ่นสารสกัด 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบทุกอัตรา (0, 25, 37.5 และ 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ทำให้ต้นกล้วยมีความสูง เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสดต้น และขนาดพื้นที่ใบสูงกว่าการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบอย่างเดียวทุกอัตราอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร พบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตให้แก่ต้นกล้วยได้สูงที่สุด โดยมีความสูงและเส้นรอบวงลำต้น 16.23 เซนติเมตร และ 4.79 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีน้ำหนักสดต้น และขนาดพื้นที่ใบเท่ากับ 32.97 กรัม และ 155.37 ตารางเซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้สารสกัด 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 37.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

คำสำคัญ : *Hapalosiphon* sp. กล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 สารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

คำนำ

กล้วยน้ำว้าในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ ปัจจุบันกล้วยน้ำว้าพันธุ์ ปากช่อง50 เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากให้ผลผลิตดี เครือมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักเครือมากกว่า 30 กิโลกรัม ทำให้มีความต้องการหน่อพันธุ์เป็นจำนวนมาก แต่การผลิตหน่อพันธุ์ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร การใช้วิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ได้หน่อพันธุ์จำนวนมากในระยะเวลารวดเร็ว นอกจากนี้ยังได้ต้นที่ตรงตามพันธุ์ มีความสม่ำเสมอ ทำให้เกษตรกรสามารถกำหนดช่วงเวลาเก็บเกี่ยวได้ใกล้เคียงกัน แต่ต้นกล้วยน้ำว้าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กและอ่อนแอเนื่องจากระบบท่อลำเลียง ผิวเคลือบคิวทิน และการทำงานของปากใบพัฒนายังไม่สมบูรณ์ (Varma and Schuepp, 1995; Majada *et al.*, 1998) จำเป็นต้องมีการปรับสภาพแวดล้อมให้แก่ต้นกล้าโดยนำลงปลูกในวัสดุปลูกที่เหมาะสมเพื่อให้มีอัตราการรอดตายสูงและสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว วัสดุทางการเกษตรที่นิยมนำมาใช้ร่วมกับดินเพื่อเป็นวัสดุปลูก ได้แก่ ถ่านกลบ และขุยมะพร้าว ซึ่งมี

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาหม่อนไหม กรมหม่อนไหม

² สถานีวิจัยปากช่อง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอปากช่อง จ.นครราชสีมา

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม

ดูแลต้นกล้าเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมสำหรับนำลงปลูกในแปลง การศึกษาการใช้สารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (สารสกัด BGA) ร่วมกับปุ๋ยทางใบฉีดพ่นเพื่อเร่งการเจริญเติบโตให้แก่ต้นกล้ากล้วย จะเป็นการหนึ่งในการช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้แก่ต้นกล้ากล้วยได้ เนื่องจากสารสกัด BGA มีองค์ประกอบของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่พืช และมีปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) ที่ช่วยให้พืชได้รับไนโตรเจนได้เพิ่มขึ้น (ประไพ และคณะ, 2554; Yamagato *et al.*, 2001) และกรดอะมิโนนี้ยังทำหน้าที่คล้ายเป็นสารคีเลตทำให้ธาตุอาหารไม่ตกตะกอนละลายน้ำได้ดี พืชสามารถดูดใช้ผ่านทางรากหรือใบได้สะดวกมากขึ้น (El-Fouly *et al.*, 1997; Lindsay, 1974; Cakmak *et al.*, 1994) อีกทั้งในสารสกัดสาหร่ายยังอาจมีสารคล้ายฮอร์โมนพืชกลุ่มออกซิน และไซโตไคนินเป็นองค์ประกอบร่วมด้วย (Stirk *et al.*, 2002; Sergeeva *et al.*, 2002) ดังนั้นการศึกษการใช้สารสกัด BGA ร่วมกับปุ๋ยทางใบฉีดพ่นให้แก่ต้นกล้ากล้วยน้ำว้าจึงอาจจะช่วยเร่งการเจริญเติบโตและช่วยเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหารให้แก่ต้นกล้ากล้วยได้ ทำให้ลดระยะเวลาการดูแลต้นกล้าและสามารถเพิ่มรอบการผลิตได้มากขึ้น

วิธีดำเนินการ

1. การเตรียมสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน(สารสกัด BGA)

เพาะเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Hapalosiphon* sp. DASH05101 ในอาหารเพาะเลี้ยงที่ปราศจากไนโตรเจนสูตร BG-11 (Allen and Arnon, 1955) ในขวดพลาสติกขนาด 18.9 ลิตร เมื่อสาหร่ายเจริญเติบโตที่ระยะเวลา 30 วัน เก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่ายและนำเซลล์มาสกัดหยาบด้วยน้ำ (อัตราส่วนเซลล์สด:น้ำ 1:10 น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยวิธีการเยือกแข็ง ทำการละลายน้ำแข็ง และนำสารสกัดเซลล์สาหร่ายเข้มข้นที่ได้ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ 17 ชนิด และปริมาณธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส

2. การทดสอบการใช้สารสกัด BGA ร่วมกับปุ๋ยทางใบ

ปลูกต้นกล้ากล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง50 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีขนาดความสูงเริ่มต้นประมาณ 2 เซนติเมตร ในวัสดุดินผสม (ดิน:ขุยมะพร้าว:ถ่านกลบ 2:1:1 โดยปริมาตร) ที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกดำขนาด 3.5×6 นิ้ว หลังจากย้ายกล้าลงปลูกลาน 30 วัน ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ 21-21-21 ร่วมกับสารสกัด BGA เข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีต่าง ๆ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 8 กรรมวิธี 15 ซ้ำ ได้แก่ T1) ฉีดพ่นน้ำกลั่น (Control) T2) ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบอัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (25g Foliar fert.) T3) ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบอัตรา 37.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (37.5g Foliar fert.) T4) ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบอัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (50g Foliarfert.) T5) ฉีดพ่นสารสกัด BGA 20 เปอร์เซ็นต์ (20%BGA) T6) ฉีดพ่นสารสกัด BGA 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (20%BGA+25g Foliar fert.) T7) ฉีดพ่นสารสกัด BGA 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 37.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (20%BGA+37.5g Foliar fert.) และ T8) ฉีดพ่นสารสกัด BGA 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (20%BGA+50g Foliar fert.) โดยฉีดพ่นปุ๋ยทางใบและสารสกัด BGA วันละ 1 ครั้ง ห่างกันทุก 3 วัน และเมื่อต้นกล้ามีความสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ฉีดพ่นวันเว้นวัน ทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ย 15-15-15 จำนวน 1.20 กรัมต่อต้น โดยแบ่งใส่ 4 ครั้ง ๆ ละ 0.30 กรัมต่อต้น และเมื่อต้นกล้าอายุ 75 วัน หลังจากย้ายปลูก บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วย ได้แก่ ความสูง เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น จำนวนใบ พื้นที่ใบ และอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูง วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด BGA

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในสารสกัด BGA เข้มข้น พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นกลาง มีกรดอะมิโนอิสระที่ตรวจพบได้ จำนวน 16 ชนิด โดยชนิดที่มีปริมาณมากที่สุดคือ Aspartic acid รองลงมาคือ Leucine, Alanine, Arginine และ Isoleucine ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งปริมาณกรดอะมิโนอิสระนี้สามารถใช้เป็นแหล่งอินทรีย์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้ (Yamagato *et al.*, 2001) และกรดอะมิโนนี้ยังทำหน้าที่คล้ายเป็นสารคีเลต โดยสามารถรวมตัวกับธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกต่างๆ ทำให้ธาตุอาหารไม่ตกตะกอน ละลายน้ำได้ดี พืชสามารถดูดใช้ผ่านทางรากหรือใบได้สะดวกมากขึ้น (El-Fouly *et al.*, 1997; Lindsay, 1974; Cakmak *et al.*, 1994) ซึ่งชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดสาหร่ายนี้ พบว่ามีปริมาณและองค์ประกอบคล้ายกันกับสารสกัดเซลล์ของสาหร่ายสีเขียว *Chlorella vulgaris* และสารสกัดจากสาหร่ายทะเล (Shaaban, 2001; Sivasankari *et al.*, 2005) ส่วนในด้านความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองอยู่เพียงเล็กน้อย โดยมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส เท่ากับ 2.17 4.13 7.93 3.11 5.65 และ 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) ในสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเข้มข้น (*Hapalosiphon* sp. DASH05101)

Amino acid	(mg l ⁻¹)
Aspartic acid	6.28
Serine	13.65
Glutamic	45.13
Glycine	6.13
Histidine	10.83
Arginine	20.80
Threonine	11.45
Alanine	23.15
Proline	6.55
Cystine	ND
Tyrosine	16.23
Valine	13.55
Methionine	10.48
Lysine	13.85
Isoleucine	19.03
Leucine	23.75
Phenylalanine	15.10
Total	255.93

ND = non-detect data

2. การเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยน้ำว้า

ทำการทดลองฉีดพ่นสารสกัด BGA ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตราต่าง ๆ ให้แก่ต้นกล้ากล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเมื่อต้นกล้าเจริญเติบโตอายุ 75 วัน พบว่า การฉีดพ่นสารสกัด BGA เข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบ 21-21-21 อัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ต้นกล้ากล้วยมีการเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบ สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 16.23 เซนติเมตร 4.79 เซนติเมตร 32.97 กรัม 2.569 กรัม และ 155.37 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และกรรมวิธีดังกล่าวไม่แตกต่างทางสถิติกับการฉีดพ่นสารสกัด BGA ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 0 37.5 และ 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ในด้านความสูง (โดยมีค่าเท่ากับ 14.90 15.44 และ 15.14 เซนติเมตร ตามลำดับ) และเส้นรอบวงลำต้น (มีค่าเท่ากับ 4.46 4.49 และ 4.43 เซนติเมตร ตามลำดับ) แต่แตกต่างจากการฉีดพ่นด้วยปุ๋ยทางใบอย่างเดียวทุกอัตรา (ตารางที่ 2) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการใช้สารสกัด BGA ร่วมกับปุ๋ยทางใบสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูง และเส้นรอบวงให้แก่ต้นกล้ากล้วยได้ ซึ่งจะช่วยให้ต้นกล้ากล้วยเจริญเติบโต สมบูรณ์แข็งแรง ได้ขนาดที่เหมาะสมที่จะนำลงปลูกในแปลงได้เร็วมากขึ้น (โดยวิธีทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 4 เดือน สำหรับต้นกล้ากล้วยที่มีขนาดเริ่มต้นเล็กประมาณ 2 เซนติเมตร และขนาดที่เหมาะสมของต้นกล้ากล้วยที่สามารถนำลงปลูกในแปลงได้ คือ ความสูงเท่ากับหรือมากกว่า 15 เซนติเมตร หรือเส้นรอบวงลำต้นมากกว่า 3.5 เซนติเมตร ซึ่งจะช่วยให้ต้นกล้วยมีอัตราการรอดตายสูง (กัลยาณี, 2554) นอกจากนี้จากผลการทดลองยังพบว่า การฉีดพ่นสารสกัด BGA ร่วมกับปุ๋ยทางใบทุกอัตราทำให้ต้นกล้ากล้วยมีขนาดพื้นที่ใบสูงขึ้นมากกว่าการฉีดพ่นด้วยปุ๋ยทางใบอย่างเดียวที่อัตราเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ร่วมกันที่อัตรา 25 และ 37.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร มีขนาดพื้นที่ใบสูงสุดใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 2) จึงส่งผลให้ต้นกล้ากล้วยมีการสังเคราะห์แสง และเติบโตได้ดีกว่าต้นกล้ากล้วยกรรมวิธีอื่น ๆ ดังผลข้างต้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ต้นกล้ากล้วยได้รับปริมาณธาตุอาหาร กรดอะมิโน และสารคลอโรฟิลล์ในปริมาณและความเข้มข้นที่เหมาะสม จึงสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้แก่ต้นกล้ากล้วยได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Mohsen *et al.* (2016) ที่ทดลองใช้สารสกัด BGA (*Anabaena oryzae* SOS13 และ *Nostoc muscorum* SOS14) ร่วมกับปุ๋ยทางใบ (20.5 %N, 15.5 %P₂O₅ และ 48 %K₂O) ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงและประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า ให้ผลไปในทางเดียวกันกับความสูงข้างต้น โดยการฉีดพ่นสารสกัด BGA ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทำให้ต้นกล้ากล้วยมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงสุด รองลงมาคือการฉีดพ่นสารสกัด BGA ร่วมกับปุ๋ยทางใบอัตรา 37.5 และ 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร โดยมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงเท่ากับ 6.475 5.860 และ 5.780 ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุมถึง 54.94 40.22 และ 38.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้ปุ๋ยทางใบอย่างเดียวฉีดพ่นมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุมอยู่ระหว่าง 23.40-35.84 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ผลของสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินร่วมกับปุ๋ยทางใบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้วยน้ำว้าพันธุ์ ‘ปากช่อง 50’ จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เมื่ออายุ 75 วัน หลังจากย้ายปลูก

Treatment	Plant height (cm)	Stem circumference (cm)	Fresh weight (g plant ⁻¹)	Dry weight (g plant ⁻¹)	Leaf number	Leaf area (cm ²)
T1: Control	13.28 ^d	4.34 ^b	28.16 ^{ab}	2.194	9.7	119.09 ^c
T2: 25g Foliar fert.	13.84 ^{cd}	4.20 ^b	27.46 ^{ab}	2.140	9.7	118.51 ^c
T3: 37.5g Foliar fert.	14.51b ^{cd}	4.24 ^b	27.52 ^{ab}	2.144	9.7	123.60 ^c
T4: 50g Foliar fert.	13.91 ^{cd}	4.23 ^b	27.07 ^b	2.109	9.6	122.51 ^c
T5: 20%BGA	14.90 ^{abc}	4.46 ^{ab}	29.98 ^{ab}	2.336	9.9	128.74 ^{bc}
T6: 20%BGA+25g Foliar fert.	16.23 ^a	4.79 ^a	32.97 ^a	2.569	9.9	155.37 ^a
T7: 20%BGA+37.5g Foliar fert.	15.44 ^{ab}	4.49 ^{ab}	30.94 ^{ab}	2.411	9.5	150.40 ^a
T8: 20%BGA+50g Foliar fert.	15.14 ^{abc}	4.43 ^{ab}	29.29 ^{ab}	2.282	10.0	130.15 ^{bc}
CV(%)	6.8	7.6	14.7	6.4	2.3	14.1

Means in a column followed by different letters are significantly different at ≤ 0.05 by DMRT

ตารางที่ 3 ผลของสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินร่วมกับปุ๋ยทางใบต่ออัตราการเจริญเติบโตด้านความสูง และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นกล้วยน้ำว้าพันธุ์ ‘ปากช่อง 50’ จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เมื่ออายุ 75 วัน หลังจากย้ายปลูก

Treatment	Height growth rate	Δ (%)
T1: Control	4.179	-
T2: 25g Foliar fert.	5.160	23.40
T3: 37.5g Foliar fert.	5.677	35.84
T4: 50g Foliar fert.	5.590	33.76
T5: 20%BGA	5.150	23.23
T6: 20%BGA+25g Foliar fert.	6.475	54.94
T7: 20%BGA+37.5g Foliar fert.	5.860	40.22
T8: 20%BGA+50g Foliar fert.	5.780	38.31

สรุปผลการทดลอง

การฉีดพ่นสารสกัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับปุ๋ยทางใบ 21-21-21 อัตรา 25 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร สามารถเร่งการเจริญเติบโตให้แก่ต้นกล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ที่มีขนาดความสูงเริ่มต้นประมาณ 2 เซนติเมตร) ได้ดีที่สุด โดยทำให้ต้นกล้วยมีการเจริญเติบโตด้านความสูงและเส้นรอบวงลำต้นเท่ากับ 16.23 และ 4.79 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงเท่ากับ 6.475 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุมถึง 54.94 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ต้นกล้วยเจริญเติบโตได้ขนาดความสูงที่เหมาะสมสำหรับนำไปปลูกในแปลงได้ภายในระยะเวลา 75 วัน ซึ่งเร็วกว่าวิธีทั่วไปประมาณ 45 วัน

เอกสารอ้างอิง

- กรณีการ สิริสิงห์. 2525. เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 387 น.
- กัลยาณี สุวิทวัส. กล้วยน้ำว่าปากช่อง 50. นิทรรศการงานวิจัย “บนเส้นทางงานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ปี 2554”. แหล่งข้อมูล: http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/17-4-Kunlayanee_Suv/template.html, 3 สิงหาคม 2559.
- ประไพ ทองระอา, สมปอง หมื่นแจ้ง, ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต และกัลยกร โปร่งจันทิก. 2554. การผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับสี่เขียวแถมน้ำเงินโดยใช้ปุ๋ยหมักมูลไก่และการใช้ประโยชน์กับข้าวระยะต้นกล้า. หน้า 1-9. ใน *เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ ประจำปี 2554*. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร วันที่ 11-13 กรกฎาคม 2554 ณ โรงแรมภูเขางามพาโนรามา จ.นครนายก.
- Allen, M. B. and D. I. Arnon. 1955. Studies on nitrogen-fixing blue-green algae. *Plant Physio.* 30: 366-372.
- Cakmak, I., K.Y. Gueluet, H. Marschner and R.D. Graham. 1994. Effect of zinc and iron deficiency on phyto-siderophores release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. *J. Plant Nutri.* 17: 1-17.
- El-Fouly, M.M., Z.M. Mobarak and M.M. Shaaban. 1997. Effect of different foliar iron chelates on growth and nutrient contents of cotton plants. *Egypt. J. Physiol. Sci.* 3: 357-367.
- Lindsay, W.L. 1974. Role of chelation in micronutrient availability, pp. 507-524. In E.W. Carson, ed. *The plant root and its environment*. University Press of Virginia.
- Majada, J.P., M.L. Centeno, I. Felto, B. Fernandez and R. Sanchez-Tames. 1998. Stomatal and cuticular traits on carnation tissue culture under different ventilation conditions. *Plant Growth Reg.* 25: 113-121.
- Mohsen, A.A.M., A.S.A. Salama and F.M.A. El-Saadony. 2016. The effect of foliar spray with cyanobacterial extracts on growth, yield and quality of lettuce plants (*Lactuca sativa* L.). *Mid. East J. Agri. Res.* 5(1): 90-96.
- Sergeeva, E., A. Liaimer and B. Bergman. 2002. Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. *Planta.* 215: 229-238.
- Shaaban, M.M. 2001. Green micro water extract as foliar feeding to wheat plants. *Pak. J. Biol. Sci.* 4: 628-632.
- Sivasankari, S., V. Venkatesalu, M. Anantharaj and M. Chandrasekaran. 2005. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinesis*. *Bioresour. Tech.* 97(14): 1745-1751.
- Stirk, W.A., V. V. Staden and K. Jager. 2002. Cytokinins and auxin-like activity in Cyanophyta and microalgae. *J. Appl. Phyco.* 14: 215-211.
- Varma, A. and H. Schuepp. 1995. Mycorrhization of commercially important micropropagated plant. *Crit. Rev. Biotech.* 15: 313-328.
- Yamagato, M., S. Matsumoto and N. Ae. J. Arihara. 2001. Possibility of direct acquisition of organic nitrogen by crops, pp. 399-420. In N. Ae. J. Arihara, K. Okada and A. Srinivasan, eds. *Plant Nutrient Acquisition*. Springer-Verlag, Tokyo.

การประเมินความต้องการธาตุอาหารของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์สปุนต้า

Investigation on Nutrient Requirements of 'Atlantic' and 'Spunta' Potato

ทิวาพร ผดุง ภาณุมาศ โคตรพวงค์ ปัญจพร เลิศรัตน์ ศุภกาญจน์ หล่ายแปด และกักริตา จงเจือกกลาง

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

มันฝรั่งมีปริมาณและลักษณะทางคุณภาพของผลผลิตสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับ การวิเคราะห์ธาตุอาหารแต่ละระยะการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตสามารถประเมินความต้องการธาตุอาหารและวางแผนการจัดการปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพได้ จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในระหว่างการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์ สปุนต้า พบว่า ในส่วนของลำต้น ราก และผลผลิตของมันฝรั่งทั้ง 2 พันธุ์ มีปริมาณโพแทสเซียม (K) สูงที่สุด รองลงมาคือ ไนโตรเจน (N) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และฟอสฟอรัส (P) โดยมันฝรั่งมีความต้องการ N-P-K ในสัดส่วน 4:1:7 มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกที่ให้ผลผลิต 2.54 ตันต่อไร่ มีความต้องการใช้ธาตุอาหารเพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของต้น คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร เท่ากับ 7.61-0.61-12.14 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ โดยช่วงที่หัวมันฝรั่งขยายขนาดมีการดูดใช้ N และ K สูงที่สุด และมีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตเท่ากับ 5.57-0.81-8.36 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ สำหรับมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าที่ให้ผลผลิต 2.04 ตันต่อไร่ มีความต้องการปริมาณธาตุอาหารในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตน้อยกว่ามันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก โดยมีการดูดใช้ธาตุอาหารเพื่อสร้างส่วนต่างๆ ของต้น คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร เท่ากับ 6.98-0.51-10.16 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ มีการใช้ N และ K มากที่สุดในช่วงที่หัวกำลังขยายขนาดและมีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิต เท่ากับ 3.37-0.60-4.73 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่

คำสำคัญ: ความต้องการธาตุอาหาร มันฝรั่ง แอตแลนติก สปุนต้า

บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรที่ปลูกมันฝรั่งส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่มากกว่าคำแนะนำและมีวิธีการใช้ที่ไม่ถูกต้อง แม้ว่าจะมีการส่งเสริมให้เกษตรกรส่งตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารก่อนปลูกพืช แต่เนื่องจากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินมีจำกัดประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ค่อนข้างสูงจึงทำให้เกษตรกรไม่นิยมส่งตัวอย่างดินวิเคราะห์ ดังนั้นการวิเคราะห์พืชจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการธาตุอาหาร เนื่องจากผลการวิเคราะห์พืชแสดงให้เห็นถึงปริมาณที่แท้จริงของธาตุอาหารนั้นๆ ที่พืชได้รับจากดินในสภาพแวดล้อมหรือสภาวะที่พืชขึ้นอยู่ ซึ่งการวิเคราะห์ดินอย่างเดียวไม่สามารถบอกได้อย่างถูกต้องเพราะการวิเคราะห์ดินไม่ได้ประเมินอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและชนิดพืชร่วมด้วย (จงรักษ์, 2549) สอดคล้องกับ Li and Jin (2012) ที่กล่าวว่า การวิเคราะห์ธาตุอาหารเพื่อติดตามสถานะธาตุอาหารของมันฝรั่งมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของต้น ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการปริมาณธาตุอาหารในแต่ละระยะการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตของมันฝรั่งเพื่อนำไปใช้สนับสนุนข้อมูลการวิเคราะห์ดินและเป็นแนวทางพิจารณาการให้ปุ๋ยมันฝรั่งต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกแปลงปลูกมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์สปุนต้าจำนวนพันธุ์ละ 3 แปลงๆ ละ 1 ไร่ ในอำเภอบพพระ จังหวัดตาก วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดินก่อนและหลังปลูกพืช จากนั้นปลูกมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์สปุนต้า ระยะปลูก 20 x 90 เซนติเมตร จำนวน 1 หัวต่อหลุม การปฏิบัติดูแลรักษาแปลงเป็นไปตามวิธีของเกษตรกร ทำการเก็บตัวอย่างมันฝรั่ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (30 วันหลังปลูก) ระยะหวัขยายขนาด (60 วันหลังปลูก) และระยะเก็บเกี่ยว (90 วันหลังปลูก) แยกตัวอย่างพืชเป็นส่วนลำต้น ใบ รากและผลผลิต แล้วนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารเพื่อคำนวณหาปริมาณธาตุอาหารที่มันฝรั่งต้องการใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต

ผลการทดลอง

1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ

1.1 ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก

วิเคราะห์สมบัติของดินก่อนการทดลอง พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย pH 6.23 มีค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) 0.89 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูง 5.21% มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับปานกลาง แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง (ตารางที่ 1)

1.2 ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

วิเคราะห์สมบัติของดินก่อนการทดลอง พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกลาง pH 6.75 มีค่าการนำไฟฟ้า 0.83 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูง 4.87 % มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับปานกลาง แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยวมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์สปุนต้า

Cultivars		pH	EC_e (dS/m)	OM (%)	Avail.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	Exch.Ca (mg/kg)	Exch.Mg (mg/kg)
Atlantic	Before planting	6.23	0.89	5.21	13.61	88.99	1,167.51	192.16
	After harvesting	6.54	0.30	6.61	54.29	154.85	1,646.55	383.52
Spunta	Before planting	6.75	0.83	4.87	16.42	72.42	1,314.66	252.21
	After harvesting	5.95	0.43	6.61	67.01	154.77	1,357.10	306.65

2. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช

2.1 ความเข้มข้นธาตุอาหารของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก

ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและระยะที่หัวมันฝรั่งขยายขนาด ลำต้น ใบและรากของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกมีความเข้มข้นของ K สูงที่สุด รองลงมาคือ N Ca และ Mg ส่วน P พบว่ามีปริมาณน้อยที่สุด ในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต หัวมันฝรั่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของ K สูงที่สุด รองลงมาคือ N P และ Ca ส่วน Mg มีความเข้มข้นน้อยที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกในระหว่างการเจริญเติบโต

Growth stages	Plant part	Nutrient concentration (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Vegetative growth	stem and leaf	5.37	0.39	7.82	0.91	0.62
	root	3.51	0.29	4.68	0.68	0.42
Tuber bulking	stem and leaf	3.76	0.28	6.42	1.53	0.75
	root	1.82	0.22	2.01	0.25	0.21
Harvesting	tuber	1.23	0.18	1.84	0.09	0.07

2.2 ความเข้มข้นธาตุอาหารของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

ในระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นและระยะหัวมันฝรั่งขยายขนาด มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า มีความเข้มข้นของ K ในลำต้น ใบและรากสูงที่สุดเช่นเดียวกับมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก ในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวมันฝรั่ง พบว่า มีความเข้มข้นของ K สูงสุดเฉลี่ย 1.72% รองลงมาคือ N 1.23% P 0.22% Mg 0.09% และ Ca 0.04% (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าในระหว่างการเจริญเติบโต

Growth stage	Plant part	Nutrient concentration (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Vegetative growth	stem and leaf	5.91	0.37	7.56	0.75	0.48
	root	3.40	0.23	5.66	0.60	0.29
Tuber bulking	stem and leaf	4.40	0.32	6.79	0.95	0.51
	root	2.89	0.30	2.79	0.45	0.28
Harvesting	tuber	1.23	0.22	1.72	0.04	0.09

3. การประเมินปริมาณธาตุอาหารในพืช

3.1 การประเมินปริมาณธาตุอาหารของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก

มันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก ที่ปลูกในพื้นที่ 1 ไร่ ปริมาณผลผลิต 2.54 ตัน มีความต้องการใช้ N และ K มากที่สุดในช่วงที่หัวมันฝรั่งขยายขนาด เมื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารใน 1 ฤดูปลูก พบว่า มีการดูดใช้ธาตุอาหารระหว่างการเจริญเติบโต เท่ากับ 7.61 0.61 และ 12.14 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ และมีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิต เท่ากับ 5.57 0.81 และ 8.36 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ รวมเป็นปริมาณธาตุอาหาร เท่ากับ 13.18 1.42 และ 20.50 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ (ตารางที่ 4) คิดเป็นสัดส่วนปุ๋ยประมาณ 4:1:7

3.2 การประเมินปริมาณธาตุอาหารของมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า

มันฝรั่งพันธุ์สปุนต้ามีความต้องการใช้ N และ K มากที่สุดในช่วงที่หัวมันฝรั่งขยายขนาดเช่นเดียวกับมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติก การปลูกมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้า 1 ฤดูปลูก ในพื้นที่ 1 ไร่ ปริมาณผลผลิต 2.04 ตัน มีการดูดใช้ธาตุอาหารระหว่างการเจริญเติบโต เท่ากับ 6.98 0.51 และ 10.16 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ และมีการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิตเท่ากับ 3.37 0.60 และ 4.73 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ รวมเป็นปริมาณธาตุอาหาร เท่ากับ 10.35 1.11 และ 14.89 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ (ตารางที่ 4) คิดเป็นสัดส่วนปุ๋ยประมาณ 4:1:7

ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ใช้ในระหว่างการเจริญเติบโตและสูญเสียไปกับผลผลิตมันฝรั่ง พันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์สปุนต้า

Nutrient	Atlantic			Spunta		
	Nutrient uptake (kg/ rai)	Nutrient removal by tubers (kg/ rai)	Total (kg/ rai)	Nutrient uptake (kg/ rai)	Nutrient removal by tubers (kg/ rai)	Total (kg/ rai)
N	7.61	5.57	13.18	6.98	3.37	10.35
P	0.61	0.81	1.42	0.51	0.60	1.11
K	12.14	8.36	20.50	10.16	4.73	14.89

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

มันฝรั่งทั้ง 2 พันธุ์ มีความต้องการธาตุอาหารในสัดส่วนที่เท่ากันแต่ต้องการปริมาณธาตุอาหารต่างกัน จากการทดลองเมื่ออายุต้นเท่ากันมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกมีขนาดต้นและจำนวนใบมากกว่ามันฝรั่งพันธุ์ สปุนต้าอย่างเห็นได้ชัดจึงมีความต้องการใช้ธาตุอาหารในการเจริญเติบโตมากกว่า อีกทั้งมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกให้ผลผลิตสูงกว่ามันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าจึงทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิตมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ยังเป็นที่น่าสังเกตว่ามันฝรั่งมีความต้องการ K มากกว่า N ประมาณเกือบ 2 เท่า ดังนั้นการให้ปุ๋ยจึงควรอยู่บนพื้นฐานความต้องการของพืชซึ่งเกี่ยวข้องกับอัตราปุ๋ย ระยะการเจริญเติบโต สภาพแวดล้อมและพันธุ์พืช ซึ่งปริมาณธาตุอาหารที่มันฝรั่งต้องการมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตจริงที่ได้รับ (Lang *et al.*, 1999)

เอกสารอ้างอิง

- จรงค์ จันทรเจริญสุข, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, แสงดาว เขาแก้ว, สมชาย กริชาภิรมย์ และ ปิยนาด นุชนิยม. 2549. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในผลส้มโอเพื่อการจัดการธาตุอาหารในดิน. ว. วิทย์. กษ. 37(6): 535-544.
- Lang, N.S., R.G. Stevens, R.E. Thornton, W.L. Pan and S. Victory. 1999. Potato nutrient management for Central Washington. Washington State University. Available Source: <http://potatoes.wsu.edu/wp-content/uploads/2014/11/lang.pdf>
- Li, S. and J. Jin. 2012. 4R nutrient management practices for potato production in China. Better Crops. 96 (1): 20-23.

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ 6-เบนซิลอะมิโนพิวรีนและ
เมพิควอตคลอไรด์ ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
ด้วยเทคนิค HPLC

Method Validation of 6-Benzylaminopurine and Mepiquat chloride
in Plant Growth Regulator Products by HPLC

สุพิศสา ทองเขียว เพชรรัตน์ ศิริวิ มนต์ชัย อินทร์ท่าอิฐ สาธิตา โพธิ์น้อย

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride ในผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ผลการตรวจสอบพบว่า การทดสอบสาร 6-Benzylaminopurine มี Range ในช่วง 1-100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99954 ค่า Linearity อยู่ในช่วง 10-60 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99960 สาร Mepiquat chloride มี Range ในช่วง 50-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99980 ค่า Linearity อยู่ในช่วง 100-600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99981 ประเมินค่า Accuracy จาก %Recovery ของสาร 6-Benzylaminopurine ซึ่งเท่ากับ 100.01, 99.67 และ 99.51 ตามลำดับ สาร Mepiquat chloride ได้ %Recovery เท่ากับ 97.42, 99.56 และ 100.13 ตามลำดับ เกณฑ์ยอมรับ AOAC %Recovery เท่ากับ 97-103 การตรวจสอบความเที่ยง (Precision) ประเมินจากค่า HorRat สำหรับสาร 6-Benzylaminopurine เท่ากับ 1.00, 0.94 และ 1.20 ตามลำดับ สำหรับ Mepiquat chloride ได้ค่า HorRat เท่ากับ 1.07, 0.57 และ 0.79 ตามลำดับ ความคงทน (Robustness/Ruggedness) ของวิธีวิเคราะห์สาร 6-Benzylaminopurine ประเมินค่า HorRat อยู่ในช่วง 0.34-1.43 ส่วนสาร Mepiquat chloride มีค่า HorRat อยู่ในช่วง 0.30-1.91 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดสาร 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride เท่ากับ $\pm 0.038\%$ W/V และ $\pm 0.150\%$ W/W ตามลำดับ การตรวจสอบค่า Range, Linearity, Accuracy, Precision, Robustness และ Ruggedness อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

คำสำคัญ: ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี 6-เบนซิลอะมิโนพิวรีน เมพิควอตคลอไรด์ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

คำนำ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชให้เป็นวิธีทางโครมาโทกราฟี เพราะเป็นวิธีที่ทันสมัยและสามารถตรวจสอบสารที่มีปริมาณต่ำๆ ได้ เหมาะกับงานวิเคราะห์ และงานวิจัย Mepiquat chloride ซึ่งวิธีวิเคราะห์แบบเดิมจะใช้วิธีการวิเคราะห์ตกตะกอนด้วย Sodium tetraphenylboron จากนั้นกรองด้วยแร่ใยหิน (Asbestos) ซึ่งแร่ใยหิน เป็นสารที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมห้ามนำเข้า เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นจึงต้องมีพัฒนาวิธีให้ได้ที่ปลอดภัยมากกว่า Karasali and Ioannou (2009) ได้วิเคราะห์ปริมาณ Mepiquat chloride ในผลิตภัณฑ์ปราบศัตรูพืช โดยใช้ HPLC ที่ติดตั้งเครื่องตรวจวัดชนิด Diode array column ODS-AQ (RP, C-18) 4.6 x 150 mm. x 5 μ m และได้มีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี พบว่า %RSD เท่ากับ 0.3 และ LOD เท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับการใช้ HPLC วิเคราะห์ปริมาณ 6-Benzylaminopurine ที่

ตกค้างในแตงโม โดยใช้ Column C-18 และใช้เมทานอลและ 0.15% กรดฟอสฟอริก เป็น Mobile phase พบว่า วิธีวิเคราะห์นี้เป็นวิธีที่มีความถูกต้องและเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ 6-Benzylaminopurine (Lu *et al.*, 2011)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการทดสอบ (Method Validation) สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิด ที่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ ถูกต้อง แม่นยำ ยอมรับได้ในระดับสากล

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่อง High Performance Liquid Chromatograph
2. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง
3. เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์
4. สารมาตรฐาน 6-Benzylaminopurine 99.0% W/W (Dr.Ehrenstorfer GmbH)
5. สารมาตรฐาน Mepiquat chloride 99.0% W/W (Dr.Ehrenstorfer GmbH)
6. สารเคมีอื่นๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

วิธีการ

1. การหาความจำเพาะเจาะจงของวิธี (Specificity/Selectivity) ทดสอบโดยการฉีดสารมาตรฐานของ 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride สารละลายตัวอย่าง และ สารละลาย Blank เข้าเครื่อง HPLC ตามสภาวะที่เหมาะสมของสารแต่ละตัว ที่ใช้ตัวตรวจวัดชนิด PDA พิจารณาโครมาโทแกรม โดยดูว่ามีโครมาโทแกรมที่เป็นของสารอื่นปลอมปนโครมาโทแกรมของสาร 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride หรือไม่

2. ตรวจสอบช่วงของการวัดและความเป็นเส้นตรง (Range/Linearity)

2.1 การหาช่วงของการวัด โดยการชั่งสารมาตรฐาน 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride ให้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ 6 ความเข้มข้น ๆ ครอบคลุมช่วงที่ใช้งาน สาร 6-Benzylaminopurine เตรียมความเข้มข้น 1, 5, 10, 20, 50, และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสาร Mepiquat chloride เตรียมความเข้มข้น 100, 200, 300, 400 500, และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ละลายด้วย Mobile phase ฉีดสารละลายเข้าเครื่อง HPLC สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสาร (x) กับ response (y) พิจารณาวงความเป็นเส้นตรงจากช่วงความเข้มข้นที่หาค่า Range โดยคำนวณค่า Correlation coefficient (r) ต้องมากกว่า 0.995

2.2 การหาช่วงของความเป็นเส้นตรง เลือกความเข้มข้นจาก Range ที่เป็นเส้นตรง 3 ความเข้มข้น และเตรียมให้อยู่ในช่วงการใช้งานจริง 6-Benzylaminopurine เตรียมความเข้มข้นเท่ากับ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร Mepiquat chloride เตรียมความเข้มข้นเท่ากับ 100, 200, 300, 400, 500 และ 600 มิลลิกรัม ต่อลิตร ฉีดสารละลายเข้าเครื่อง HPLC สร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสาร (x) กับ response (y) พิจารณาวงความเป็นเส้นตรงจากช่วงความเข้มข้นที่หาค่า Linearity โดยคำนวณค่า Correlation coefficient (r) ต้องมากกว่า 0.995

3. ตรวจสอบความแม่นยำ (Accuracy)

3.1 เตรียมสารละลาย Sample blank โดยชั่ง Talcum ปริมาณ 100 มิลลิกรัม 3 ระดับความเข้มข้นๆ ละ 10 ข้ำ (รวม 30 ข้ำ) ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน Methanol 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลายด้วย Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วย Mobile phase กรองสารละลายด้วย syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 4 มิลลิลิตร

3.2 เตรียมสารละลาย Spike sample โดยชั่ง Talcum ปริมาณ 100 มิลลิกรัม ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร 3 ระดับความเข้มข้นๆ ละ 10 ข้ำ (รวม 30 ข้ำ) จากนั้นชั่งสาร 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride ที่ระดับต่ำ กลาง และ สูง ความเข้มข้นละ 10 ข้ำ ใส่ใน Volumetric flask ที่มี Talcum บรรจุอยู่ เติมน Methanol 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลายด้วย Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วย Methanol เตรียมสารละลายของ 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride แต่ละระดับ

ให้อยู่ในช่วงความเข้มข้นของกราฟมาตรฐาน ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Mobile phase เขย่าให้เข้ากัน กรองสารละลายด้วย Syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 4 มิลลิลิตร

3.3 เตรียม Calibration curve โดยชั่งสารมาตรฐาน 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride ปริมาณ 50.0 มิลลิกรัม ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน Methanol 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลายด้วย Ultrasonic bath 5-10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Methanol เขย่าให้เข้ากัน สำหรับสาร 6-Benzylaminopurine ปิเปตสารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิลิตร และ Mepiquat chloride ปิเปตสารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Mobile phase ของแต่ละตัว เขย่าให้เข้ากัน กรองสารละลายด้วย syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ใส่ใน Vial ขนาด 4 มิลลิลิตรแล้วฉีดเข้าเครื่อง HPLC วิเคราะห์หาปริมาณสาร 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride และประเมินค่า Accuracy จากค่า %Recovery ดังนี้

$$\% \text{Recovery} = (A_{\text{spike}} - A_{\text{original}}) \times 100 / A_{\text{add}}$$

A Spike = ปริมาณ 6-Benzylaminopurine หรือ Mepiquat chloride ในสารละลาย Spike sample

A Original = ปริมาณ 6-Benzylaminopurine หรือ Mepiquat chloride ใน Original sample

A Add = ปริมาณสารละลายมาตรฐาน 6-Benzylaminopurine หรือ Mepiquat chloride ที่เติม

4. ตรวจสอบความเที่ยง (Precision)

ตรวจสอบ Precision ของ 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride ทำได้โดยการวิเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ กลาง สูง นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative standard deviation) และ HorRat โดยต้องมีค่าไม่เกิน 2 ตามเกณฑ์พิจารณา

ประเมิน Precision โดยใช้ HorRat

$$\text{HorRat} = \% \text{RSD}_{\text{exp}} / \% \text{RSD}_{\text{Horwitz}}$$

คำนวณ Precision Horwitz RSD ตามสูตร

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

C = Concentration ratio

เกณฑ์ยอมรับ Precision AOAC, 2016 ยอมรับ HorRat ≤ 2

EC, Codex ยอมรับ HorRat < 2

5. ตรวจสอบความทนของวิธี Robustness/Ruggedness

5.1 ทดสอบ Robustness ของวิธีวิเคราะห์ 6-Benzylaminopurine ด้วยการเปลี่ยนสภาวะของเครื่องมือโดยเปลี่ยนอัตราส่วนของ Buffer ใน Mobile phase จาก 15% เป็น 20% และทดสอบ Ruggedness ด้วยการเปลี่ยนคอลัมน์สำหรับวิเคราะห์จากคอลัมน์ uBondapak-C18 (3.9x300 mm., 10 μm) เป็นคอลัมน์ sunfire-C18 (4.6 x 150 mm., 5 μm)

5.2 ทดสอบ Robustness ของวิธีวิเคราะห์ Mepiquat chloride ด้วยการเปลี่ยนสภาวะของเครื่องมือโดยเปลี่ยนอัตราส่วนของ Buffer ในสารละลาย Mobile phase และทดสอบ Ruggedness ของวิธีวิเคราะห์ Mepiquat chloride ด้วยการเปลี่ยนผู้วิเคราะห์

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการหา Specificity/Selectivity พบว่าไม่มีพีคอื่นใดมารบกวนพีคของ 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride แสดงว่าวิธีนี้มี Specificity และ Selectivity ดี

พิจารณาการตรวจสอบช่วงของการวัด (Range) ของวิธีวิเคราะห์ 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride พบว่า มีช่วงการวัดครอบคลุมช่วงความเข้มข้น 1-100 และ 50-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนการพิจารณาช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity) ของวิธีวิเคราะห์ 6-Benzylaminopurine ในช่วงความเข้มข้น 10-50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99960 วิธีวิเคราะห์ Mepiquat

chloride ในช่วงความเข้มข้น 100-500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.99981 ซึ่งค่าทั้งสองผ่านเกณฑ์การยอมรับค่า $r \geq 0.995$ (APHA, AWWA, WEF, 2005)

การตรวจสอบค่าความแม่นยำ (Accuracy) ที่ความเข้มข้น 3 ระดับของ 6-Benzylaminopurine คือ 10, 30 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 30 ซ้ำ พบว่า %Recovery ของสาร 6-Benzylaminopurine ความเข้มข้นระดับต่ำ กลาง และสูง เท่ากับ 100.01, 99.67 และ 99.51 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วน %Recovery ของสาร Mepiquat chloride เท่ากับ 97.42, 99.56 และ 100.13 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วง 97-103% ตามเกณฑ์พิจารณาสำหรับสารที่มีปริมาณมากกว่า 1% แต่น้อยกว่า 10% ประเมิน Precision Robustness และ Ruggedness มีค่า HorRat อยู่ในช่วง 0.34-1.43 และในช่วง 0.30-1.91 ซึ่งค่า HorRat ≤ 2 ผ่านเกณฑ์ยอมรับ

การตรวจสอบ Robustness ของวิธีวิเคราะห์ 6-Benzylaminopurine ด้วยการเปลี่ยนสภาวะของเครื่องมือ โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของ buffer ใน Mobile phase จาก 15% เป็น 20% ทำให้ retention time ของสารลดลง และตรวจสอบ Ruggedness ของวิธีวิเคราะห์ 6-Benzylaminopurine ด้วยการเปลี่ยนคอลัมน์สำหรับวิเคราะห์จากคอลัมน์ ubondapak-C18 (3.9x300 mm.,10 μ m) เป็นคอลัมน์ sunfire-C18 (4.6 x 150 mm.,5 μ m) ซึ่งมีผลการทดสอบโดยการประเมินค่า HorRat Robustness ได้เท่ากับ 0.77 0.34 และ 0.94 ตามลำดับ Ruggedness เท่ากับ 1.04 0.80 และ 0.43 ตามลำดับ

การตรวจสอบ Robustness ของวิธีวิเคราะห์ Mepiquat chloride ด้วยการเปลี่ยนสภาวะของเครื่องมือ โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของ buffer ใน Mobile phase ทำให้ retention time ของสารเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และตรวจสอบ Ruggedness ของวิธีวิเคราะห์ Mepiquat chloride ด้วยการเปลี่ยนผู้วิเคราะห์ ซึ่งมีผลการทดสอบโดยการประเมินค่า HorRat Robustness ได้เท่ากับ 1.91, 0.59 และ 0.30 ตามลำดับ Ruggedness เท่ากับ 0.93, 0.82 และ 1.07 ตามลำดับ

การหาค่าความไม่แน่นอนของการวัด ของสาร 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride ซึ่งมีผลการประเมิน พบว่า ค่าความไม่แน่นอนของการวัดสาร 6-Benzylaminopurine เท่ากับ 0.038 ดังนั้นค่าที่รายงานเท่ากับ $2.03 \pm 0.038\%$ W/V และค่าความไม่แน่นอนของการวัดสาร Mepiquat chloride เท่ากับ 0.15 ดังนั้นค่าที่รายงานเท่ากับ $10.62 \pm 0.15\%$ W/W

สรุปผลการทดลอง

จากการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยเครื่อง HPLC โดยตรวจสอบ Specificity/Selectivity Range Linearity Accuracy Precision Robustness และ Ruggedness พบว่า ทั้งสองชนิด Specificity/Selectivity ดี 6-Benzylaminopurine มีค่า Range อยู่ในช่วง 1-100 มิลลิกรัมต่อลิตร Linearity อยู่ในช่วง 10-50 มิลลิกรัมต่อลิตร Mepiquat chloride มีค่า Range อยู่ในช่วง 50-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า Linearity อยู่ในช่วง 100-500 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า Range และ Linearity อยู่ในเกณฑ์การยอมรับทั้งสิ้น โดยพิจารณาค่า Correlation coefficient (r) ≥ 0.995 , ประเมินค่า Accuracy จาก %Recovery ของสาร 6-Benzylaminopurine อยู่ในช่วง 99.51-100.01 เปอร์เซ็นต์ Mepiquat chloride อยู่ในช่วง 97.42-100.13 การตรวจสอบความเที่ยง (Precision) ประเมินจากค่า HorRat สำหรับสาร 6-Benzylaminopurine เท่ากับ 1.00, 0.94 และ 1.20 ตามลำดับ สำหรับ Mepiquat chloride ได้ค่า HorRat เท่ากับ 1.07, 0.57 และ 0.79 ตามลำดับ ค่าความแข็งแกร่ง (Robustness/Ruggedness) ของวิธีวิเคราะห์สาร 6-Benzylaminopurine ประเมินค่า HorRat อยู่ในช่วง 0.34-1.43 ส่วนสาร Mepiquat chloride มีค่า HorRat อยู่ในช่วง 0.30-1.91 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดสาร 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride เท่ากับ $\pm 0.038\%$ W/V และ 0.15% W/W ตามลำดับ

การนำไปใช้ประโยชน์

เสนอเป็นวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ 6-Benzylaminopurine และ Mepiquat chloride ในผลิตภัณฑ์สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช เพื่อเป็นแนวทางในการขอรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

เอกสารอ้างอิง

ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water and Environmental Federation, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Edition American Public Health Association, Washington, DC

Karasali, H. and S. Ioannou. 2009. HPLC Determination of Mepiquat chloride in commercial pesticide formulations. *Bull Environ Contam Toxicol* 83: 636-639.

Lu Y. M, G. B. Yi, C. B. Chen, J. L. Cai, B. Y. Du, R. Z. Chen. 2011. Study on determination of four plant growth regulator residues in watermelons. *Journal of Instrumental Analysis* 30(2): 186-189.

การวิจัยและพัฒนาชุดตรวจสอบอย่างง่ายคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต เพื่อประเมินคุณภาพน้ำทางการเกษตร

Research and Development of Water Test Kits to Determine Chloride Carbonate and Bicarbonate in Agricultural Water

จิตติรัตน์ ชูชาติ จริรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ สุภา โพธิจันทร์ สงกรานต์ มะลิสอน
ญาณธิชา จิตต์สะอาด พจมาลย์ ภูสาร เจนจิรา เทเวศร์วรกุล

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

วิจัยและพัฒนาชุดตรวจสอบคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตในน้ำ ซึ่งดัดแปลงประยุกต์ใช้วิธี Argentometric และ Indicator Method ตามวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำในห้องปฏิบัติการ ลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมีที่ใช้ ทดสอบการเกิดสี และพัฒนาแผ่นเทียบสี และจัดทำเป็นชุดตรวจสอบ หาความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตในน้ำด้วยชุดตรวจสอบกับผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ปริมาณคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตในน้ำที่วิเคราะห์ด้วยชุดตรวจสอบ มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีในห้องปฏิบัติการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.983** 0.890** และ 0.876** ตามลำดับ ซึ่งทำให้ชุดตรวจสอบที่ได้พัฒนาขึ้นให้ผลถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบโดยเกษตรกรจำนวน 20 ราย พบว่า การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตในน้ำด้วยชุดตรวจสอบมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70

คำสำคัญ : ชุดตรวจสอบอย่างง่าย (Test kit) คลอไรด์ คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต

คำนำ

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร มีภารกิจหลักในการให้บริการตรวจวิเคราะห์ ปุ๋ย พืช ดิน และน้ำ โดยเฉพาะน้ำเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการผลิตพืช เนื่องจากน้ำเป็นตัวย่อยธาตุอาหารในดินและปุ๋ย เพื่อเป็นอาหารแก่พืช คุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญ หากน้ำมีคุณภาพไม่ดีพืชก็ไม่เจริญเติบโต การประเมินคุณภาพน้ำให้มีความสำคัญกับเกลือที่เป็นอันตรายกับพืช ได้แก่ คลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต หากมีปริมาณคลอไรด์เกินในน้ำ จะทำให้ใบและรากของพืชไหม้ การเจริญเติบโตหยุดชะงัก หรือตายได้ (White and Broadley, 2001) ในขณะเดียวกันปริมาณคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ที่มีอยู่ในน้ำจะเป็นตัวบ่งชี้ความเป็นด่างของน้ำ โดยถูกนำมาใช้ประเมินค่า Residual Sodium Carbonate (RSC) ซึ่งเป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต แคลเซียมและแมกนีเซียม หากมีการใช้น้ำที่มีสภาพเป็นด่างมาใช้รดพืช จะส่งผลให้ดินมีสภาพเป็นด่าง ธาตุหลักและจุลธาตุอื่นๆ ละลายออกมาได้น้อย การดูดใช้จุลธาตุในพืชลดลงเป็นสาเหตุให้พืชเกิดอาการเหลืองซีด (chlorosis) ได้ (FAO, 1985; WHO, 2011; Burow *et al.*, 2017)

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตในน้ำจะต้องดำเนินการในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี Argentometric และ Indicator Method ตามวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำของ American Public Health Association, the American Water Works Association and the Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF) (2012) ซึ่งต้องใช้สารเคมี และเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญ เกษตรกรไม่สามารถปฏิบัติได้เอง การพัฒนาชุดตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์คลอไรด์ คาร์บอเนต และไบ

คาร์บอนเนต จึงมีความสำคัญในปัจจุบัน เพื่อให้เกษตรกรสามารถทราบผลการวิเคราะห์อย่างรวดเร็ว และสามารถตรวจสอบได้เอง ลดระยะเวลาการส่งตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการ ลดการใช้สารเคมี พร้อมทั้งสามารถประเมินคุณภาพน้ำและความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ทันที ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาชุดตรวจสอบสำหรับวิเคราะห์คลอไรด์ คาร์บอนเนต และไบคาร์บอนเนตในน้ำ จึงเป็นพัฒนาการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ที่ใช้อุปกรณ์ที่มีการใช้งานง่าย สะดวกรวดเร็ว มีความแม่นยำ และสามารถพกพาไปใช้งานในภาคสนามได้

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือ เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์และพัฒนาชุดตรวจสอบ
2. Certified Reference Material (natural water)
3. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คลอไรด์ คาร์บอนเนต และไบคาร์บอนเนต

วิธีการ

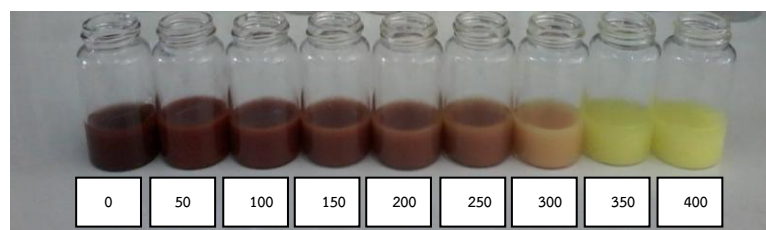
1. พัฒนาชุดตรวจสอบคลอไรด์ คาร์บอนเนต และไบคาร์บอนเนตในน้ำ โดยใช้หลักการวิเคราะห์และวัดปริมาณเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์คลอไรด์โดยใช้วิธี Argentometric method วิเคราะห์คาร์บอนเนตและไบคาร์บอนเนตโดยใช้วิธี Indicator method (APHA, AWWA and WEF, 2012) โดยปรับลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ทดสอบการเกิดสี พัฒนาแผ่นเทียบสีตามคุณภาพน้ำ (FAO, 1985; WHO, 2011; Burow *et al.*, 2017) และพัฒนาเป็นชุดตรวจสอบ
2. ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบ วิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ คาร์บอนเนต และไบคาร์บอนเนต ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่างๆ จำนวนมากกว่า 50 ตัวอย่าง หาความสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (The Coefficient of Correlation, r)
3. ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบโดยเกษตรกรจำนวน 20 ราย

ผลการทดลองและวิจารณ์

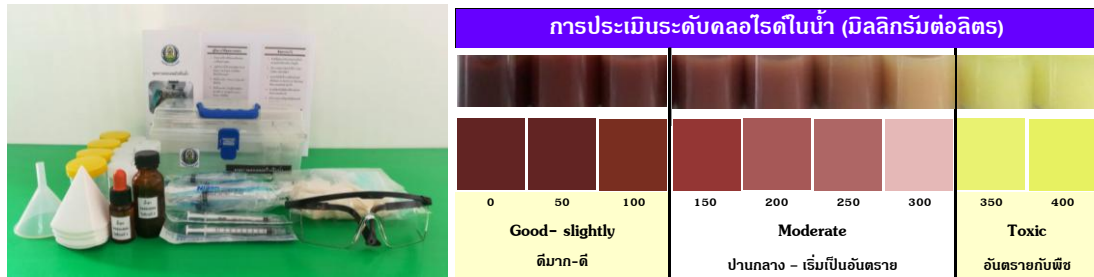
1. การพัฒนาและทดสอบชุดตรวจสอบอย่างง่าย (Test kit) คลอไรด์ คาร์บอนเนต และไบคาร์บอนเนต

1.1 วิจัยพัฒนา และจัดทำชุดตรวจสอบคลอไรด์

พัฒนาชุดตรวจสอบคลอไรด์ โดยลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมีที่ใช้ จากวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ Argentometric Method (APHA, AWWA and WEF, 2012) ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ด้วยซิลเวอร์ไนเตรท ทดสอบสัดส่วนของน้ำและสารเคมี จนได้สัดส่วนของตัวอย่างน้ำ จำนวน 5 มิลลิลิตร โพแทสเซียมไดโครเมต จำนวน 4 หยด และซิลเวอร์ไนเตรท จำนวน 1 มิลลิลิตร ทดสอบการเกิดสีตามความเข้มข้นของคลอไรด์ (ภาพที่ 1) พัฒนาแผ่นเทียบสีเพื่อใช้ประเมินคุณภาพน้ำตามเกณฑ์ดีมาก - ดี ปานกลาง - เริ่มอันตราย และเป็นอันตรายกับพืช (FAO, 1985; WHO, 2011; Burow *et al.*, 2017) พัฒนาเป็นชุดตรวจสอบคลอไรด์ ตามภาพที่ 2



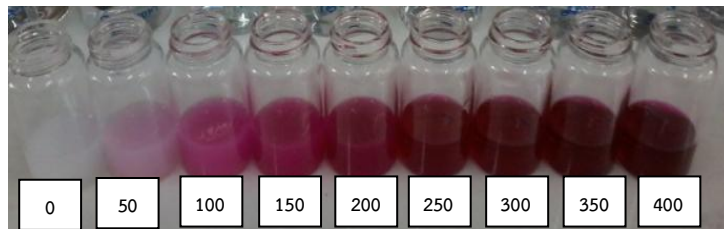
ภาพที่ 1 การทดสอบการเกิดสีตามความเข้มข้นของคลอไรด์ 0 - 400 มิลลิกรัมต่อลิตร



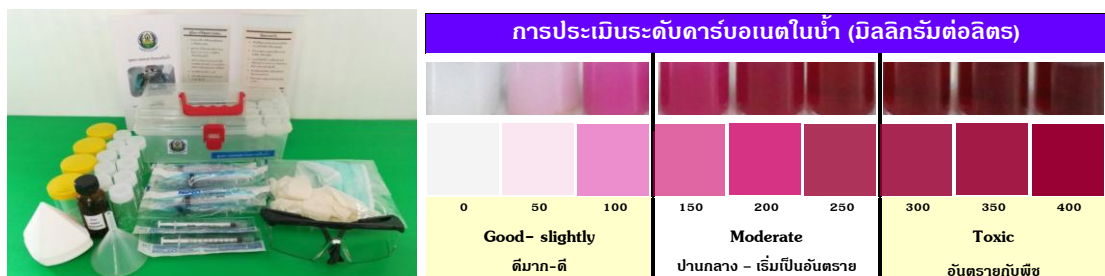
ภาพที่ 2 การพัฒนาแผ่นเทียบสีตามคุณภาพของน้ำ ดีมาก - ดี, ปานกลาง - เริ่มอันตรายกับพืช และอันตรายกับพืช

1.2 วิจัยพัฒนา และจัดทำชุดตรวจสอบคาร์บอนเนต

พัฒนาชุดตรวจสอบคาร์บอนเนตจากหลักการวิเคราะห์ด้วยวิธี Indicator Method (APHA, AWWA and WEF, 2012) โดยลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำ และสารเคมี เช่นเดียวกับการพัฒนาชุดตรวจสอบคลอไรด์ จนได้สัดส่วนของตัวอย่างน้ำ จำนวน 5 มิลลิลิตร และฟีนอล์ฟทาไลน์อินดิเคเตอร์จำนวน 1 มิลลิลิตร ทดสอบการเกิดสีตามความเข้มข้นของคาร์บอนเนต (ภาพที่ 3) พัฒนาแผ่นเทียบสีเพื่อใช้ประเมินคุณภาพน้ำตามเกณฑ์ดีมาก - ดี ปานกลาง - เริ่มอันตรายกับพืช และเป็นอันตรายกับพืช (FAO, 1985; WHO, 2011; Burow *et al.*, 2017) พัฒนาเป็นชุดตรวจสอบคาร์บอนเนต ตามภาพที่ 4



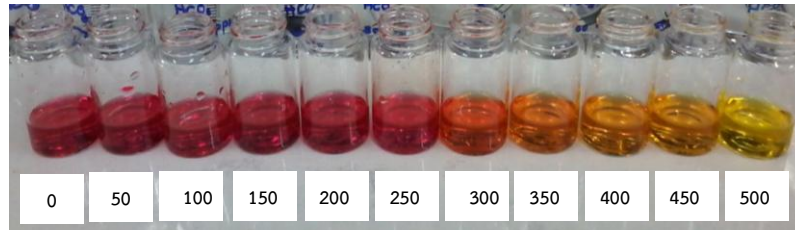
ภาพที่ 3 การทดสอบการเกิดสีตามความเข้มข้นของคาร์บอนเนต 0 - 400 มิลลิกรัมต่อลิตร



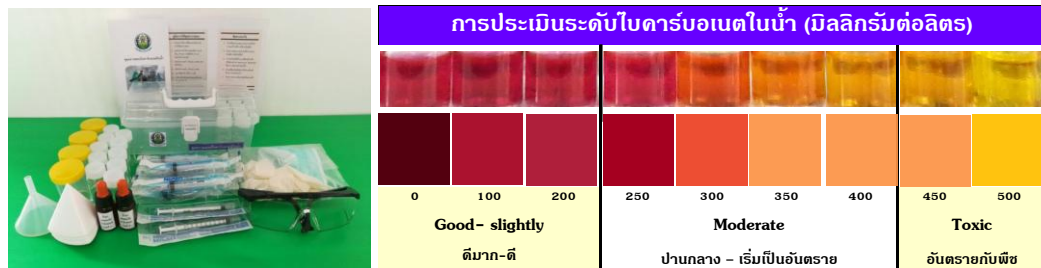
ภาพที่ 4 การพัฒนาแผ่นเทียบสีตามคุณภาพของน้ำ ดีมาก - ดี, ปานกลาง - เริ่มอันตรายกับพืช และอันตรายกับพืช

1.3 วิจัย และพัฒนาชุดตรวจสอบไบคาร์บอนเนต

พัฒนาชุดตรวจสอบไบคาร์บอนเนตโดยใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยวิธี Indicator Method (APHA, AWWA and WEF, 2012) โดยการไทเทรตตัวอย่างน้ำด้วยกรดซัลฟิวริกโดยใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ โดยลดสัดส่วนของตัวอย่างน้ำและสารเคมีเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบคลอไรด์และคาร์บอนเนต โดยใช้ตัวอย่างน้ำ จำนวน 5 มิลลิลิตร เมทิลเรด จำนวน 3 หยด กรดซัลฟิวริก จำนวน 3 หยด ทดสอบการเกิดสีตามความเข้มข้นของไบคาร์บอนเนต (ภาพที่ 5) พัฒนาแผ่นเทียบสีเพื่อใช้ประเมินคุณภาพน้ำตามเกณฑ์ดีมาก - ดี ปานกลาง - เริ่มอันตรายกับพืช และเป็นอันตรายกับพืช (FAO, 1985; WHO, 2011; Burow *et al.*, 2017) พัฒนาเป็นชุดตรวจสอบไบคาร์บอนเนต ตามภาพที่ 6



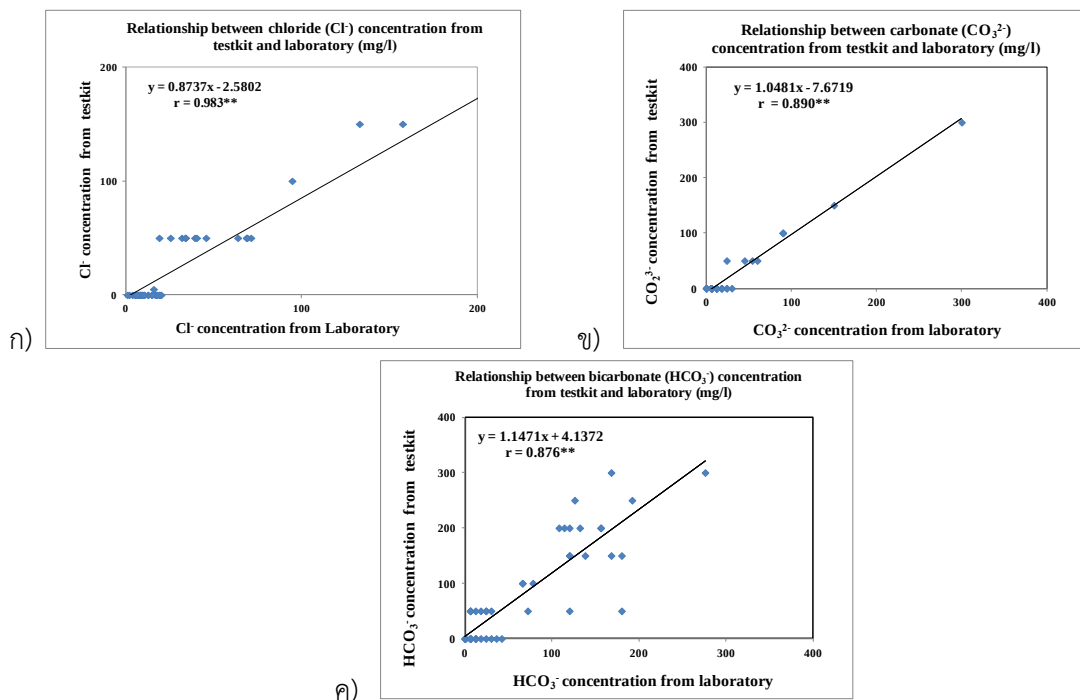
ภาพที่ 5 การทดสอบการเกิดสีตามความเข้มข้นของไบคาร์บอเนต 0 - 500 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 6 การพัฒนาแผ่นเทียบสีตามคุณภาพของน้ำ ดีมาก - ดี, ปานกลาง - เริ่มอันตรายกับพืช และอันตรายกับพืช

2. ทดสอบการใช้ชุดตรวจสอบวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ในตัวอย่างน้ำทาง

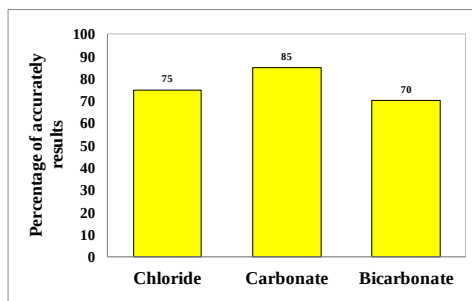
การเกษตร จำนวน 52 และ 51 ตัวอย่าง ตามลำดับ หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์คลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ด้วยชุดตรวจสอบ และผลการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (The Coefficient of Correlation, r) พบว่า ผลการวิเคราะห์คลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตด้วยชุดตรวจสอบมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับวิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.983** 0.890** และ 0.876** ตามลำดับ ดังนั้น ชุดตรวจสอบที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถให้ผลวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทางการเกษตรใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสูง (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำด้วยชุดตรวจสอบ และผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ ก) ผลวิเคราะห์คลอไรด์ ข) ผลวิเคราะห์คาร์บอเนต ค) ผลวิเคราะห์ไบคาร์บอเนต

3. ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบโดยเกษตรกรจำนวน 20 ราย

ทดสอบการใช้งานชุดตรวจสอบโดยผู้ใช้งานซึ่งเป็นเกษตรกรจำนวน 20 ราย โดยใช้ตัวอย่างน้ำทดสอบจากแหล่งน้ำต่างๆ ในพื้นที่ของเกษตรกร ผลการใช้น้ำชุดตรวจสอบพบว่า ผู้ใช้งานชุดตรวจสอบจำนวน 20 ราย มีการรายงานผลการทดสอบคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตในน้ำ ถูกต้องจำนวน 15 17 และ 14 รายคิดเป็นร้อยละ 75 85 และ 70 ตามลำดับ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ร้อยละของเกษตรกรที่ใช้งานชุดตรวจสอบที่รายงานผลวิเคราะห์ถูกต้อง

สรุปผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตในน้ำด้วยชุดตรวจสอบ มีความสัมพันธ์อย่างสูงยิ่งทางสถิติกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำด้วยวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง (r) เท่ากับ 0.983** 0.890** และ 0.876** ตามลำดับ ซึ่งทำให้ชุดตรวจสอบที่ได้พัฒนาขึ้นให้ผลถูกต้องตรงกับผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมากกว่าร้อยละ 80 สามารถนำมาใช้เป็นชุดตรวจสอบตัวอย่างน้ำได้จริง หลังจากนั้นนำไปชุดตรวจสอบไปใช้งานจริงโดยเกษตรกรจำนวน 20 คน ในภาคสนาม ผลการใช้น้ำชุดตรวจสอบพบว่า การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตในน้ำมีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ชุดตรวจสอบมีขนาดกะทัดรัด สามารถพกพาไปใช้ในภาคสนามได้อย่างสะดวก ให้ผลการตรวจสอบเบื้องต้นที่ถูกต้อง รวดเร็ว ทำให้เกษตรกรหรือผู้ที่ต้องการใช้งานสามารถตรวจสอบได้เอง ทำให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ

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.
- Burow K. R., K. Belitz, N. M. Dubrovsky and B. C. Jurgens. 2017. Large decadal-scale changes in uranium and bicarbonate in groundwater of the irrigated western United State. *Science of The Total Environment* 586 (15): 87–95.
- 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.
- White, J. P. and R. B. Martin. 2001. Chloride in Soils and its Uptake and Movement within the Plant. *Annals of Botany*. 88: 967-988.
- World Health Organization (WHO). 2011. *Guideline for drinking-water quality*. World Health Organization, Geneva. 564 p.

คุณค่าทางโภชนาการของผักพื้นบ้านไทย

The Nutritional Value of Thai Indigenous Vegetables

สุวลักษณ์ ไชยทอง สุภานันท์ จันทร์ประอบ สาธิตา โพธิ์น้อย เรวดี ศิริยาน

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในผักพื้นบ้าน โดยสำรวจและเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านตามตลาดประจำท้องถิ่นของจังหวัด นำมาศึกษาชื่อทางวิทยาศาสตร์ ชื่อพื้นเมือง ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ และวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต เหล็ก แมงกานีส สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม ในส่วนที่รับประทานได้ อาทิเช่น ดอก ยอด ใบอ่อน ผัก ผล ด้วยวิธีวิเคราะห์ที่มีในห้องปฏิบัติการ จากจำนวนตัวอย่างผักพื้นบ้าน 25 ชนิด ที่ศึกษา พบว่า ในน้ำหนักสด 100 กรัม ผักแต่ละชนิด มีโปรตีน 0.3-9.4 ไขมัน 0.1-3.5 เยื่อใย 0.3-4.8 เถ้า 0.5-2.5 คาร์โบไฮเดรต 4.7-31.9 เหล็ก 0.3-2.6 แมงกานีส 0-11.5 สังกะสี 0.1-4.8 แคลเซียม 7.6-417.4 และ แมกนีเซียม 12-150.5 กรัม ตามลำดับ ผักที่มีโปรตีนและธาตุเหล็ก สูงที่สุดคือ กระถิน(ยอด) ผักส่วนใหญ่มีไขมันต่ำ ผักที่มีเยื่อใยสูงที่สุดคือ กระเพรา โหระพา ผักที่มีเถ้าและแคลเซียม สูงที่สุดคือกระเพราแดง กัลย (ผลดิบ) มีคาร์โบไฮเดรตสูง ผักที่มีแมงกานีสสูงที่สุด คือ ขมิ้น และยังมีสังกะสีสูงอีกด้วย ผักที่มีแมกนีเซียมสูงที่สุดคือ กระถิน จากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า ผักพื้นบ้านของไทยมีประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการมากมาย หากมีการให้ความสำคัญนำพืชผักพื้นบ้านมาบริโภคและปลูกมากขึ้นในระดับครัวเรือน ก็จะมีข้อดีทั้งการประหยัดรายจ่ายและปลอดภัยต่อสุขภาพ เนื่องจากผักพื้นบ้านส่วนใหญ่ไม่มีการใช้สารเคมีนอกจากนี้ผักพื้นบ้านหลายชนิดที่สามารถปลูกเพื่อการค้าและส่งออกจำหน่าย ยังต่างประเทศ สามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ : คุณค่าทางโภชนาการพืช ผักพื้นบ้าน

คำนำ

โภชนาการ (nutrition) คือ อาหารที่รับประทานเข้าไปแล้วเกิดประโยชน์ ช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโตซ่อมแซมร่างกาย เนื่องจากในอาหารจะมีสารที่เป็นประโยชน์ เช่น โปรตีน (protein) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (main component) ของกล้ามเนื้อ (muscle) อวัยวะ (organ) และต่อม (gland) ต่าง ๆ ของร่างกายตลอดจนของเหลวภายในร่างกายชนิดต่าง ๆ (body fluid) ยกเว้นน้ำดี (bile) และปัสสาวะ (urine) เด็กและวัยรุ่นต้องการปริมาณโปรตีนที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตที่พัฒนาเป็นปกติ ไขมัน ไขมัน (fat) เป็นสารประกอบอินทรีย์ (organic compound) ที่เป็นแหล่งของอาหารที่ให้พลังงานสูงโดยที่ไขมัน 1 กรัม จะให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี เยื่อใยมีคุณสมบัติที่คล้ายๆกับฟองน้ำการดูดซับ (absorb) คุณสมบัติดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อระบบขับถ่ายที่จะช่วยป้องกันการเป็นมะเร็งในส่วนของลำไส้ใหญ่ (colon cancer) นอกจากนี้ร่างกายยังต้องแร่ธาตุต่างๆหลายชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฯลฯ เพื่อทำให้มีสุขภาพที่ดีและเป็นการป้องกันโรคต่างๆ ปัจจุบันคนไทยหันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น จึงให้ความสนใจบริโภคผักมากขึ้น ผักหลายชนิดให้คุณค่าทางโภชนาการสูง แต่ผักที่คนไทยนิยมรับประทาน มักเป็นผักทางเศรษฐกิจที่มีน้อยชนิด ที่สำคัญมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช จึงต้องบริโภคอย่างระมัดระวัง ทางเลือกหนึ่งสำหรับคนไทย คือหันมาบริโภคพืชผักพื้นบ้านแทน ประเทศไทยมีผักที่ปลูกเฉพาะถิ่นหรือที่เรียกว่า “ผักพื้นบ้าน” ยิ่งยง (2556) ได้ให้คำนิยามไว้ว่า คือ พรรณพืชที่มนุษย์ในถิ่นต่างๆ บริโภคในรูปของผักนั้นคือ เป็นส่วนผสมหลักในอาหาร ผักพื้นบ้านไม่ผ่านกระบวนการผสมและปรับปรุงพันธุ์พืชและยังไม่มีมีการปลูกเป็นการค้าแพร่หลายทั่วไป เป็นผักที่ปลูกโดยไม่ต้องมีการดูแลรักษาและไม่ต้องใช้สารเคมีกำจัดแมลง บางชนิดนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว อาจนำมาใช้ทำยารักษาโรค ซึ่งนับว่าเป็นภูมิปัญญาของบรรพบุรุษ บางชนิดชาวบ้าน

นำมาปลูกในบ้าน เพื่อสะดวกเมื่อจำนำมาใช้ หรือถ้ามีมากเกินไปก็จะนำไปขายตามตลาดสดในท้องถิ่นนั้นๆ แต่ผักพื้นบ้านของไทยบางชนิดจะรู้จักกันเฉพาะถิ่นและยังมีการศึกษาถึงคุณประโยชน์ทางโภชนาการน้อยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาชนิดและคุณค่าทางโภชนาการของผักพื้นบ้านที่มีอยู่ตามท้องถิ่นของประเทศไทย ในส่วนที่สามารถรับประทานได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ข้อมูลด้านโภชนาการ เพิ่มทางเลือกให้ผู้สนใจในการบริโภคผักปลอดสารเคมี และส่งเสริมการปลูกผักพื้นบ้านเพื่อการบริโภคในระดับครัวเรือนต่อไป

วิธีดำเนินการ

วิธีการ

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผักพื้นบ้าน โดยการศึกษาชนิด ชื่อทางวิทยาศาสตร์ ชื่อพื้นเมืองคุณประโยชน์ ส่วนต่างๆ ที่รับประทานสดได้ เช่น ดอก ผล ผัก ใบ
2. สืบค้นและเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านชนิดต่างๆ จากตลาดท้องถิ่นในภาคเหนือ แพร่ ลำพูน ภาคตะวันออก จันทบุรี ตราด ภาคกลาง สุพรรณบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรสงคราม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หนองคาย และภาคใต้ พัทลุง สุราษฎร์ธานี สงขลา
3. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ตามวิธีในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์หัตถ์พืช วัตถุเคมีการเกษตรและนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต (Yash, 1998) เหล็ก แมงกานีส สังกะสี แคลเซียม และ แมกนีเซียม (AOAC, 1970)
4. สรุปและรายงานผลการทดลอง

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผักพื้นบ้าน โดยการศึกษาชนิด ชื่อทางวิทยาศาสตร์ ชื่อพื้นเมืองคุณประโยชน์ ส่วนต่างๆ ที่รับประทานสดได้ เช่น ดอก ผล ผัก (ตารางที่ 1) การเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านจากจังหวัดต่างๆ จำนวน 25 ชนิด และนำมาวิเคราะห์แยกส่วนที่รับประทานได้ คือ กลีบดอก ยอดและใบอ่อน ใบ ผัก และ ผล คิดจาก 100 กรัม น้ำหนักสด ผลการวิเคราะห์พบว่า ส่วนต่างๆของพืชมีปริมาณสารอาหารแตกต่างกัน ผักที่มีโปรตีนสูงที่สุด คือ กระถิน(ยอด) ปริมาณ เท่ากับ 9.4 กรัม ผักส่วนใหญ่มีปริมาณไขมันน้อย ผักที่มีปริมาณไขมันมากที่สุด คือ กระชาย ปริมาณ เท่ากับ 1.3 กรัม ผักที่มีเยื่อใยสูงที่สุดคือ กระเพราใบ ปริมาณเท่ากับ 4.8 กรัม ผักที่มีปริมาณเถ้าสูงที่สุด คือกระเพราแดง ปริมาณเท่ากับ 2.5 กรัม ผักที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด คือ กลัวย (ผลดิบ) ปริมาณเท่ากับ 31.9 กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ อรชพร และ คณะ (2556) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 20.71 ถึง 42.18 ผักที่มีปริมาณธาตุเหล็ก สูงที่สุดคือ กระถิน(ยอด) มีปริมาณเท่ากับ 2.6 มิลลิกรัม ผักที่มีแมงกานีส และสังกะสีสูงที่สุดคือ ขยง มีปริมาณเท่ากับ 11.5 และ 4.8 มิลลิกรัม ตามลำดับ กระเพราแดง มีธาตุแคลเซียม สูงที่สุด มีปริมาณเท่ากับ 417.4 มิลลิกรัม และ กระเพราใบ มีแมกนีเซียม สูงที่สุด ปริมาณเท่ากับ 150.5 มิลลิกรัม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผักพื้นบ้าน (ชื่อวิทยาศาสตร์ และ ชื่อพื้นเมือง)

ชนิดผักพื้นบ้าน	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง
 กระเจี๊ยบแดง	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	กระเจี๊ยบ กระเจี๊ยบเปรี้ยว (ภาคกลาง) ผักแก้งเค้ง ส้มแก้งเค้ง (ภาคเหนือ) ส้มตะแลงเครง (ตาก) ส้มปู (แม่ฮ่องสอน)
 กระเจียว	<i>Curcuma sessilis</i> Gage	กระเจียว (ภาคกลาง) กาเดียว (เลย) จาด (ชุมพร,สงขลา) อาวแดง (ภาคเหนือ)
 กระชับ	<i>Xanthium indicum</i> Koenig	ขี้ครอก เกียงนา มะขาน้ำ (ภาคเหนือ) ขี้ฮั่น (ภาคเหนือ,ภาคอีสาน) ดอน(ขอนแก่น,เลย) ขี้ฮั่นน้ำ (นครพนม) หญ้าผมยุง (เชียงใหม่)
 กระชาย	<i>Boesenbergia rotunda</i> (L.) Mansf	ชิง กระชาย กะชาย ว่านพระอาทิตย์ (กรุงเทพฯ) กระแอม ระแอม (ภาคเหนือ) ชิงทราย (มหาสารคาม) จีปู ชีพู (ฉาน-แม่ฮ่องสอน) เป้าสี่ เป้าขอไร่ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดผักพื้นบ้าน	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อพื้นเมือง
 กระดอม	<i>Gymnopetalum diffusa</i> Burm.f.	ขี้กาดง (สระบุรี) มะนอยจา (ภาคเหนือ) ผักแคบป่า (น่าน) มะนอยหก มะนอยหกฟ้า (แม่ฮ่องสอน)
 กระโดน	<i>Careya sphaerica</i> Roxb.	ขุย (กาญจนบุรี), จิก (ภาคอีสาน), ปุย (ภาคใต้, ภาคเหนือ), ปุยกระโดน (ภาคใต้), ปุยขาว ผ้าฮาด (ภาคเหนือ), หูกวาง (จันทบุรี)
 กระถิน	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	กระถิน กระถินไทย กระถินบ้าน (ภาคกลาง) กระถินยักษ์ กะเส็ดโคก กะเส็ดบก (ราชบุรี) ตอเบา สะตอเทศ สะตอเบา (ภาคใต้) ผักก้านดิน (เชียงใหม่) ผักหนองบก (ภาคเหนือ)
 กระถินพมาน	<i>Acacia harmandiana</i> (Pierre) Gagnep.	กระถินป่า (พิษณุโลก, สุโขทัย) แผลบขาว (ราชบุรี) ปี่มาน (ภาคเหนือ) พิมาน มะขี้มาน (ภาคเหนือ, ภาคอีสาน)
กระทงลาย	<i>Celastrus paniculata</i> Willd	กระทงลาย กระทงลาย โขด (ภาคกลาง) นางแตก (นครราชสีมา) มะแตก มะแตกเครือ มักแตก (ภาคเหนือ ภาคอีสาน)
 กระทือ	<i>Zingiber zerumbet</i> L. Sm.	กระทือ กระทือป่า กะแวน กะแวน แหวด้า (ภาคเหนือ) เปลพ้อ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) เอี้ยวซ่า (เงี้ยว-แม่ฮ่องสอน) เอี้ยวแดง เอี้ยวดำ (แม่ฮ่องสอน)
 กระทุงหมาบ้า	<i>Dregea volubilis</i> L.f. Benth. Hook. f.	กระทุงหมาบ้า กระทุงหมาบ้า คั่นขุนสุนัขบ้า (ภาคกลาง) เครือเขาหมู ผักฮ้วน ผักฮ้วนหมู (ภาคเหนือ) ผักโง้ง ผักง้วน ผักง้วนหมู ผักม้วน (ภาคอีสาน)
 กระพังโหม	<i>Sarcostemma secamone</i> L. Bennet	จุมกปลาหลด สะอึก (ภาคกลาง) จุมกปลาไหลดง (เพชรบูรณ์) ตะมูกปลาไหล (นครราชสีมา) ผักไหม (เชียงใหม่) กระพังโหม (ภาคกลาง)
 กระพี้จั่น	<i>Millettia brandisiana</i> Kurz	กระพี้จั่น จั่น พี้จั่น (ทั่วไป) ปี้จั่น (ภาคเหนือ)
 กระวาน	<i>Amomum testaceum</i> Ridl.	กระวาน (จันทบุรี ปัตตานี) กระวานขาว กระวานโพธิ์สัตว์ (ภาคกลาง) ปลาถ้อ
 กลัวย	<i>Musa</i> sp.	กลัวย
 กะทกรก	<i>Passiflora foetida</i> L.	รก (ภาคกลาง) กระโปรงทอง (ภาคใต้) เครือขนตาช้าง (ศรีสะเกษ) คำสิงห์ฝรั่ง (ชลบุรี) เถาเาะ เถาสิงโต (ชัยนาท) ผักขี้หิด (เลย) ผักแคบฝรั่ง (ภาคภาคเหนือ) เอี้ยววัว (อุดรธานี) หล้าถลกบาด (พิษณุโลก, อุดรดิตถ์) หล้ารกช้าง (พังงา)
 กะเพรา	<i>Ocimum tenuiflorum</i> L.	กอมก้อ กอมก้อดง (เชียงใหม่) กะเพรา กะเพราชน กะเพราขาว กะเพราแดง (ภาคกลาง) ห่อกวอซู ห่อตุปลู (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) อัมคิมหล้า (เงี้ยว-แม่ฮ่องสอน) อีตุไทย (ภาคอีสาน)
 กะออม	<i>Limnophila geoffrayi</i> Bonati	กะแยง ผักแยง (ภาคอีสาน)
 ก้างปลาแดง	<i>Phyllanthus reticulatus</i> Poir.	กระอ่อง (ประจวบคีรีขันธ์) ก้างปลาขาว (อ่างทอง เชียงใหม่) ก้างปลาเครือ (ทั่วไป) ก้างปลาแดง (สุราษฎร์ธานี) ข่าคล่อง (สุพรรณบุรี) ต้าคะโคเคีย สะแบรที (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) หมัดคำ (แพร่) หมาเอี้ยว (นครพนม) อำอ้าย (นครราชสีมา)
 กุ้ยช่าย	<i>Allium tuberosum</i> Roxb.	กุ้ยช่าย
 ขจร	<i>Telosma minor</i> Craib	ขจร สลิด (ภาคกลาง)

ตารางที่ 2 ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการ ในตัวอย่างผักพื้นบ้าน (100 กรัม น้ำหนักสด)

ชนิดผักพื้นบ้าน	ปริมาณสารอาหารที่ตรวจพบ									
	(กรัม/100 กรัม น้ำหนักสด)					(มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด)				
	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต	เหล็ก	แมงกานีส	สังกะสี	แคลเซียม	แมกนีเซียม
กระเจียวแดง (กลีบดอก)	0.7	0.1	1.5	0.9	8.6	0.3	1.2	0.3	113.1	50.1
(ยอด, ใบอ่อน)	3	0.3	1.6	0.9	12.1	1	7.4	0.4	193.2	43.8
กระเจียว	1	0.2	0.3	0.7	6	0.3	0.5	0.2	12.2	33.1

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชนิดผักพื้นบ้าน	ปริมาณสารอาหารที่ตรวจพบ									
	(กรัม/100 กรัม น้ำหนักสด)					(มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด)				
	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต	เหล็ก	แมงกานีส	สังกะสี	แคลเซียม	แมกนีเซียม
กระฉูด	3.9	0.4	2.4	1.5	14.2	1	0.9	0.5	110	42.4
กระชับ	2.5	0.1	0.7	0.6	4.7	1.1	0.9	0.7	37.3	63.4
กระชาย	1.5	1.3	1.2	1.4	10	9	1	0.7	57	36.3
กระโดน	2.6	0.1	2.6	1.3	22.7	0.8	0.8	0.2	50.8	101.6
กระถิน (ฝัก)	6.2	0.2	1.4	1.4	20.8	1.4	0.5	0.1	79.1	56.5
กระถิน (ยอด)	9.4	0.5	1.5	1.5	22.8	2.6	0.7	0.9	110.1	48.7
กระถินพิมาน	5.3	0.1	1.7	1.7	16.2	0.5	0.2	0.6	22.1	47.9
กระทงลาย	0.3	1.2	2.1	2.1	23.2	1.2	0.3	0.6	258	150.5
กระทือ	0.4	0.1	0.5	0.5	7.3	0.4	-	0.3	27.8	44.2
กระทุงหมาบ้า	3.6	0.8	2.2	2.2	16.7	0.8	5.7	-	284.4	112.5
กระพังโหม	3.9	0.2	4.8	-	18	1.1	3.5	0.7	118.5	45.6
กระพี้จั่น	6.7	0.4	1.4	1.4	18.3	1.1	1.1	0.4	65.7	37
กระวาน	1.2	0.2	1.6	1.6	5.9	0.7	0.9	2.8	113.4	39.1
กล้วย(ปลี)	1.2	0.3	1.1	1.1	5.9	0.3	0.4	0.4	33.5	29.7
กล้วย(ผลดิบ)	1.2	0.1	0.8	0.8	31.9	0.8	0.1	0.2	17.2	24.1
กล้วย(หยาวก)	0.6	0.1	1.3	1.3	2.1	0.1	0	0.1	7.6	12
กะทกรก	8.3	0.6	1.9	1.9	19.3	2.5	1.3	1.9	126.8	66.8
กระเพราขาว	3.7	0.7	2.2	2.2	11.9	2.3	0.9	0.7	363.6	48.5
กระเพราแดง	4.2	0.7	2.5	2.5	14	2.2	2.1	1.5	417.4	79.3
กะอ่อม	1.1	0.3	1.2	1.2	7	1.8	-	1.2	111	136.1
ก้างปลาแดง	5.6	0.4	1.8	1.8	24.3	0.8	0.5	0.5	132.7	54.2
กุยช่าย(ดอก)	2.4	0.2	0.9	0.9	10.7	0.9	0.3	0.6	28.8	17
กุยช่าย(ใบ)	3.3	0.8	1	1	8.9	0.9	0.3	0.6	28.8	17
ขจร(ดอก)	4.2	0.3	1.3	1.3	10.6	1.2	0.5	0.4	62.7	45.5
ขจร(ใบอ่อน)	6.3	0.3	1.8	1.8	14.7	1.4	1	0.9	78	54.3
ผักแขยง	1.4	0.3	1.6	1.6	10.6	1	11.5	4.8	183.8	29.1
ช่วงปริมาณสาร	0.3-9.4	0.1-1.3	0.3-4.8	0.5-2.5	4.7-31.9	0.3-2.6	0-11.5	0.1-4.8	7.6-417.4	12-150.5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในผักพื้นบ้าน ทำให้ได้ข้อมูลของปริมาณสารอาหารที่เป็นประโยชน์ของผักพื้นบ้านที่ควรบริโภค ซึ่งได้แก่ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย แร่ธาตุต่างๆ และมีการศึกษาถึงปริมาณเถ้าในผักพื้นบ้านโดยปริมาณเถ้าจะมีประโยชน์ในการบ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารนั้นๆ ถ้ามีเถ้ามากแสดงว่ามีสารอนินทรีย์ปนอยู่มาก ดังนั้นในผักพื้นบ้านจึงมีปริมาณเถ้าน้อยถึงไม่มีเลย จึงควรเลือกบริโภคผักที่มีเถ้าน้อย ๆ ถึงแม้ว่าผักพื้นบ้านบางชนิดจะมีปริมาณสารอาหารน้อย แต่สารบางอย่างร่างกายก็ต้องการเพียงเล็กน้อยเช่นกัน ดังนั้นจึงควรบริโภคผักที่หลากหลายไม่ควรทานผักชนิดหนึ่งชนิดใด ในปริมาณสูง นอกจากนี้การบริโภคผักที่ปลูกขึ้นเอง การหันกลับมาใช้ทรัพยากรธรรมชาติและภูมิปัญญาดั้งเดิมที่บรรพบุรุษไทยสั่งสมไว้ให้ ซึ่งในที่นี้ก็คือการหันกลับมาช่วยกันปลูกและรับประทานพืชผักพื้นบ้านกันให้มากขึ้น ซึ่งมีข้อดีทั้งการประหยัดรายจ่าย ปลอดภัยเพราะผักพื้นบ้านไม่มีการใช้สารกำจัดแมลง

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

สามารถนำข้อมูลที่ได้เผยแพร่ให้กับผู้ที่สนใจ หรือเกษตรกรสามารถนำไปเป็นข้อมูลเพื่อเลือกชนิดของผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มาปลูกในครัวเรือนเพื่อการบริโภค และอาจขยายผลปลูกเพื่อการค้าและส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในผักพื้นบ้านของไทยชนิดอื่นๆ ซึ่งมีอีกมากมายหลายชนิด

เอกสารอ้างอิง

ยิ่งยง ไพสุขานติวัฒนา. 2556. ผักพื้นบ้าน: ภูมิปัญญาและมรดกที่คนไทยหลงลืม. หน้า 1-12. ใน: เอกสารประกอบการ

สัมมนาวิชาการและอุทยานผักพื้นบ้านในวิถีไทย. วันพฤหัสบดีที่ 19 ธันวาคม 2556. ณ สำนักพิพิธภัณฑ์และวัฒนธรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

อรชพร ชลศิริ., มลฤดี เขาวรัตน์., สุมลวรรณ ชุ่มเชื้อ. 2556. คุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของพืชอาหารที่หมัก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. หน้า 768-775.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1970. Eleventh Edition. Benjamin Franklin Station. Washington, D.C. 1015 p.

Yash P. Kalra. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc.

ศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมี โดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

Study on Total Nitrogen Analysis Method in Chemical Fertilizer by Near Infrared Spectroscopy (NIRS)

ชญาพร คงนาม วรณรัตน์ ชุตติบุตร ทองจันทร์ พิมพ์เพชร สงกรานต์ มะลิสอน

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

.....

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีโดยเทคนิค NIRS เป็นวิธีการวัดแบบไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถทำนายค่าทางเคมีได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และลดการใช้สารเคมี โดยเตรียมตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด และไม่บด จำนวน 837 และ 597 ตัวอย่าง ตามลำดับ วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ในปุ๋ยเคมีโดยวิธี Kjeldahl และนำไปสแกนด้วยเทคนิค NIRS ที่ความยาวคลื่น 800 – 2500 นาโนเมตร ได้สมการที่ใช้ทำนายปริมาณ TN ในปุ๋ยเคมีแบบบดที่เหมาะสม มีค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.91 ค่า Standard error of calibration (SEC) เท่ากับ 4.28% และค่า Standard error of prediction (SEP) เท่ากับ 4.52% ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีด้วยตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด พิจารณาความแม่นยำโดยใช้ Paired t-test พบว่าผลการวิเคราะห์ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และความเที่ยงโดยใช้ %RSD พบว่าอยู่ในช่วง 0 – 19.3 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีด้วยวัสดุอ้างอิงรับรอง พิจารณาความแม่นยำโดยหาค่า Recovery และความเที่ยงโดยใช้ %RSD พบว่าที่ระดับความเข้มข้นกลางมี %Recovery อยู่ในช่วง 98–102 และ %RSD $\leq$ 1.3 ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานสากล สำหรับสมการที่ใช้ในการทำนายปริมาณ TN ในปุ๋ยเคมีแบบไม่บด การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีโดยใช้ Paired t-test พบว่าผลการวิเคราะห์ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ

คำสำคัญ : สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ ปุ๋ยเคมี ไนโตรเจนทั้งหมด

คำนำ

ด้านการเกษตรไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อพืชในทุกกระยะการเจริญเติบโต และเป็นธาตุซึ่งพื้นที่การเกษตรทั่วไปมักขาดแคลน ความต้องการไนโตรเจนเพื่อการผลิตพืชจึงสูงกว่าปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทช (ยงยุทธ, 2558) การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ในปุ๋ยเคมีโดยวิธี Kjeldahl ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ใช้เวลาวิเคราะห์ประมาณ 24 ชั่วโมงต่อ 1 ตัวอย่าง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาวิธีวิเคราะห์เพื่อลดขั้นตอน และสารเคมีโดยใช้เทคนิค NIRS ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิค NIRS มาศึกษาเพื่อพัฒนาการประเมินคุณภาพของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ (Wang *et al.*, 2014) การศึกษาการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในใบฝ้ายด้วยเทคนิค FT-NIR (Riley and Canaves, 2002) งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาการวิเคราะห์ TN ในปุ๋ยเคมีโดยเทคนิค NIRS เพื่อให้ได้วิธีวิเคราะห์ที่มีความรวดเร็ว และปลอดภัยกับผู้วิเคราะห์

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องบดตัวอย่าง
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าตัวอย่าง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. เครื่องย่อยและกลั่นไนโตรเจน
4. เครื่อง Near-Infrared (NIR)
5. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ตามคู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี กรมวิชาการเกษตร
6. วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified reference material : CRM)
7. ตัวอย่างปุ๋ยเคมี

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างปุ๋ยเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

1.1 ปุ๋ยเคมีแบบบด

นำตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่ระดับความเข้มข้นไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ (3 – 9 เปอร์เซ็นต์) กลาง (10 – 20 เปอร์เซ็นต์) และสูง (มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์) ไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl และ NIRS

1.2 ปุ๋ยเคมีแบบไม่บด

นำตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่เป็นปุ๋ยเชิงผสมแบบเม็ดเนื้อเดียวกัน เชิงเดี่ยว หรือเชิงประกอบ เตรียมตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบไม่บดที่ระดับความเข้มข้นไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ กลาง และสูง เพื่อนำไปวิเคราะห์วิธี Kjeldahl และ NIRS

2. การวิเคราะห์ทางเคมีหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

3. การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยเทคนิค NIRS

3.1 นำตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบดไปสแกนด้วยเครื่อง NIR ที่มีหัววัดใยแก้วนำแสงที่ความยาวคลื่น 800 – 2500 นาโนเมตร แบบวิธีสะท้อน ได้สเปกตรัมของตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด

3.2 นำตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบไม่บดเทใส่ลงใน Petri dish ให้มีความหนาไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร สแกนด้วยเครื่อง NIR ที่ความยาวคลื่น 800 – 2500 นาโนเมตร แบบวิธีสะท้อน ได้สเปกตรัมของตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบไม่บด

4. การสร้างสมการเทียบมาตรฐาน (Calibration) โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับค่าวิเคราะห์ทางเคมีของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยใช้โปรแกรม the Unscrambler (CAMO, Oslo, Norway) การประเมินผลความสามารถของสมการแคลิเบรชันสามารถอธิบายได้จากค่า r ดังตารางที่ 1 (William, 2001)

ตารางที่ 1 แนวทางการอธิบายความสามารถของสมการแคลิเบรชันด้วยค่า Correlation coefficient (r)

ค่า r	ความสามารถของสมการแคลิเบรชัน
± 0.5	ไม่ควรใช้ในการทำนาย (Not usable)
± 0.51 ถึง ± 0.70	ความสัมพันธ์ไม่ดีพอ (Poor correlation)
± 0.71 ถึง ± 0.80	การทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบ (Rough screening)
± 0.81 ถึง ± 0.90	การทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณ หรือ ประมาณค่าเบื้องต้น (Screening)
± 0.91 ถึง ± 0.95	การทำนายเพื่องานวิจัย (Research) และงานทั่วไป
± 0.96 ถึง ± 0.98	การทำนายเพื่อการประกันคุณภาพ (Quality assurance)
± 0.99 ขึ้นไป	ทุกงาน (any Application)

5. ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบบด และไม่บด โดยเทคนิค NIRS ด้วยกลุ่มตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด และไม่บด และวัสดุอ้างอิงรับรอง Urea, Calcium ammonium nitrate (CAN) นำไปวิเคราะห์ค่าทางเคมี และสแกนด้วยเครื่อง NIRS

5.1 พิจารณาความแม่นยำ (Accuracy)

5.1.1 Paired t-test เปรียบเทียบค่าที่ทำนายได้ด้วยวิธี NIRS กับค่าวิเคราะห์ทางเคมีด้วยวิธี Kjeldahl จากสูตร

$$t_{\text{ext}} = \frac{\bar{d}}{sd / \sqrt{n}}$$

เมื่อ $\bar{d}$ = ค่าเฉลี่ยของความแตกต่าง
sd = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่าง
n = จำนวนตัวอย่าง

5.1.2 %Recovery โดยเปรียบเทียบค่าที่ทำนายได้ด้วยวิธี NIRS กับค่าจริงของ CRM จากสูตร

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ย} \times 100}{\text{ค่าจริง}}$$

5.2 พิจารณาความเที่ยง (Precision) ประเมินด้วย %RSD (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ : Relative standard deviation) จากสูตร

$$\% \text{RSD} = \frac{sd}{\bar{x}} \times 100$$

เมื่อ sd = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

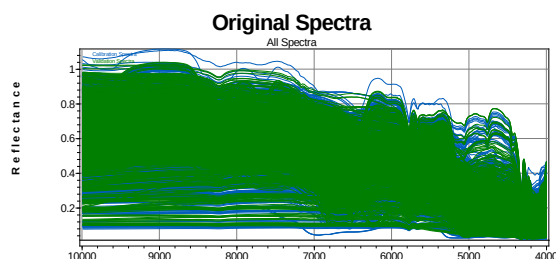
ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ค่าวิเคราะห์ทางเคมีด้วยวิธี Kjeldahl method ของตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบดและไม่บด

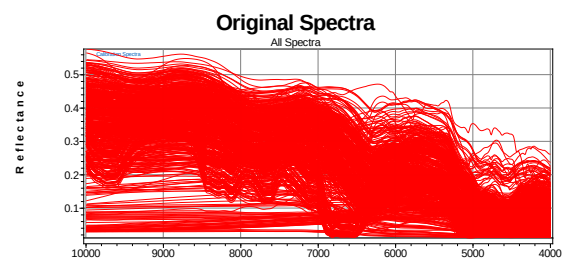
ตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด และไม่บด ที่ระดับความเข้มข้นไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ กลาง และสูง จำนวน 837 และ 597 ตัวอย่าง ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl ของกลุ่มตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการสร้างแคลิเบรชัน พบว่าตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด และไม่บด มีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 2.7 – 46.9 และ 4.0 – 46.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. สมการ Calibration ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด และไม่บด

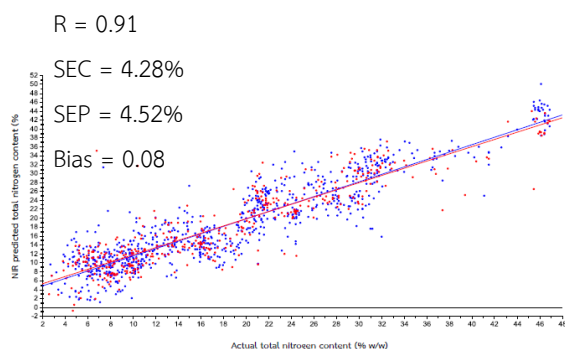
จากการสร้างสมการแคลิเบรชัน ด้วยวิธี Partial least square (PLS) regression ของปุ๋ยเคมีแบบบด ปรับแต่งสเปกตรัมด้วยการทำ First derivative และ Standard normal variate มีค่า Correlation coefficient (r) เท่ากับ 0.91 แสดงว่าสามารถทำนายเพื่องานวิจัย และงานทั่วไปได้ ค่า Standard error of calibration (SEC) เท่ากับ 4.28 เปอร์เซ็นต์ และค่า Standard error of prediction (SEP) เท่ากับ 4.52 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสมการแคลิเบรชัน ของปุ๋ยเคมีแบบไม่บด ปรับแต่งสเปกตรัมด้วยการทำ Standard normal variate มีค่า r เท่ากับ 0.95 แสดงว่าสามารถทำนายเพื่องานวิจัย และงานทั่วไปได้ ค่า SEC เท่ากับ 3.48 เปอร์เซ็นต์ และค่า SEP เท่ากับ 3.11 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 1, 2, 3, 4)



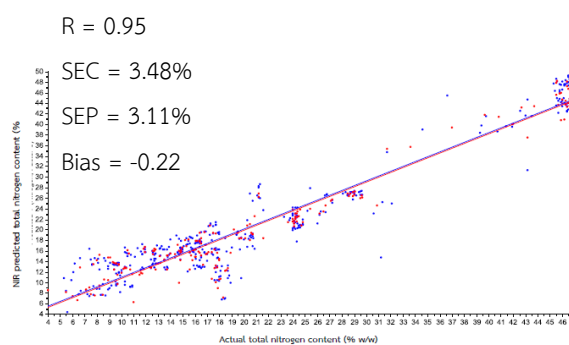
ภาพที่ 1 Original spectra ของไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด



ภาพที่ 2 Original spectra ของไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบไม่บด



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TN จากวิธีทางเคมี กับวิธีทาง NIRS ของตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TN จากวิธีทางเคมี กับวิธีทาง NIRS ของตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบไม่บด

3. ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบบด และไม่บด โดยเทคนิค NIRS ด้วยตัวอย่างปุ๋ยเคมี

เมื่อนำตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบดมาตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบบด พิจารณาความแม่นยำโดยเปรียบเทียบค่าที่ทำนายได้กับค่าวิเคราะห์ทางเคมีด้วย Paired t-test พบว่าค่า t_{ext} เท่ากับ 0.58 มีค่าน้อยกว่า ค่า t_{crit} (1.97) แสดงว่าผลการทดสอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พิจารณาความเที่ยงด้วย %RSD พบว่าอยู่ในช่วง 0 – 19.3 สำหรับการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบไม่บดด้วยตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบไม่บด พิจารณาความแม่นยำด้วย Paired t-test พบว่า ค่า t_{ext} เท่ากับ 2.36 มีค่ามากกว่า ค่า t_{crit} (1.97) แสดงว่าผลการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พิจารณาความเที่ยงด้วย %RSD พบว่าอยู่ในช่วง 0 – 15.4 (ตารางที่ 2) จากข้อมูลแสดงว่าวิธีทำนายปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบไม่บด โดยที่ไม่ผ่านการเตรียมตัวอย่างยังไม่เหมาะสมที่จะนำวิธี NIRS มาใช้ในการทำนายค่า เพราะผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยด้วย NIRS มีความแตกต่างจากค่าวิเคราะห์ทางเคมี จึงไม่ทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบไม่บดด้วย CRM

ตารางที่ 2 พิจารณาความเที่ยง และแม่นยำของสมการที่ใช้ในการทำนายปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบบด และไม่บด

Sample	Paired t-test		Result	%RSD
	t_{ext}	t_{crit}		
Grind chemical fertilizer	0.58	1.97	ns	0 – 19.3
Original chemical fertilizer	2.36	1.97	s*	0 – 15.4

* Significant at 5% level

4. ผลการตรวจสอบความใช้ได้วิธีหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบบดโดยเทคนิค NIRS ด้วย CRM

จากการนำ CRM (Urea, CAN) มาสแกนด้วยเครื่อง NIR พิจารณาความแม่นยำด้วย %Recovery พบว่าที่ความเข้มข้นกลาง (CAN = 26.02 %) และสูง (Urea = 46.54 %) มีค่า %Recovery เท่ากับ 101.17 และ 93.54 ตามลำดับ เกณฑ์การยอมรับ % Recovery อยู่ในช่วง 98 -102 (AOAC, 2012) แสดงว่าที่ความเข้มข้นกลางผ่านเกณฑ์ยอมรับ พิจารณาความเที่ยงด้วย %RSD พบว่าที่ระดับความเข้มข้นกลาง และสูง มีค่า %RSD เท่ากับ 1.26 และ 0.98 ตามลำดับ เกณฑ์การยอมรับ %RSD $\leq$ 1.3 แสดงว่าผ่านเกณฑ์ยอมรับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 พิจารณาความเที่ยง และแม่นยำของสมการที่ใช้ในการทำนายปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยเคมีแบบบดด้วย CRM

Concentration	Accuracy		Precision	
	%Recovery (AOAC : 98-102%)	Result	%RSD (AOAC $\leq$ 1.3%)	Result
Medium (CAN : 26.02%)	101.17	pass	1.26	pass
High (Urea : 46.54%)	93.54	not pass	0.98	pass

สรุปผลการทดลอง

การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ในปุ๋ยเคมีโดยเทคนิคNIRS พบว่าสมการที่ใช้ในการทำนายปริมาณ TN ในปุ๋ยเคมีแบบบด สามารถนำมาใช้ประเมินค่าปริมาณ TN ที่ระดับความเข้มข้นกลางได้อย่างมีความแม่นยำ และรวดเร็ว ส่วนที่ระดับความเข้มข้นต่ำ และสูง ยังไม่ให้ผลที่ดีในการทำนายค่า ต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาสมการที่ใช้ในการทำนายต่อไป สำหรับสมการที่ใช้ในการทำนายปริมาณ TN ในปุ๋ยเคมีแบบไม่บด โดยที่ไม่ผ่านการเตรียมตัวอย่างยังไม่เหมาะสมที่จะนำวิธี NIRS มาใช้ เพราะผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยแบบไม่บดมีความแตกต่างจากค่าวิเคราะห์ทางเคมี อาจเนื่องมาจากตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกันน้อย แสงที่ผ่านตัวอย่างเกิดการสะท้อนที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในสเปกตรัมที่ได้

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. ได้วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างปุ๋ยเคมีแบบบด ที่ระดับความเข้มข้นไนโตรเจนทั้งหมดกลาง เพื่อเป็นทางเลือกในการวิเคราะห์ ซึ่งประหยัด และรวดเร็ว โดยไม่ทำลายตัวอย่างปุ๋ย ลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายและปลอดภัยกับผู้วิเคราะห์
2. สามารถพัฒนาผลงานวิจัยในการตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่นๆ ของปุ๋ย

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. *คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี*. คี๊วกปรีนท์ออฟเซ็ท, กรุงเทพฯ. 66 หน้า
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2558. *ธาตุอาหารพืช*. ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- George Dr. and W Latimer. 2012. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 19th Ed. AOAC International Inc., Gaithersberg, MD.
- Riley, R. and C. Loreto. 2002. FT-NIR Spectroscopic Analysis of Nitrogen in Cotton Leaves. *Applied Spectroscopy*. 56:1484-1489
- Wang, C., C. Huang, J. Qian, J. Xiao, H. Li, Y. Wen, X. He, W. Ran, Q. Shen and G. Yu. 2014. Rapid and Accurate Evaluation of the Quality of Commercial Organic Fertilizers Using Near Infrared Spectroscopy. *Evaluation of Commercial Organic Fertilizers*. 9(2) : 1-7.
- Williams P.C. 2001, *Implementation of Near-Infrared Technology, in Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, 2nd edition, Ed by P.C. Williams and K.H. Norris. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA, p.163-165

ภาคผนวก



คำสั่ง กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ที่ ๒๘ /๒๕๖๐

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานจัดประชุมวิชาการประจำปี ๒๕๖๐

ด้วยกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้กำหนดจัดประชุมวิชาการประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๐ ระหว่างวันที่ ๓ - ๕ กรกฎาคม ๒๕๖๐ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิจัยเสนอผลงานวิจัยทั้งที่ได้ดำเนินการจนสิ้นสุดแล้วและความก้าวหน้าผลงานวิจัยที่อยู่ระหว่างดำเนินการในปัจจุบันตลอดจนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ทำงานระหว่างบุคลากรของหน่วยงาน

ดังนั้น เพื่อให้การประชุมวิชาการในครั้งนี้ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จึงได้แต่งตั้งคณะกรรมการและคณะทำงานจัดประชุมวิชาการและกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ ดังนี้

๑. คณะกรรมการอำนวยการจัดประชุม ประกอบด้วย

- | | |
|--|----------------------------|
| ๑. ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร | ประธานกรรมการ |
| ๒. นายยงยุทธ ไข่แก้ว ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุดิบทางการเกษตร | กรรมการ |
| ๓. นางปัญจพร เลิศรัตน์ รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย | กรรมการ |
| ๔. นางสาวพนิดา ไชยยันต์บุรณ์ รักษาการผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ | กรรมการ |
| ๕. ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร | กรรมการ |
| ๖. ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา | กรรมการ |
| ๗. ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี | กรรมการ |
| ๘. ผู้อำนวยการกลุ่มบริหารโครงการวิจัย | กรรมการ |
| ๙. ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร | กรรมการ |
| ๑๐. นางสุจิตรา สุภาพไมตรี หัวหน้าฝ่ายบริหารทั่วไป | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑๑. นายวิทยา บัวศรี นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

ให้คณะกรรมการดังกล่าว มีหน้าที่รับผิดชอบ

- กำหนดแนวทางและวิธีการจัดการประชุมวิชาการตลอดจน อำนวยการ ให้คำปรึกษาแนะนำ เพื่อให้การประชุมวิชาการครั้งนี้ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
- ควบคุม ดูแล และติดตามผลการปฏิบัติงานของคณะทำงานฝ่ายต่าง ๆ
- แต่งตั้งคณะทำงานได้ตามความเหมาะสม

๒. คณะทำงาน ...

๒. คณะทำงานฝ่ายจัดการประชุม ประกอบด้วย

๑. นางสาวลมัย ชูเกียรติวัฒนา	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะทำงาน
๒. นางมลิสรา เวชยานนท์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะทำงาน
๓. นางอุษฎา สุขจันทร์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
๔. นางสาวสมฤทัย ตันเจริญ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
๕. นางสุจิตรา สุรภาพไมตรี	เจ้าพนักงานธุรการอาวุโส	คณะทำงาน
๖. นางสาวศิลดา ประนาโส	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
๗. นายมนต์ชัย มนัสสิลา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
๘. นางสาวดวงรัตน์ วิลาสินี	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
๙. นางสาวพชร เมินหา	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๐. นางสาวศุภคชญา ทาหาร	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๑. นางสาวเจนจิรา เทเวศร์วรกุล	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๒. นางสาวสุภานันท์ จันทร์ประอบ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๓. นางสุรีรัตน์ โตสิริภัทร	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๔. นางสาวศิริมล สอนหอม	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงาน
๑๕. นางสาวนงรัตน์ โอฬาศาสตร์	พนักงานการเงินและบัญชี ส๓	คณะทำงาน
๑๖. นางปองสุข สว่างวงศ์	พนักงานพิมพ์ ส๓	คณะทำงาน
๑๗. นางสาวจริยา สุศรีวก	พนักงานประจำสำนักงาน	คณะทำงาน
๑๘. นายวิทยา บัวศรี	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงานเลขานุการ
๑๙. นางสาวเพ็ญศรี จงศิรินวบุตร	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะทำงานดังกล่าวมีหน้าที่รับผิดชอบ

๑. ขออนุมัติจัดการประชุมวิชาการและค่าใช้จ่าย จัดซื้อ/จัดจ้าง ตลอดจนเบิกจ่ายค่าใช้จ่ายของ การประชุมวิชาการทั้งหมด
๒. กำหนดวาระการประชุม ผู้บรรยาย ผู้บรรยายพิเศษและจัดพิมพ์สูจิบัตร
๓. ดำเนินการด้านพิธีการ พิธีเปิด – ปิดการประชุมวิชาการ
๔. จัดคำกล่าว เปิด-ปิด การประชุมวิชาการ
๕. รวบรวมรายชื่อผู้เข้าร่วมประชุมและจัดทำแฟ้มลงนาม พร้อมประสานงานกับคณะทำงานฝ่ายวิชาการเพื่อจัดรับลงทะเบียนและประสานงานกับคณะทำงานฝ่ายสถานที่ เพื่อจัดทำทะเบียนห้องพักรงแรม
๖. จัดทำหนังสือเชิญและประสานงานประธานพิธีเปิด-ปิด ผู้บรรยาย วิทยากรและผู้เข้าร่วมประชุม
๗. จัดหาของที่ระลึกผู้เกษียณ ผู้บรรยายพิเศษ และประธานในพิธีเปิด
๘. สรุปผลการประชุม
๙. งานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

๓. คณะทำงาน ...

๓. คณะทำงานฝ่ายวิชาการ ประกอบด้วย

๑. นางสาวศุภกานญาณ์ ล้วนมณี	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะทำงาน
๒. นางสาวศศิมา มั่งนิมิตร	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะทำงาน
๓. นางสาววนิดา โนบรรเทา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
๔. นางประไพ ทองระอา	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
๕. นางสาวพนิดา มงคลวุฒิกุล	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
๖. นายสรรเสริญ เสี่ยงใส	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
๗. นายอำนาจ เอี่ยมวิจารณ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
๘. นางสาวชฎาพร คงนาม	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
๙. นางสาวสุภา โพธิจันทร์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
๑๐. นางธนิศา คำอำนวย	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๑. นางสาวจันทิมา ผลกอง	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๒. นางสาวสุลลักษ์มี ไชยทอง	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๓. นางสาวณัฐธิดา ทองนาค	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๔. นางสาวชลธิชา จันทระประทีป	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงาน
๑๕. นางสาวศิริมล สอนหอม	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงาน
๑๖. นางเบญจวรรณ เอมอารี	พนักงานพิมพ์ ส๔	คณะทำงาน
๑๗. นางสาวธนรัักษ์ พรณวิเชียร	พนักงานพิมพ์ ส๔	คณะทำงาน
๑๘. นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงานและเลขานุการ
๑๙. นางสาววณิดา สุขประเสริฐ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะทำงานดังกล่าวมีหน้าที่รับผิดชอบ

๑. ดำเนินการรวบรวมผลงานวิจัย กำหนดรูปแบบเอกสารภาคบรรยายและจัดทำเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ
๒. จัดทำกำหนดการด้านวิชาการภาคบรรยาย ภาคโปสเตอร์หรือการนำเสนอผลงานวิจัยต่าง ๆ
๓. จัดหาพิธีการและดำเนินการภาคบรรยาย
๔. ประสานงานด้านวิทยากร ผู้บรรยาย ประธานและเลขานุการภาคบรรยาย
๕. จัดทำแบบประเมินผลการประชุมวิชาการ วิเคราะห์และสรุปผล
๖. จัดรับลงทะเบียน และแจกเอกสารประกอบการประชุม
๗. จัดซื้อ/จ้างทำรูปเล่มเอกสารประกอบการประชุม และวัสดุที่เกี่ยวข้อง
๘. งานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

๔. คณะทำงาน ...

๔. คณะทำงานฝ่ายสารสนเทศและไอทีคณูปกรณ์

๑. นางสาวจิรรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะทำงาน
๒. นางสาวลักษมี เดชานุรักษ์กุล	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะทำงาน
๓. นายอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	คณะทำงาน
๔. นายอรรถภูมิ ขันตียวิชัย	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
๕. นายอนุชา ผลไสว	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๖. นายอำนาจ กะฐินเทศ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๗. นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๘. นางสาวปัทมาภรณ์ จินจาคาม	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๙. นายธนิษฐ์ธรรม สมแดง	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงาน
๑๐. นางสาวศรี หงส์เข็มยุทธ	พนักงานห้องปฏิบัติการ ส๒	คณะทำงาน
๑๑. นางนงลักษณ์ อาจองค์	พนักงานห้องปฏิบัติการ ส๒	คณะทำงาน
๑๒. นายวรวิทย์ อริยทรัพย์เจริญ	นักวิชาการเกษตร	คณะทำงาน
๑๓. นางสาวภัทรรักษ์ จิระโคตร	นักวิชาการพัสดุ	คณะทำงาน
๑๔. นายวัชรกร อยู่จ้อย	เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล	คณะทำงาน
๑๕. นายอนุพงษ์ เทศปรีวัฒน์	พนักงานทดลองการเกษตร	คณะทำงาน
๑๖. นางสาวรัตน์ ธรรมเกษตร	พนักงานทดลองการเกษตร	คณะทำงาน
๑๗. นางสาวกรรณต์ มะลิสอน	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงานและเลขานุการ
๑๘. นางสาวกัณวรินทร์ ศานติธีรโรจน์	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะทำงานดังกล่าวมีหน้าที่รับผิดชอบ

๑. จัดทำสถิติผลงานวิชาการโดยประสานงานกับคณะทำงานฝ่ายวิชาการ
๒. จัดทำสถิติผู้เกษียณอายุ โดยประสานงานกับคณะทำงานฝ่ายจัดการประชุม
๓. จัดเตรียมอุปกรณ์และดำเนินการด้านไอทีคณูปกรณ์ในการประชุมวิชาการและงานเลี้ยง
๔. งานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

๕. คณะทำงานฝ่ายสถานที่ อาหาร เครื่องดื่ม และทัศนศึกษา

๑. นางผกาสินี คล้ายมาลา	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	ประธานคณะทำงาน
๒. นายประชาติปัตย์ พงษ์ภิญโญ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	รองประธานคณะทำงาน
๓. สิบเอกอสิริยะ สืบพันธุ์ดี	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
๔. นางสาวทัศนีย์ อัญญาพรพงษ์	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงาน
๕. นางสาวกัลยากร โปร่งจันทิก	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
๖. นางสาวจิตรา เกาะแก้ว	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	คณะทำงาน
๗. นายบุญทวีศักดิ์ บุญทวี	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๘. นางสาวอาธิยา ปุ่นประโคน	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๙. นางสาวเพชรรัตน์ ศิริวิ	นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ	คณะทำงาน
๑๐. นางมณฑาทิพย์ คล้ายดวงแข	เจ้าพนักงานธุรการชำนาญงาน	คณะทำงาน

๑๑. นางจิตลดา ปุปผาศ	เจ้าพนักงานธุรการชำนาญงาน	คณะทำงาน
๑๒. นายวันชัย ศรีอรุณ	เจ้าพนักงานธุรการชำนาญงาน	คณะทำงาน
๑๓. นางวัชรภรณ์ ไกรโสภ	เจ้าพนักงานธุรการปฏิบัติงาน	คณะทำงาน
๑๔. นายพิเชษฐ์ ทองละเอียด	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	คณะทำงานเลขานุการ
๑๕. นางสาวกนกวรรณ จันท	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	คณะทำงานและ ผู้ช่วยเลขานุการ

ให้คณะทำงานดังกล่าวมีหน้าที่รับผิดชอบ

๑. จัดสถานที่ประชุมวิชาการ และงานเลี้ยงรับรอง ประสานงานการตกแต่งสถานที่และดูแล
ความเรียบร้อยของสถานที่ทั้งหมด

๒. ดำเนินการเรื่องห้องพัก จัดทำรายชื่อและลงทะเบียนเข้า-ออก กำหนดผู้เข้าพัก

๓. ดำเนินการเรื่องอาหารและเครื่องดื่มของผู้ร่วมประชุมและงานเลี้ยงรับรอง

๔. จัดยานพาหนะสำหรับผู้เข้าร่วมประชุม ผู้บรรยายพิเศษ วิทยากร คณะจัดงาน และการไปทัศนศึกษา

๕. จัดจ้างยานพาหนะ

๖. ดำเนินการด้านพิธีกร และจัดการแสดงในงานเลี้ยง

๗. งานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๕ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๐



(นายภัทชญ์ หมื่นแจ้ง)

ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาม้าแข่งการผลิตทางการเกษตร



กองวิจัยและพัฒนาการจัดการทางเกษตร