รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการตลาดพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูงเพื่อเพิ่มมูลค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

รหัสโครงการ 4790321

โครงการยกระดับความพร้อมของเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์และฟีโรโมนป้องกันกำจัดศัตรูพืชสำคัญบนพื้นที่สูงจากงานวิจัยระดับปฏิบัติการสู่อุตสาหกรรม

โดย

สุมาลี เม่นสิน และคณะ

เดือน ธันวาคม ปี พ.ศ. 2568

งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568

จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์
สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและการตลาดพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูงเพื่อเพิ่มมูลค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

รหัสโครงการ 4790321

โครงการยกระดับความพร้อมของเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์และฟีโรโมนป้องกันกำจัดศัตรูพืชสำคัญบนพื้นที่สูงจากงานวิจัยระดับปฏิบัติการสู่อุตสาหกรรม

คณะผู้วิจัย	สังกัด
นางสาวสุมาลี เม่นสิน	สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
นายกวีวัฒน์ บุญคาน	สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
นางสาววิจิตรา บุรุษภักดี	สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
นายเผ่าไท ถายะพิงค์	มูลนิธิโครงการหลวง
นางสาวจิราภรณ์ จันทวงศ์	มูลนิธิโครงการหลวง

ธันวาคม 2568

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 ทั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และเกษตรกรที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ มูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งประกอบด้วยสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ซึ่งประกอบด้วยโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงถ้ำเวียงแก อำเภอสองแคว จังหวัดน่าน โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่ากล้วย อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่มะลอ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย และโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่จริม อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าต้นแบบชีวภัณฑ์และฟีโรโมนทดแทนสารเคมีสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่สูงที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อโรงชีวภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง กลุ่มเกษตรกร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อันจะนำไปสู่การลดการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษสูงต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค รวมถึงช่วยลดการปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่เกษตรกรรมต่อไป

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2568

คณะผู้วิจัย

1. ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุมาลี เม่นสิน
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Sumalee Mensin
คุณวุฒิ วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (โรคพืช)
ตำแหน่ง นักวิจัย
หน่วยงาน สำนักวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
ที่อยู่ 65 หมู่ 1 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 0-5332-8496-98 ต่อ 3402 โทรสาร 0-5332-8494
E-mail linly317@gmail.com

2. ชื่อนักวิจัย หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

2.1 ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายกวีวัฒน์ บุญคาน
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Kaweewat Bunkan
คุณวุฒิ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ตำแหน่ง นักวิจัย
หน่วยงาน สำนักวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
ที่อยู่ 65 หมู่ 1 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 0-5332-8496-98 ต่อ 3401 โทรสาร 0-5332-8494
E-mail kaweewat_plug@hotmail.com

2.2 ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาววิจิตรา บุรุษภักดี
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Wijitra Burutpukdee
คุณวุฒิ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ส่งเสริมการเกษตร)
ตำแหน่ง ผู้ช่วยนักวิจัย
หน่วยงาน สำนักวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
ที่อยู่ 65 หมู่ 1 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 0-5332-8496-98 ต่อ 3401 โทรสาร 0-5332-8494
E-mail wijitra0301@gmail.com

2.3 ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายเผ่าไท ถายะพิงค์
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Paothai Thayaping
คุณวุฒิ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กีฏวิทยา)
ตำแหน่ง วิทยากร ปฏิบัติงานด้านวิชาการเกษตร ฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม

หน่วยงาน แผนกวิจัยและนวัตกรรม มูลนิธิโครงการหลวง
ที่อยู่ 910 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100
โทรศัพท์ 053-324010
E-mail doypaothai@gmail.com

2.4 ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวจิราภรณ์ จันทวงศ์
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Jiraporn Juntawong
คุณวุฒิ วิทยาศาสตรบัณฑิต (โรคพืช)
ตำแหน่ง วิทยากร ปฏิบัติงานด้านวิชาการเกษตร ฝ่ายผลิตภัณฑ์อาหารและแปรรูป
หน่วยงาน โรงผลิตสารชีวภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง
ที่อยู่ 243/8 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100
โทรศัพท์ 053-114218
E-mail yayayah_shoon@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบชีวภัณฑ์และฟีโรโมน ภายใต้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เชิงพาณิชย์ของโรงชีวภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง รวมทั้งสาธิตและถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรและภาคีเครือข่าย เพื่อยกระดับการจัดการศัตรูพืชบนพื้นที่สูงสู่ระบบเกษตรปลอดภัยและยั่งยืน

ผลการดำเนินงานสามารถพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ได้ 4 ชนิด ได้แก่ (1) ฟีโรโมนดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) สูตรใหม่ที่ 1 (Benzaldehyde ผสม Dipropylene glycol) ให้ประสิทธิภาพดึงดูดในอุโมงค์ลม 72.84% ภาคสนาม 61-69% ลดความเสียหายเหลือ 35-36% อายุใช้งานเพิ่มเป็น 21-28 วัน และลดต้นทุนจาก 1,866.24 เหลือ 162.90 บาท/ไร่ (2) ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคราสีเทา (*Botrytis cinerea*) สูตรผงปรับปรุงใหม่ ใช้อาหารเหลวสูตรกากน้ำตาล สารกระตุ้นการสร้างผนังเซลล์ Glucose ผสม Nitrogen และสารเคลือบผนังเซลล์ Soy protein ผสม Gelatin และ Corn starch วัสดุรองรับสูตร Carboxymethyl cellulose ผสม Maltodextrin, Corn starch และ Zinc sulphate คงจำนวนเชื้อได้ 2.0×10^{6} cfu/ml หลังเก็บ 6 เดือน ยับยั้งเชื้อ 84-85% ลดความรุนแรงของโรคในแปลง 45-50% และมีต้นทุนการใช้เฉลี่ย 85 บาท/โรงเรือน/เดือน (3) ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคใบจุด *Cercospora* spp. อยู่ขั้นตอนการพัฒนา ใช้อาหารเหลวสูตรกากน้ำตาล ต้นทุนค่าสาร 2.47 บาท/ลิตร สารปกป้องเซลล์ สูตร 21 Maltodextrin ผสม Soy protein ผสม $MgSO_4$ และ $Ca(NO_3)_2$ วัสดุรองรับ สูตร 4 Maltodextrin $MgSO_4$ และ Glucose ราคา 90 บาท/กิโลกรัม ซึ่งให้จำนวนเชื้อสูงสุด $5.64x10^{10}$ cfu/ml ความชื้นต่ำ 10-11% ขณะที่ (4) ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* ใช้อาหารเหลวสูตรกากน้ำตาล ต้นทุนค่าสาร 2.47 บาท/ลิตร สารปกป้องเซลล์ สูตร 18 ประกอบด้วย Glucose ผสม Nitrogen ผสม Soy protein ผสม Gelatin ผสม Corn starch วัสดุรองรับ สูตรที่ 4 Maltodextrin $MgSO_4$ และ Glucose ราคา 90 บาท/กิโลกรัม ซึ่งให้จำนวนเชื้อสูงสุด $4.52x10^{10}$ cfu/ml ความชื้นต่ำ 10-11% การติดตามและประเมินผลการนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์กับเกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศ พบว่าสามารถลดการใช้สารเคมีได้กว่า ร้อยละ 40 และเพิ่มผลผลิตเฉลี่ย ร้อยละ 6-7 เกษตรกร ร้อยละ 73.33 ยอมรับการใช้ชีวภัณฑ์ และร้อยละ 70.00 ยอมรับการใช้ฟีโรโมน โดยให้เหตุผลหลักคือความปลอดภัยและความสอดคล้องกับระบบการผลิตของมูลนิธิโครงการหลวง นอกจากนี้ยังพัฒนาแหล่งเรียนรู้ต้นแบบ 1 แห่ง ระบบฐานข้อมูล Web-based สำหรับบริหารจัดการข้อมูลชีวภัณฑ์ และติดตามการขึ้นทะเบียนฟีโรโมนต้นแบบ 2 ชนิด ซึ่งอยู่ระหว่างเตรียมความพร้อมของเอกสาร ความก้าวหน้าคิดเป็น ร้อยละ 45 ของเป้าหมาย

ผลงานวิจัยแสดงถึงศักยภาพของเทคโนโลยีชีวภาพในการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์อารักขาพืชให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ต้นทุนการผลิตลดลง และสามารถขยายผลสู่การใช้ประโยชน์จริงบนพื้นที่สูง เป็นส่วนหนึ่งของการสนับสนุนนโยบายลดการใช้สารเคมีเกษตรและมาตรฐานการผลิตอาหารปลอดภัยของประเทศ

คำสำคัญ: พื้นที่สูง ต้นแบบผลิตภัณฑ์ อารักขาพืช เทคโนโลยีชีวภาพ อาหารปลอดภัย

Abstract

The project aimed to develop and test the adaptation of prototype bioproduct and pheromone production technologies under the new product development process for commercial application at the Bioproducts Plant of the Royal Project Foundation. It also sought to demonstrate and transfer these technologies through participatory approaches involving farmers and partner networks, to enhance pest management in highland areas towards safe and sustainable agriculture.

The project successfully developed four prototype products: (1) A new formulation of pheromone attractant for the tobacco cutworm (*Spodoptera litura*) - Formula 1 (Benzaldehyde mixed with Dipropylene glycol) demonstrated an attraction efficiency of 72.84% in wind tunnel tests and 61-69% in field trials, reducing crop damage to 35-36%. Its effective duration increased to 21-28 days, and the cost was reduced from 1,866.24 to 162.90 THB per rai. (2) A bioproduct for controlling gray mold (*Botrytis cinerea*) - an improved powder formulation using a liquid medium based on molasses, with cell wall synthesis stimulants (Glucose mixed with nitrogen) and coating materials (Soy protein mixed with Gelatin and Corn starch). The carrier materials comprised Carboxymethyl cellulose, Maltodextrin, Corn starch and Zinc sulphate. The product maintained a viable count of 2.0×10^6 cfu/ml after six months of storage, inhibited pathogen growth by 84-85%, reduced disease severity by 45-50% in field trials, and cost approximately 85 THB per greenhouse per month. (3). Bioproducts for controlling leaf spot disease (*Cercospora* spp.) and bacterial leaf blight (*Xanthomonas campestris*) - both are in the development stage. The liquid medium used was molasses with a material cost of 2.47 THB/liter. The cell-protecting agent (Formula 21 for *Cercospora* spp.) contained Maltodextrin, Soy protein, $MgSO_4$, and $Ca(NO_3)_2$, while the carrier material (Formula 4) comprised Maltodextrin, $MgSO_4$, and Glucose, priced at 90 THB/kg. This formulation achieved a maximum viable count of 5.64×10^{10} cfu/ml and low moisture content (10–11%). For *X. campestris*, the protective formula (Formula 18) contained Glucose, Nitrogen, Soy protein, Gelatin and Corn starch, with the same carrier composition and cost, yielding a viable count of 4.52×10^{10} cfu/ml and a moisture content of 10–11%. Monitoring and evaluation of research utilization among tomato farmers indicated that chemical pesticide use was reduced by more than 40%, while yields increased by 6-7% on average. Approximately 73.33% of farmers adopted bioproducts, and 70.00% adopted pheromones, citing safety and compatibility with the Royal Project Foundation's production system as key reasons.

Additionally, one model learning center was established, a web-based bioproduct management and monitoring database system was developed, and documentation for registering two prototype pheromone products is underway, achieving 45% progress toward the target.

Overall, the research demonstrated the potential of biotechnology in developing more effective and cost-efficient plant protection products. These innovations can be scaled up for practical use in highland agriculture, supporting national policies on reducing chemical pesticide use and promoting safe food production standards.

Keywords: Highland, Prototype product, Plant protection, Biotechnology, Food safety

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
คณะผู้วิจัย	ข
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ผลสัมฤทธิ์ของโครงการ	2
1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	
2.1 นโยบายและแผนยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวกับชีวภัณฑ์และฟีโรโมน	5
2.2 ระดับความพร้อมเทคโนโลยีการพัฒนาชีวภัณฑ์และฟีโรโมน	5
2.3 เทคโนโลยีการผลิตและรูปแบบผลิตภัณฑ์	6
2.4 การประเมินผลและการกำกับมาตรฐานการ	12
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตฟีโรโมนดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* จากสารแต่งกลิ่นสังเคราะห์และเลียนแบบธรรมชาติ	14
3.2 การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* ของพริก ด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชั่น	15
3.3 การเพิ่มคุณภาพชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด ด้วยเทคโนโลยีปกป้องเซลล์จุลินทรีย์จากความร้อน	18
3.4 การเพิ่มคุณภาพชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* ตระกูลกะหล่ำ ด้วยเทคโนโลยีปกป้องเซลล์จุลินทรีย์จากความร้อน	21
3.5 การประเมินผลสัมฤทธิ์การนำงานวิจัยชีวภัณฑ์และฟีโรโมนไปใช้แก้ไขปัญหาสารเคมีเกษตรบนพื้นที่สูงสำคัญร่วมกับหน่วยงานเครือข่าย	22
3.6 สถานที่ดำเนินงานวิจัย	27
3.7 ระยะเวลาดำเนินงาน	28
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	

หน้า

4.1 การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตฟีโรโมนดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* จากสารแต่งกลิ่นสังเคราะห์และเลียนแบบธรรมชาติ 29

4.2 การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* ของพริก ด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชั่น 44

4.3 การเพิ่มคุณภาพชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด ด้วยเทคโนโลยีปกป้องเซลล์จุลินทรีย์จากความร้อน 62

4.4 การเพิ่มคุณภาพชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* ตระกูลกะหล่ำ ด้วยเทคโนโลยีปกป้องเซลล์จุลินทรีย์จากความร้อน 82

4.5 การประเมินผลสัมฤทธิ์การนำงานวิจัยชีวภัณฑ์และฟีโรโมนไปใช้แก้ไขปัญหาสารเคมีเกษตรบนพื้นที่สูงสำคัญร่วมกับหน่วยงานเครือข่าย 95

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 137

เอกสารอ้างอิง 148

ภาคผนวก 159

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 4.1.1	ปริมาณสารออกฤทธิ์และสารรักษาสภาพของต้นแบบฟีโรโมนสูตร Benzaldehyde ผสม Diplopylene glycol ที่ระยะเก็บรักษาหลังผลิต 0 ถึง 6 เดือน	29
ตารางที่ 4.1.2	ปริมาณสารออกฤทธิ์และสารรักษาสภาพของต้นแบบฟีโรโมนสูตร Cis-3-Hexenyl acetate ผสม Diplopylene glycol ที่ระยะเก็บรักษาหลังผลิต 0 ถึง 6 เดือน	30
ตารางที่ 4.1.3	ปริมาณสารออกฤทธิ์และสารรักษาสภาพของต้นแบบฟีโรโมนสูตร Allyl Isothiocyanate (AITC) ผสม Diplopylene glycol ที่ระยะเก็บรักษาหลังผลิต 0 ถึง 6 เดือน	31
ตารางที่ 4.1.4	การดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักของต้นแบบฟีโรโมนแต่ละสูตรในอุโมงค์ลม ที่อายุเก็บรักษา 0 ถึง 6 เดือน	32
ตารางที่ 4.1.5	ผลการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักและความเสียหายต่อผักกาดขาวปลีเปรียบเทียบระยะติดตั้งกับดักฟีโรโมน สูตร Benzaldehyde ผสม Diplopylene glycol	34
ตารางที่ 4.1.6	ผลการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักที่ระยะติดตั้ง 20 เมตร เปรียบเทียบระยะเวลาเปลี่ยนฟีโรโมนในแปลงปลูกผักกาดขาวปลี สูตร Benzaldehyde ผสม Diplopylene glycol	35
ตารางที่ 4.1.7	ผลการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักและความเสียหายต่อผักกาดขาวปลีเปรียบเทียบระยะติดตั้งกับดักฟีโรโมน สูตร Cis-3-Hexenyl acetate ผสม Diplopylene glycol	36
ตารางที่ 4.1.8	ผลการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักที่ระยะติดตั้ง 20 เมตร เปรียบเทียบระยะเวลาเปลี่ยนฟีโรโมนในแปลงปลูกผักกาดขาวปลี สูตร Cis-3-Hexenyl acetate ผสม Diplopylene glycol	37
ตารางที่ 4.1.9	ผลการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักและความเสียหายต่อผักกาดขาวปลีเปรียบเทียบระยะติดตั้งกับดักฟีโรโมน สูตร Allyl Isothiocyanate ผสม Diplopylene glycol	38
ตารางที่ 4.1.10	ผลการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักที่ระยะติดตั้ง 20 เมตร เปรียบเทียบระยะเวลาเปลี่ยนฟีโรโมนในแปลงปลูกผักกาดขาวปลี สูตร Allyl Isothiocyanate ผสม Diplopylene glycol	39

หน้า

ตารางที่ 4.1.11 ประสิทธิภาพการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักในแปลงปลูกผักกาดขาวปลี ระบบเกษตร GAP พื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง เปรียบเทียบสูตรการผลิตต้นแบบฟีโรโมน ระยะ 7 14 และ 28 วัน หลังทดสอบ 41

ตารางที่ 4.1.12 ประสิทธิภาพการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักในแปลงปลูกกะหล่ำปลีหัวใจ ระบบเกษตร GAP พื้นที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ เปรียบเทียบสูตรการผลิตต้นแบบฟีโรโมน ระยะ 7 14 และ 28 วัน หลังทดสอบ 42

ตารางที่ 4.2.1 จำนวนเซลล์จุลินทรีย์และประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *Botrytis cinerea* ของชีวภัณฑ์สูตรใหม่ตำรับที่ 1 ระหว่างการเก็บรักษา 47

ตารางที่ 4.2.2 ผลของสูตร Encapsulation ต่อจำนวนจุลินทรีย์มีชีวิต ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *Botrytis cinerea* และต้นทุนการผลิตของชีวภัณฑ์สูตรใหม่ตำรับที่ 2 48

ตารางที่ 4.2.3 ผลของสูตร Encapsulation เม็ดบีดต่อการเจริญ จำนวนจุลินทรีย์มีชีวิต และความทนความร้อนของแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท 28 หลังการเลี้ยง 48 และ 72 ชั่วโมง 50

ตารางที่ 4.2.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของจุลินทรีย์มีชีวิตและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Botrytis cinerea* ของชีวภัณฑ์รูปแบบห่อหุ้ม (Encapsulation สูตรที่ 2) ภายหลังการเก็บรักษาในสภาวะต่างๆ 52

ตารางที่ 4.2.5 ผลของสูตรวัสดุรองรับชนิดเหลวต่อจำนวนจุลินทรีย์มีชีวิตและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Botrytis cinerea* ของชีวภัณฑ์สูตรใหม่ตำรับที่ 3 53

ตารางที่ 4.2.6 ผลการเก็บรักษาความมีชีวิตและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ Botrytis cinerea ของชีวภัณฑ์ชนิดน้ำ สูตร 3 54

ตารางที่ 4.2.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* พริก ภายหลังการปลูกเชื้อสาเหตุโรคสภาพห้องปฏิบัติการ 56

ตารางที่ 4.2.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* พริก ภายหลังการปลูกเชื้อสาเหตุโรคสภาพห้องปฏิบัติการ 58

ตารางที่ 4.2.9 ผลการประเมินประสิทธิภาพการจัดการโรคและต้นทุนการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบภายใต้สภาพแปลงปลูกร่วมกับเกษตรกร 60

ตารางที่ 4.3.1 ดัชนีและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคหลังปลูกเชื้อรา 5 วัน 63

ตารางที่ 4.3.2 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสลัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* ไอโซเลท B18 64

ตารางที่ 4.3.3 มวลชีวภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ ไอโซเลท B18 ในอาหารเหลวสูตรกากน้ำตาลและผงถั่วเหลือง 66

		หน้า
ตารางที่ 4.3.4	ชนิดและปริมาณสารปกป้องเซลล์แบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท B18 ที่ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 500 ml	68
ตารางที่ 4.3.5	มวลชีวภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท 28 ในอาหารเหลวสูตรกากน้ำตาลเปรียบเทียบการใส่สูตรสารปกป้องเซลล์	71
ตารางที่ 4.3.6	สูตรวัสดุรองรับเพื่อเพิ่มการคงตัวและอัตราการรอดชีวิตของเซลล์สำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด	75
ตารางที่ 4.3.7	ผลการเปรียบเทียบสูตรวัสดุรองรับสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด ด้วยวิธีทำผงแห้งแบบอบลมร้อน	76
ตารางที่ 4.3.8	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสูตรวัสดุรองรับสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด ด้วยวิธีทำผงแห้งแบบอบลมร้อน	77
ตารางที่ 4.3.9	ผลการเปรียบเทียบสูตรวัสดุรองรับสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด ด้วยวิธีทำผงแห้งแบบพ่นฝอย	79
ตารางที่ 4.3.10	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสูตรวัสดุรองรับสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด ด้วยวิธีทำผงแห้งแบบพ่นฝอย	80
ตารางที่ 4.4.1	ปริมาณจุลินทรีย์และต้นทุนของสูตรอาหารสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำ	82
ตารางที่ 4.4.2	ส่วนประกอบและต้นทุนค่าสารของสูตรปกป้องเซลล์แบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อเพิ่มอัตราการรอดชีวิตสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำ	83
ตารางที่ 4.4.3	ปริมาณและความมีชีวิตของเซลล์แบคทีเรียปฏิปักษ์หลังเติมสารปกป้องเซลล์ที่เวลา 48 และ 72 ชั่วโมง สำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำ	85
ตารางที่ 4.4.4	สูตรวัสดุรองรับเพื่อเพิ่มการคงตัวและอัตราการรอดชีวิตของเซลล์สำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำ	87
ตารางที่ 4.4.5	ผลการเปรียบเทียบสูตรวัสดุรองรับสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำ ด้วยวิธีทำผงแห้งแบบอบลมร้อน	88

		หน้า
ตารางที่ 4.4.6	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสูตรวัสดุรองรับสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำด้วยวิธีทำผงแห้งแบบอบลมร้อน	90
ตารางที่ 4.4.7	ผลการเปรียบเทียบสูตรวัสดุรองรับสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำ ด้วยวิธีทำผงแห้งแบบพ่นฝอย	91
ตารางที่ 4.4.8	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสูตรวัสดุรองรับสำหรับการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำด้วยวิธีทำผงแห้งแบบพ่นฝอย	93
ตารางที่ 4.5.1	ข้อมูลปัญหา วิธีแก้ไข และผลการใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนที่ได้จากการตอบแบบสอบถามข้อมูลของเกษตรกรสมาชิกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ และโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน	95
ตารางที่ 4.5.2	ข้อมูลเบื้องต้นของเกษตรกรและแปลงสาธิต รวมจำนวน 4 ราย ในพื้นที่ดำเนินงาน 2 แห่ง	98
ตารางที่ 4.5.3	ปฏิทินการจัดการแปลงปลูกมะเขือเทศเชอรี่สีเหลืองของนางจตุพร โปธาสุ ระหว่างพฤษภาคม- กันยายน 2568	102
ตารางที่ 4.5.4	ปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช ต้นทุน และผลผลิตมะเขือเทศเชอรี่สีเหลืองของนางจตุพร โปธาสุ จำนวน 64 ต้น	103
ตารางที่ 4.5.5	ปฏิทินการจัดการแปลงปลูกมะเขือเทศเชอรี่สีเหลืองของนางนิรัชรา เป็งผัด ระหว่างมิถุนายน-กันยายน 2568	106
ตารางที่ 4.5.6	ปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช ต้นทุน และผลผลิตมะเขือเทศเชอรี่สีเหลืองนางนิรัชรา เป็งผัด จำนวน 64 ต้น	107
ตารางที่ 4.5.7	ปฏิทินการจัดการแปลงปลูกมะเขือเทศโทมัสของนายณัฐพล แซ่ย่าง ระหว่างเมษายน-มิถุนายน 2568	111
ตารางที่ 4.5.8	ปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช ต้นทุน และผลผลิตมะเขือเทศโทมัสของนายณัฐพล แซ่ย่าง จำนวน 64 ต้น	112
ตารางที่ 4.5.9	ปฏิทินการจัดการแปลงปลูกมะเขือเทศโทมัสของนางนริศรา ดำรงกาญจนกุล ระหว่างเมษายน-มิถุนายน 2568	115
ตารางที่ 4.5.10	ปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช ต้นทุน และผลผลิตมะเขือเทศโทมัสของนางนริศรา ดำรงกาญจนกุล จำนวน 64 ต้น	116

หน้า

ตารางที่ 4.5.11 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจำแนกตามผลิตภัณฑ์สำหรับแมลงศัตรูพืชที่ส่งเสริมโดยมูลนิธิโครงการหลวงหรือสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ที่เคยใช้ (n = 21) 120

ตารางที่ 4.5.12 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจำแนกตามผลิตภัณฑ์สำหรับโรคพืชที่ส่งเสริมโดยมูลนิธิโครงการหลวง/สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ที่เคยใช้ (n = 21) 120

ตารางที่ 4.5.13 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจำแนกตามสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ซื้อเองจากร้านค้าการเกษตรทั่วไป ที่เคยใช้ (n = 11) 121

ตารางที่ 4.5.14 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจำแนกตามสารป้องกันกำจัดโรคพืชที่ซื้อเองจากร้านค้าการเกษตรทั่วไป ที่เคยใช้ (n = 11) 121

ตารางที่ 4.5.15 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้ปุ๋ยและชีวภัณฑ์ในการดูแลผลผลิตมะเขือเทศเชอรี่ (n = 35) 122

ตารางที่ 4.5.16 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้ปุ๋ยและชีวภัณฑ์ในการดูแลผลผลิตมะเขือเทศโทมัส (n = 15) 122

ตารางที่ 4.5.17 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจำแนกตามความรู้ความเข้าใจต่อการใช้ชีวภัณฑ์ที่มูลนิธิโครงการหลวงหรือสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ส่งเสริมในแต่ละรายได้หลักของเกษตรกร (n = 30) 123

ตารางที่ 4.5.18 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจำแนกตามการยอมรับต่อการใช้ชีวภัณฑ์ที่มูลนิธิโครงการหลวงหรือสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ส่งเสริมแบ่งตามพื้นที่ดำเนินการ (n = 30) 124

ตารางที่ 4.5.19 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจำแนกตามเหตุผลที่ยังคงใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนที่มูลนิธิโครงการหลวง/สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ส่งเสริมอยู่ (n = 28) 125

ตารางที่ 4.5.20 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างจำแนกตามเหตุผลที่เลิกใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนที่มูลนิธิโครงการหลวง/สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง ส่งเสริม (n = 2) 125

ตารางที่ 4.5.21 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อการใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนของกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างที่เคยใช้ชีวภัณฑ์/ฟีโรโมน (n = 30) 126

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 4.1.1 ต้นแบบฟีโรโมนดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักสูตรใหม่ 28

ภาพที่ 4.1.2 ผีเสื้อหนอนกระทู้ผักสำหรับทดสอบและอุโมงค์ลม 33

ภาพที่ 4.2.1 ต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* ของพริก ตำรับเดิม สูตรผง (ขวา) และลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียปฏิปักษ์ ไอโซเลท 28 (ซ้าย) 43

ภาพที่ 4.2.2 ต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* ของพริก ตำรับใหม่ สูตรผง 43

ภาพที่ 4.2.3 ต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* ของพริก ตำรับใหม่ สูตรเม็ดเจล (ก) Sodium alginate (ข) Gelatin ผสม Sodium alginate สัดส่วนที่ 1 (ค) Gelatin ผสม Sodium alginate สัดส่วนที่ 2 และ (ง) CMC ผสม Sodium alginate 44

ภาพที่ 4.2.4 ต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* ของพริก ตำรับใหม่ สูตรเหลว (ก) Magnesium ผสม Calcium (ข) Sodium alginate ผสม Gum arabic ผสม Nitrogen (ค) Nitrogen ผสม Magnesium และ (ง) Calcium ผสม Sodium alginate ผสม Gum arabic 45

ภาพที่ 4.2.5 ลักษณะอาการโรคราสีเทาและโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อของรา *Botrytis cinerea* พริก 46

ภาพที่ 4.2.6 เครื่อง Gel-bead encapsulation system และลักษณะของเม็ดบีด สูตร 2 52

ภาพที่ 4.2.7 ตัวอย่างต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* ของพริก ชนิดน้ำ 55

ภาพที่ 4.2.8 ตัวอย่างโรงเรือนปลูกพริกหวานของเกษตรกรที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ 61

ภาพที่ 4.3.1 ลักษณะอาการโรคใบจุดสลัดและใบจุดเซเลอรี่ (ซ้าย) และโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรค (ขวา) 62

ภาพที่ 4.3.2 อาการโรคใบจุดสลัดหลังปลูกเชื้อรา *Cercospora* sp. 5 วัน บนต้นสลัดกรีนโอ้ค 63

ภาพที่ 4.3.3 ประสิทธิภาพของ *Bacillus amyloliquefaciens* ไอโซเลท B18 ต่อการยับยั้งเส้นใยเชื้อรา *Cercospora* sp. อายุ 14 วัน 65

ภาพที่ 4.3.4 ลักษณะโคโลนีเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท B18 เลี้ยงบนอาหารเหลวสูตรกากน้ำตาล (ก) บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (ข) นำไป heating 80 องซาเซลเซียส 15 นาที 67

ภาพที่ 4.3.5 ลักษณะโคโลนีเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท B18 เลี้ยงบนอาหารเหลวสูตรผงถั่วเหลือง (ก) บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (ข) นำไป heating 80 องซาเซลเซียส 15 นาที 67
ภาพที่ 4.3.6 ลักษณะต้นแบบชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียไอโซเลท B18 หลังการผลิต 79
ภาพที่ 4.4.1 ลักษณะของตู้อบลมร้อนที่ใช้ในการผลิตต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* พืชตระกูลกะหล่ำ และตัวอย่างต้นแบบชีวภัณฑ์ที่ได้ 89
ภาพที่ 4.4.2 ลักษณะเครื่องพ่นฝอย (ซ้าย) เครื่องวัดความชื้น (กลาง) ที่ใช้ในการทดผลิต และวิธีนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อ 92
ภาพที่ 4.5.1 การประชุมชี้แจงและวางแผนดำเนินงานโครงการร่วมกับเจ้าหน้าที่ของ สวพส. มูลนิธิโครงการหลวง และตัวแทนเกษตรกร 95
ภาพที่ 4.5.2 น้ำหนักผลผลิตต่อต้นของมะเขือเทศเชอร์รี่ เปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีเกษตรกร (กราฟแท่งสีดำ) และวิธีชีวภัณฑ์ (กราฟแท่งสีขาว) เมื่อเริ่มเก็บที่ระยะ 58 วันหลังปลูก ของนางจตุพร โปธาสุ 102
ภาพที่ 4.5.3 น้ำหนักผลผลิตต่อต้นของมะเขือเทศเชอร์รี่ เปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีเกษตรกร (กราฟแท่งสีดำ) และวิธีชีวภัณฑ์ (กราฟแท่งสีขาว) เมื่อเริ่มเก็บที่ระยะ 55 วันหลังปลูก ของนางนิรัชรา เป็งผัด 106
ภาพที่ 4.5.4 น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นของมะเขือเทศโทมัส เปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีเกษตรกร (กราฟแท่งสีดำ) และวิธีชีวภัณฑ์ (กราฟแท่งสีขาว) ที่ระยะ 73-109 วันหลังปลูกของนายณัฐพล แซ่ย่าง 111
ภาพที่ 4.5.5 น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นของมะเขือเทศโทมัส เปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีเกษตรกร (กราฟแท่งสีดำ) และวิธีชีวภัณฑ์ (กราฟแท่งสีขาว) ที่ระยะ 66-100 วันหลังปลูก ของนางนริศรา ดำรงกาญจนกุล 115
ภาพที่ 4.5.6 ตัวอย่างกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้ระหว่างการดำเนินงานแปลงสาธิตร่วมกับเกษตรกร 118
ภาพที่ 4.5.7 ผลวิเคราะห์แบบประเมินความพร้อมสถานที่เรียนรู้ 129
ภาพที่ 4.5.8 ผลวิเคราะห์การพัฒนาเกษตรกรในฐานะวิทยากรต้นแบบโดยนักวิจัย 130
ภาพที่ 4.5.9 ลักษณะแปลงเรียนรู้การปลูกผักอินทรีย์ภายใต้หลักการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (IPM) 131
ภาพที่ 4.5.10 ตัวอย่างการแสดงผลสำหรับผู้ใช้งาน (Frontend) 134