บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตฟีโรโมนดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* จากสารแต่งกลิ่นสังเคราะห์และเลียนแบบธรรมชาติ

3.1.1 ผลิตต้นแบบฟีโรโมนสูตรใหม่ที่ดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักสูง 3 ลำดับแรกจากปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ซึ่งให้ผลดีกว่าสูตรเดิม (ผสม Cis-3-Hexen-1-ol ปริมาตร 95-99% โดยน้ำหนัก กับวิตามินอี ปริมาตร 1-5% โดยน้ำหนัก ปริมาณ 10 หยด ในวัสดุดูดซับสาร Paraffin Wax) กรรมวิธีการผลิตต้นแบบฟีโรโมนสูตรใหม่ ดังนี้

ตำรับที่ 1 ผสม Aromatic aldehydes ปริมาตร 200 µl และ Diplopylene glycol ปริมาตร 2 µl เข้าด้วยกัน จากนั้นเตรียมเม็ดดูดน้ำหอม 7 เม็ด ใส่ในจุกพลาสติก และหยดสารผสม ปริมาตรรวม 202 µl ลงจุกพลาสติกที่มีเม็ดดูดน้ำหอม

ตำรับที่ 2 ผสม Cis-3-Hexenyl acetate ปริมาตร 200 µl และ Diplopylene glycol ปริมาตร 2 µl เข้าด้วยกัน จากนั้นเตรียมเม็ดดูดน้ำหอม 7 เม็ด ใส่ในจุกพลาสติก และหยดสารผสม ปริมาตรรวม 202 µl ลงจุกพลาสติกที่มีเม็ดดูดน้ำหอม

ตำรับที่ 3 ผสม Allyl Isothiocyanate ปริมาตร 200 µl และ Diplopylene glycol ปริมาตร 2 µl เข้าด้วยกัน จากนั้นเตรียมเม็ดดูดน้ำหอม 7 เม็ด ใส่ในจุกพลาสติก และหยดสารผสม ปริมาตรรวม 202 µl ลงจุกพลาสติกที่มีเม็ดดูดน้ำหอม

3.1.2 ศึกษาอายุเก็บรักษาต้นแบบฟีโรโมนสูตรใหม่ จำนวน 3 ตำรับ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) เปิดใช้งานแล้ว และ (2) ยังไม่เปิดใช้งาน โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์และแปรผลระยะหลังเก็บรักษาทุกเดือน ด้วยเทคนิค Gas chromatography (GC) ให้กับผู้รับจ้างที่มีความเชี่ยวชาญ รวมทั้งทดสอบประสิทธิภาพการดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผักในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยการจำลองลักษณะการกระจายกลิ่นฟีโรโมนภายในอุโมงค์ลม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบสูตรเดิม

บันทึกข้อมูล

- ปริมาณสารออกฤทธิ์ของต้นแบบฟีโรโมนสูตรใหม่ และสูตรเดิมแต่ละเดือนต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 6
- จำนวนผีเสื้อหนอนกระทู้ผักที่ถูกดึงดูดภายใน 1 ชั่วโมง จากการสังเกตุด้วยตาเปล่า

3.1.3 คัดเลือกวิธีใช้ตำรับต้นแบบฟีโรโมนสูตรใหม่ จำนวน 3 ตำรับ ได้แก่ ระยะห่างในการติดตั้ง (ช่วง 10, 15 หรือ 20 เมตร) และระยะเปลี่ยนกับดัก (ช่วง 7, 14 หรือ 28 วัน) วางแผนทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ อย่างน้อย 3 กรรมวิธี และวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์การค้ากลุ่มเดียวกัน จากนั้นคำนวนต้นทุนการใช้ต่อหน่วยพื้นที่ และคัดเลือก 2 ตำรับ ไปดำเนินการในกิจกรรมต่อไป

ระยะห่างในการติดตั้งแต่ละสูตรฟีโรโมน

กรรมวิธีที่ 1 กับดักฟีโรโมนสูตรใหม่ ระยะติดตั้ง 10 เมตร

กรรมวิธีที่ 2 กับดักฟีโรโมนสูตรใหม่ ระยะติดตั้ง 15 เมตร

กรรมวิธีที่ 3 กับดักฟีโรโมนสูตรใหม่ ระยะติดตั้ง 20 เมตร

ระยะเปลี่ยนกับดักแต่ละสูตรฟีโรโมน

กรรมวิธีที่ 1 กับดักฟีโรโมนสูตรใหม่ ระยะเปลี่ยนกับดัก 7 วัน

กรรมวิธีที่ 2 กับดักฟีโรโมนสูตรใหม่ ระยะเปลี่ยนกับดัก 14 วัน

กรรมวิธีที่ 3 กับดักฟีโรโมนสูตรใหม่ ระยะเปลี่ยนกับดัก 28 วัน

บันทึกข้อมูล

- จำนวนผีเสื้อหนอนกระทู้ผักที่ติดกับดักระยะ 7, 14 และ 28 วัน หลังติดตั้ง (กรรมวิธีที่ 3-5)
- ความเสียหาย เช่น จำนวนต้นพืชที่ถูกหนอนกระทู้ผักกัดกิน % การเข้าทำลาย ปริมาณหนอนกระทู้

3.1.4 ทดสอบยืนยันผลการใช้ตำรับต้นแบบฟีโรโมนสูตรใหม่ จำนวน 2 ตำรับ ในการป้องกันกำจัดแมลงร่วมกับเกษตรกรที่มีแปลงปลูกพืชลักษณะแตกต่างกัน 2 พื้นที่ วางแผนทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์จำนวน 3 ซ้ำ อย่างน้อย 5 กรรมวิธี และวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบเทียบวิธีปฏิบัติของเกษตรกร

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วิธีการของเกษตรกร)

กรรมวิธีที่ 2 ชุดควบคุม (กับดักแบบไม่มีฟีโรโมน)

กรรมวิธีที่ 3 กับดักฟีโรโมนสูตรเดิม วิธีการใช้ตามคำแนะนำที่ให้ผลดีจากงานวิจัย

กรรมวิธีที่ 4 กับดักฟีโรโมนสูตรใหม่ ตำรับ 1 วิธีการใช้ที่ให้ผลดีจากกิจกรรมที่ 2

กรรมวิธีที่ 5 กับดักฟีโรโมนสูตรใหม่ ตำรับ 2 วิธีการใช้ที่ให้ผลดีจากกิจกรรมที่ 2

บันทึกข้อมูล

- จำนวนผีเสื้อหนอนกระทู้ผักที่ติดกับดักระยะ 7, 14 และ 28 วัน หลังติดตั้ง (กรรมวิธีที่ 3-5)
- ความเสียหาย เช่น จำนวนต้นพืชที่ถูกหนอนกระทู้ผักกัดกิน % การเข้าทำลาย ปริมาณหนอนกระทู้
- ต้นทุนการใช้สารป้องกันกำจัดต่อหน่วยพื้นที่ทดสอบ (บาท/หน่วยพื้นที่)
- สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกพืช เช่น อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น

3.2 การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคราสีเทา *Botrytis cinerea* ของพริก ด้วยเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชั่น

3.2.1 ผลิตต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคสูงจากปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 ซึ่งให้ผลดีกว่าสูตรเดิม

ตำรับเดิม (ชนิดผง) เพิ่มปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ไอโซเลท 28 ด้วยอาหารเหลวสูตรแป้งถั่วเหลือง 20 g ผสมธาตุอาหารรอง K_2HPO_4 1.2 g, $MnCl_2.4H_2O$ 0.001 g, $FeSO_4.7H_2O$ 0.001 g, $ZnSO_4.7H_2O$ 0.001 g และน้ำ 1 ลิตร ปรับค่าความเป็นกรดด่างที่ 6 เลี้ยงเชื้อนาน 72 ชั่วโมง อุณหภูมิ 35°C เขย่าด้วยความเร็ว 180 รอบต่อนาที ผสมสารแขวนลอยจุลินทรีย์ที่ได้กับวัสดุรองรับสูตร Corn starch 300 g ผสม Talcum 700 g สัดส่วนส่วน 1:1 โดยปริมาตร/น้ำหนัก คลุกเคล้าให้เข้ากันและนำไปอบลมร้อนในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 40°C ที่มีพัดลมระบายอากาศต่อเนื่อง อบนาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปบดให้ละเอียดจนได้ผงชีวภัณฑ์

สูตรใหม่ตำรับที่ 1 (ชนิดผง) เพิ่มปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ ไอโซเลท 28 ด้วยอาหารเหลวสูตรเดิม โดยใส่สารกระตุ้นการสร้างผนังเซลล์ Glucose 0.3 g ผสม nitrogen 0.3 g และสารเคลือบผนังเซลล์ Soy

protein 0.5 g ผสม Gelatin 0.3 g และ Corn starch 0.2 g เพิ่มเติม ก่อนนำสารแขวนลอยเชื้อที่ได้ผสมกับวัสดุรองรับสูตร Carboxymethyl cellulose 100 g ผสม Maltodextrin 200 g, Corn starch 600 g และ Zinc sulphate 100 g สัดส่วน 2:3 โดยปริมาตร/น้ำหนัก จากนั้นนำไปอบลมร้อนในตู้ควบคุมสภาวะเดิม

สูตรใหม่ตำรับที่ 2 (ชนิด Encapsulation) เพิ่มปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ ไอโซเลท 28 ด้วยอาหารเหลวสูตรเดิม โดยใส่สารกระตุ้นการสร้างผนังเซลล์ Glucose 0.3 g ผสม Nitrogen 0.3 g และสารเคลือบผนังเซลล์ Soy protein 0.5 g ผสม Gelatin 0.3 g และ Corn starch 0.2 g เพิ่มเติม ก่อนนำสารแขวนลอยเชื้อที่ได้ไปดำเนินการ Encapsulation ด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อรักษาให้จุลินทรีย์อยู่รอด ได้แก่ (1) จากพืช คือ Sodium alginate จากสัตว์ คือ Gelatin และจากการสังเคราะห์ คือ Carboxy methylcellulose (CMC) เปรียบเทียบ 4 กรรมวิธี ได้แก่ *สูตร 1* Sodium alginate 3.3 g/น้ำ 200 ml *สูตร 2* Gelatin 6.6 g ร่วมกับ Sodium alginate 1 g/น้ำ 200 ml *สูตร 3* Gelatin 5 g ร่วมกับ Sodium alginate 2 g/น้ำ 200 ml และ *สูตร 4* CMC 3.3 g/น้ำ 200 ml (core) ร่วมกับ Sodium alginate 3.3 g/น้ำ 200 ml การผลิตใช้เครื่อง Encapsulator ยี่ห้อ BÜCHI รุ่น Encapsulator B-390 ขนาดอนุภาค (droplet / bead) ประมาณ 80 µm ถึง 4,000 µm (0.08–4 mm) ขึ้นอยู่กับหัวฉีดและสูตรการผลิต ผลิตโดยใช้อุณหภูมิห้องและเม็ดเจลขนาดเฉลี่ย 0.2-0.3 mm

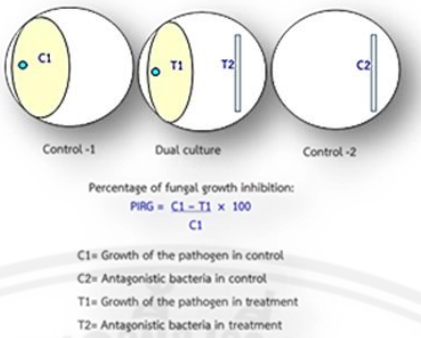
สูตรใหม่ตำรับที่ 3 (ชนิดน้ำ) เพิ่มปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ ไอโซเลท 28 ด้วยอาหารเหลวสูตรเดิม โดยใส่สารกระตุ้นการสร้างผนังเซลล์ Glucose 0.3 g ผสม Nitrogen 0.3 g และสารเคลือบผนังเซลล์ Soy protein 0.5 g ผสม Gelatin 0.3 g และ Corn starch 0.2 g เพิ่มเติม ก่อนนำสารแขวนลอยเชื้อที่ได้ผสมกับวัสดุรองรับสูตรเหลวที่เติม (1) ธาตุอาหาร Magnesium, Calcium หรือ Nitrogen (2) สารเคลือบผนังเซลล์ Sodium alginate หรือ Gum arabic เปรียบเทียบ 4 กรรมวิธี ได้แก่ *สูตร 1* Magnesium 25 g ผสม Calcium 25 g *สูตร 2* Sodium alginate 12.5 g ผสม Gum arabic 12.5 g ผสม Nitrogen 25 g สูตร 3 Nitrogen 15 ml ผสม Magnesium 25 g และ *สูตร 4* Calcium 15 g ผสม Sodium alginate 7.5 g ผสม Gum arabic 12.5 g

3.2.2 ศึกษาอายุเก็บรักษาต้นแบบผงชีวภัณฑ์สูตรใหม่ จำนวน 3 ตำรับ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) เปิดใช้งานแล้ว และ (2) ยังไม่เปิดใช้งาน โดยตรวจสอบความอยู่รอดของหัวเชื้อจุลินทรีย์ระยะหลังเก็บรักษาทุก 3 เดือน ด้วยวิธี Serial dilution และวิธี Drop plate บนอาหาร Nutrient agar (NA) รวมทั้งทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตเส้นใยเชื้อสาเหตุโรคด้วยวิธี Dual culture วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบเทียบสูตรเดิม

บันทึกข้อมูล

- โคโลนีของเชื้อบนอาหารและคำนวณความเข้มข้นเชื้อทั้งหมดในหน่วย log cfu/g หรือ cfu/ml เมื่อเวลาผ่านไป 24-48 ชั่วโมง

- เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อสาเหตุโรคบนอาหารเลี้ยงเชื้อหลังทดสอบ 2 วัน หรือขึ้นอยู่กับการเจริญของเชื้อ ตามสูตรการคำนวณของ Mokhtar and Aid (2013)



การทดสอบด้วยวิธี dual culture บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

3.2.3 คัดเลือกวิธีใช้ตำรับต้นแบบผงชีวภัณฑ์สูตรใหม่ จำนวน 3 ตำรับ ได้แก่ ปริมาณสาร (ช่วง 50, 100 หรือ 150 g/น้ำ 20 ลิตร) และความถี่การพ่น (3, 5 หรือ 7 วัน/ครั้ง) แบ่งเป็น (1) สภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Inoculation และ (2) สภาพแปลงทดสอบ (กระถางทดสอบ/โรงเรือน) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ อย่างน้อย 7 กรรมวิธี และวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์การค้ากลุ่มเดียวกัน จากนั้นคำนวนต้นทุนการใช้ต่อหน่วยพื้นที่ และคัดเลือก 2 ตำรับ ไปดำเนินการในกิจกรรมต่อไป

1) สภาพห้องปฏิบัติการ โดยเตรียมสารแขวนลอยต้นแบบชีวภัณฑ์ (ปริมาณสารต่อน้ำ 20 ลิตร) และนำไปฉีดพ่นส่วนของพืชที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ฉีดพ่นสารใด (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารเคมีการค้า ปริมาณสารตามคำแนะนำบนฉลาก

กรรมวิธีที่ 3 ชีวภัณฑ์การค้า ปริมาณสารตามคำแนะนำบนฉลาก

กรรมวิธีที่ 4 ชีวภัณฑ์สูตรเดิม ปริมาณสารตามคำแนะนำที่ให้ผลดีจากงานวิจัย

กรรมวิธีที่ 5 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ตำรับ 1 ปริมาณสารตามกรรมวิธีทดสอบ

กรรมวิธีที่ 6 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ตำรับ 2 ปริมาณสารตามกรรมวิธีทดสอบ

กรรมวิธีที่ 7 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ตำรับ 3 ปริมาณสารตามกรรมวิธีทดสอบ

2) สภาพแปลงทดสอบ โดยเตรียมสารแขวนลอยต้นแบบชีวภัณฑ์ตามปริมาณสารต่อน้ำ 20 ลิตร ที่ให้ผลดีจากสภาพห้องปฏิบัติการ และนำไปฉีดพ่นทั่วต้นพืชที่ปลูกอยู่ในกระถางทดสอบหรือแปลงปลูกที่มีประวัติพบโรครุนแรงตั้งแต่ระยะติดผลอ่อน ช่วงเดือนมิถุนายน-ตุลาคม หรือฤดูฝนที่พบการระบาดของโรค

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ฉีดพ่นสารใด (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารเคมีการค้า วิธีการใช้ตามคำแนะนำบนฉลาก

กรรมวิธีที่ 3 ชีวภัณฑ์การค้า วิธีการใช้ตามคำแนะนำบนฉลาก

กรรมวิธีที่ 4 ชีวภัณฑ์สูตรเดิม วิธีการใช้ตามคำแนะนำที่ให้ผลดีจากงานวิจัย

กรรมวิธีที่ 5 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ตำรับ 1 ปริมาณสารที่ให้ผลดีและฉีดพ่นตามกรรมวิธีทดสอบ

กรรมวิธีที่ 6 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ตำรับ 2 ปริมาณสารที่ให้ผลดีและฉีดพ่นตามกรรมวิธีทดสอบ

กรรมวิธีที่ 7 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ตำรับ 3 ปริมาณสารที่ให้ผลดีและฉีดพ่นตามกรรมวิธีทดสอบ

บันทึกข้อมูล

วันที่เริ่มพบโรค ระดับการเกิดโรค (ผลเชิงปริมาณ/จำนวนผลเน่าที่พบ) และความรุนแรงโรค (ผลเชิงคุณภาพ/เปอร์เซ็นต์อาการเน่าต่อพื้นที่ผล) หลังฉีดพ่นสาร โดยแต่ละกรรมวิธีประเมินความเสียหายช่วงก่อนฉีดพ่นสารทุกครั้งสำหรับใช้คำนวนเปอร์เซ็นต์การควบคุม

- สภาพห้องปฏิบัติการทุก 3, 5 และ 7 วัน
- สภาพแปลงทดสอบทุก 7 วัน เก็บต่อเนื่อง อย่างน้อย 3 ครั้ง

3.2.4 ทดสอบยืนยันผลการใช้ตำรับผงต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ จำนวน 2 ตำรับ ในการป้องกันกำจัดโรคร่วมกับเกษตรกรที่มีแปลงปลูกพืชลักษณะแตกต่างกัน 2 พื้นที่ วางแผนทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์จำนวน 3 ซ้ำ อย่างน้อย 5 กรรมวิธี และวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบเทียบวิธีปฏิบัติของเกษตรกร

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วิธีการของเกษตรกร)

กรรมวิธีที่ 2 ชีวภัณฑ์สูตรเดิม วิธีการใช้ตามคำแนะนำที่ให้ผลดีจากงานวิจัย

กรรมวิธีที่ 3 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรเดิม วิธีการใช้ตามคำแนะนำที่ให้ผลดีจากงานวิจัย

กรรมวิธีที่ 4 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ตำรับ 1 วิธีการใช้ที่ให้ผลดีจากกิจกรรมที่ 2

กรรมวิธีที่ 5 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ตำรับ 2 วิธีการใช้ที่ให้ผลดีจากกิจกรรมที่ 2

บันทึกข้อมูล

- ความเสียหายทุก 7 วัน หลังฉีดพ่นสาร และเก็บต่อเนื่อง อย่างน้อย 3 ครั้ง เช่น ระดับการเกิดโรคและความรุนแรงโรค
- ต้นทุนการใช้สารป้องกันกำจัดต่อหน่วยพื้นที่ทดสอบ (บาทต่อหน่วยพื้นที่)
- สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกพืช เช่น อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น

3.3 การเพิ่มคุณภาพชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด ด้วยเทคโนโลยีปกป้องเซลล์จุลินทรีย์จากความร้อน

3.3.1 คัดเลือกและผลิตตำรับต้นแบบผงชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ประกอบด้วย สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ สูตรอาหารเหลวและสภาวะการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ถึงระยะ Stationary phase ชนิดสารปกป้องเซลล์และวัสดุรองรับ เทคนิคการทำแห้ง (Dehydration/Drying)

1) เตรียมหัวเชื้อ (starter) แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* ไอโซเลท B18 บนอาหารแข็ง Nutrient Agar (NA)

2) คัดเลือกสูตรอาหารเหลวที่เหมาะสำหรับเลี้ยงเชื้อ Stationary phase โดยปรับค่าความเป็นกรดด่าง 6 อุณหภูมิ 35°C เขย่าด้วยความเร็ว 180 รอบต่อนาที เลี้ยงเชื้อนาน 72 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นให้หัวเชื้อสร้างมวลชีวภาพปริมาณสูง วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ แบ่งเป็น 2 กรรมวิธี และวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบ

- อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรผงถั่วเหลือง 20 g/L, Beef extract 3 g/L และกากน้ำตาล 1 g/L
- อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรกากน้ำตาล 50 g/L, Yeast extract 2 g/L, K_2HPO_4 และ $MgSO_4$ 0.3 g/L

บันทึกข้อมูล หลังเลี้ยงเชื้อ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

- ปริมาณเชื้อด้วยวิธีการ Serial dilution spread plate หน่วย log cfu/ml

3) คัดเลือกชนิดและความเข้มข้นของสารปกป้องเซลล์แบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อเพิ่มอัตราการรอดชีวิตจากความร้อนซึ่งเร่งการสูญเสียน้ำออกสู่ภายนอกและสร้างความเสียหายบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์ โดยพิจารณาเกณฑ์ด้านประสิทธิภาพและด้านการจัดหา (ผู้แทนจำหน่ายภายในประเทศ วิธีการเตรียม ราคา) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ อย่างน้อย 21 กรรมวิธี และวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบ

สารกระตุ้นการสร้างผนังเซลล์จุลินทรีย์ โดยใส่สารลงในอาหารเหลวสูตรที่สร้างมวลชีวภาพปริมาณสูงสุดจากผลการคัดเลือกข้อ (3) และเลี้ยงเชื้อในสภาวะเดิม

- ธาตุอาหาร เช่น Glucose, Magnesium, Calcium และ Nitrogen เป็นต้น

สารเคลือบผนังเซลล์จุลินทรีย์ โดยใส่สารลงในอาหารเหลวสูตรที่สร้างมวลชีวภาพปริมาณสูงสุดจากผลการคัดเลือกข้อ 2) หลังจากเชื้อเจริญเติบโตเต็มที่ หรือ Stationary Phase

- คาร์โบไฮเดรต เช่น Maltodextrin (Dextrose equivalent <20), Corn starch, Soluble starch, Alginate, Gellan gum, Gum arabic, K-carrageenan, Chitosan และ Carboxy methyl cellulose (CMC) เป็นต้น

- โปรตีน เช่น Whey protein, Soy protein และ Gelatin เป็นต้น

บันทึกข้อมูล:

- ค่า Optical Density (OD) ที่ความเข้มแสง 600 นาโนเมตร หน่วย nm

- เซลล์และสปอร์ด้วย Hemacytometer หน่วยนับ log cell หรือ spores/ml

- ปริมาณเชื้อด้วยวิธีการ Serial dilution spread plate หน่วย log cfu/ml

- สปอร์ที่มีชีวิตด้วยวิธีการ Heating ที่อุณหภูมิ 80°C นาน 15 นาที จากนั้นนำไปทำ Serial dilution spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน หน่วย log cfu/ml

4) คัดเลือกวิธีการผลิตผงชีวภัณฑ์ตามกระบวนของโรงชีวภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง โดยนำสารแขวนลอยจุลินทรีย์ที่สร้างมวลชีวภาพและรอดชีวิตปริมาณสูงสุดหลังใส่สารปกป้องเซลล์ ได้แก่ สารกระตุ้นและสารเคลือบ จากผลการคัดเลือกข้อ 3) มาทำให้แห้ง ก่อนบรรจุเก็บในถุงฟอยล์สีเงินแบบมีซิปล็อค วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ แบ่งเป็น 7 กรรมวิธี และวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบ

- วิธีอบลมร้อน: ผสมสารแขวนลอยจุลินทรีย์กับสูตรวัสดุรองรับให้เข้ากันในสัดส่วน 1:3 จากนั้นนำไปทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 40-50°C ที่มีพัดลมระบายอากาศตลอด 24 ชั่วโมง จนเหลือความชื้นไม่เกิน 10% และบดเป็นผง

- วิธีพ่นฝอย: ผสมสารแขวนลอยจุลินทรีย์กับสูตรวัสดุรองรับความเข้มข้น (%) และความหนืด (cp) ตามคำแนะนำวิธีการใช้ จากนั้นนำไปฉีดเข้าเครื่อง Spray dryer ขนาด 5 ลิตร และปรับสภาวะให้เหมาะสม ประกอบด้วย Inlet temperature (°C) Outlet temperature (°C) Gas flow (%) และ Liquid feed rate (%)

ทั้งนี้การคัดเลือกสูตรวัสดุรองรับให้พิจารณาเกณฑ์ด้านประสิทธิภาพ (อาทิตยาพัณณ์, 2562) และด้านการจัดหา (ผู้แทนจำหน่ายภายในประเทศ วิธีการเตรียม ราคา)

กรรมวิธี	ส่วนประกอบของสูตรวัสดุรองรับ น้ำหนัก 1 กิโลกรัม
1	แป้งข้าวเจ้า 89 g, น้ำมันถั่วเหลือง 1 ml และ ซูโครส 10 g (สูตรเดิม)
2	วัสดุรองรับ สูตร 1
3	วัสดุรองรับ สูตร 2
4	วัสดุรองรับ สูตร 3
5	วัสดุรองรับ สูตร 4
6	วัสดุรองรับ สูตร 5
7	วัสดุรองรับ สูตร 6

บันทึกข้อมูล

- ปริมาณเชื้อหลังผลิตเสร็จด้วยวิธีการ Serial dilution spread plate หน่วย log cfu/ml
- ความชื้นของผงชีวภัณฑ์หลังผลิตเสร็จ (%)
- ผลผลิตของผงชีวภัณฑ์ที่ได้ (กรัม/ปริมาตรสารแขวนลอยจุลินทรีย์)
- ต้นทุนการผลิตระดับห้องปฏิบัติการ (บาท/กิโลกรัม)

3.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตเส้นใยเชื้อสาเหตุโรคของตำรับต้นแบบผงชีวภัณฑ์สูตรใหม่ที่ผลิตได้ อย่างน้อย 15 ตำรับ ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Dual culture วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบเทียบสูตรเดิม

บันทึกข้อมูล: เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคบนอาหารเลี้ยงเชื้อหลังทดสอบ 2 วัน หรือขึ้นอยู่กับการเจริญของเชื้อ ตามสูตรการคำนวณของ Mokhtar และ Aid (2013)

3.3.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของตำรับต้นแบบผงชีวภัณฑ์สูตรใหม่ อย่างน้อย 8 ตำรับ ในสภาพห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ เช่น สี ลักษณะผง ค่าความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการละลายน้ำ ลักษณะการเกิดตะกอน

บันทึกข้อมูล

- ลักษณะภายนอก เช่น สี ลักษณะผง
- ความสามารถในการละลายน้ำและลักษณะการเกิดตะกอนตามหน่วยวัดมาตรฐานโดยใช้อัตราผสมที่มีความเข้มข้นเชื้อระหว่าง 10^9-10^{10} log cfu/ml (กฤติเดช และดุสิต, 2559)

<u>ความสามารถในการละลายน้ำ</u> โดยผสมต้นแบบชีวภัณฑ์ อัตรา 20 g ต่อน้ำ 20 ลิตร จับเวลาการละลายน้ำ แบ่งเป็น 5 ระดับ

ระดับ 1 ละลายน้ำหมด ภายใน 1-5 นาที

ระดับ 2 ละลายน้ำหมด ภายใน 6-10 นาที

ระดับ 3 ละลายน้ำหมด ภายใน 11-30 นาที

ระดับ 4 ละลายน้ำหมด ภายใน 30-60 นาที

ระดับ 5 ไม่ละลายน้ำ เกาะตัวเป็นกลุ่มด้านบนผิวน้ำ

ลักษณะการเกิดตะกอน โดยผสมต้นแบบชีวภัณฑ์ อัตรา 20 g ต่อน้ำ 20 ลิตร จับเวลาการตกตะกอน แบ่งเป็น 5 ระดับ

ระดับ 1 ตกตะกอนหมด ภายในเวลา 12 ชั่วโมง

ระดับ 2 ตกตะกอนหมด ภายในเวลา 30-60 นาที

ระดับ 3 ตกตะกอนหมด ภายในเวลา 11-30 นาที

ระดับ 4 ตกตะกอนหมด ภายในเวลา 5-10 นาที

ระดับ 5 ตกตะกอนหมด ภายในเวลา 1-5 นาที

- ข้อมูลอื่น เช่น ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) กลิ่น

ค่าความเป็นกรดด่าง โดยผสมต้นแบบชีวภัณฑ์ อัตรา 20 gต่อน้ำ 20 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จุ่มกระดาษลิตมัส (Merck®) ในสารแขวนลอยชีวภัณฑ์เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นเทียบสีตามค่ามาตรฐาน

3.4 การเพิ่มคุณภาพชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคขอบใบไหม้ *Xanthomonas campestris* ตระกูลกะหล่ำด้วยเทคโนโลยีปกป้องเซลล์จุลินทรีย์จากความร้อน

3.4.1 คัดเลือกและผลิตตำรับต้นแบบผงชีวภัณฑ์สูตรใหม่ ประกอบด้วย สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ สูตรอาหารเหลวและสภาวะการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ถึงระยะ Stationary phase ชนิดสารปกป้องเซลล์และวัสดุรองรับ เทคนิคการทำแห้ง (Dehydration/Drying)

3.4.2 ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตเส้นใยเชื้อสาเหตุโรคของตำรับต้นแบบผงชีวภัณฑ์สูตรใหม่ที่ผลิตได้ อย่างน้อย 15 ตำรับ ในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Dual culture วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบเทียบสูตรเดิม

3.4.3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของตำรับต้นแบบผงชีวภัณฑ์สูตรใหม่ อย่างน้อย 15 ตำรับ ในสภาพห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ เช่น สี ลักษณะผง ค่าความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการละลายน้ำ ลักษณะการเกิดตะกอน

ดำเนินการและบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับหัวข้อการวิจัย 3.3 การเพิ่มคุณภาพชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคใบจุด *Cercospora* spp. ตระกูลผักกาด โดยสูตรเดิมใช้

- แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* ไอโซเลท B6

- วัสดุรองรับ น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 89 g, น้ำมันถั่วเหลือง 1 ml และน้ำตาลทราย 10 g

3.5 การประเมินผลสัมฤทธิ์การนำงานวิจัยชีวภัณฑ์และฟีโรโมนไปใช้แก้ไขปัญหาสารเคมีเกษตรบนพื้นที่สูงสำคัญร่วมกับหน่วยงานเครือข่าย

3.5.1 ศึกษาผลยอมรับการใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนที่สอดคล้องกับหลักการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานกับกลุ่มพืชตระกูล Solanaceae

1) ประชุมชี้แจงโครงการ และวางแผนการดำเนินงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของ สวพส. มูลนิธิโครงการหลวง และตัวแทนเกษตรกร

2) สำรวจข้อมูลปัญหา วิธีแก้ไข และผลการใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนของเกษตรกรสมาชิกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงและโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง (เบื้องต้น) จำนวน 2 แห่ง

3) คัดเลือกเกษตรกรที่มีศักยภาพเป็นวิทยากรท้องถิ่นสำหรับถ่ายทอดความรู้ด้านการปลูกผักที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง โดยจัดประชุมเวทีแลกเปลี่ยนร่วมกับนักวิจัยและกลุ่มเกษตรกร 2-3 รายต่อพื้นที่ดำเนินงาน โดยเป็นผู้มีความรู้ ใฝ่รู้ มีความรับผิดชอบ สามารถสื่อสารได้ในระดับดี และประสบความสำเร็จด้านการปลูกพืชตระกูล Solanaceae

4) จัดทำแปลงสาธิตการใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนในแปลงปลูกพืชตระกูล Solanaceae ของเกษตรกรที่คัดเลือก จำนวน 1 ฤดูกาล โดยเปรียบเทียบวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร (วิธีปฏิบัติเดิม) และวิธีใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนจากผลงานวิจัย (วิธีใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน)

บันทึกข้อมูล

(1) เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสำคัญ (% disease incidence: DI) จากสูตร DI (%) = (จำนวนต้นที่เกิดโรค/จำนวนต้นทั้งหมด) × 100 เปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค (% severity index: SI) จากสูตร SI (%) = ($\sum n \times v$) / (N × V) × 100 เมื่อ n = จำนวนที่เกิดโรค, v = ระดับความรุนแรงของแต่ละ n, N = จำนวนทั้งหมด และ V = ระดับความรุนแรงสูงสุด โดยประเมินการเกิดโรคในพื้นที่ 1 ตารางเมตร จำนวน 10 จุดต่อแปลง

(2) ผลผลิตของพืชตระกูล Solanaceae ได้แก่ ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัมต่อพื้นที่) และคุณภาพของผลผลิต

(3) ด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ต้นทุนการผลิต (บาทต่อหน่วยนับ) เช่น ปัจจัยการผลิต (หัวพันธุ์ เตรียมแปลง ชีวภัณฑ์ สารเคมี ปุ๋ย, แรงงาน: จ้างปลูก เก็บเกี่ยว) รายได้จากการจำหน่ายผลผลิต

5) พัฒนาสมรรถนะการถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกรที่คัดเลือกเพื่อเป็นวิทยากรท้องถิ่น 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะ ความรู้ และทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน

(1) ความรู้ คือ ความรู้พื้นฐานเฉพาะทางที่สำคัญของด้านโรคพืช แมลงศัตรูพืช ชีวภัณฑ์ ฟีโรโมน สารปลอดภัย และสารเคมีเกษตร

(2) ทักษะ คือ สิ่งที่ต้องทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทักษะนี้มาจากพื้นฐานทางความรู้และการปฏิบัติสม่ำเสมออย่างคล่องแคล่วว่องไว เช่น การใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนอย่างถูกต้อง ถูกวิธี และถูกเวลา

(3) ทัศนคติ คือ ทัศนคติที่ดีของเกษตรกรต่อการใช้และประโยชน์ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน อันตรายของสารเคมีเกษตร

4) สำรวจการยอมรับและความพึงพอใจของเกษตรกรหลังใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนของสมาชิกผู้ปลูกพืชตระกูล Solanaceae ระบบเกษตร GAP และ/หรือเกษตรอินทรีย์ (พิจารณาจากการรับแผนปลูกปี 2568 ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์)

(1) จำนวนเกษตรกรสมาชิกผู้ปลูกพืชตระกูล Solanaceae

(1.1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ จำนวน 15 ราย

(1.2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน จำนวน 30 ราย

(2) เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับและความพึงพอใจของเกษตรกรหลังใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน ประกอบด้วย 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร โดยมีข้อคำถามเป็นแบบปลายปิดให้เลือกตอบ

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตทางการเกษตรของเกษตรกร โดยมีข้อคำถามเป็นแบบปลายปิดให้เลือกตอบ และปลายเปิด

ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรหลังใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน โดยมีข้อคำถามเป็นแบบปลายปิด

ตอนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรหลังใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน โดยมีข้อคำถามเป็นแบบปลายปิด

ตอนที่ 5 ปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทำการเกษตรของเกษตรกร โดยมีข้อคำถามเป็นแบบปลายเปิด

(3) การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล

(3.1) เชิงปริมาณ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ประกอบด้วย ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อคำถามปลายปิด ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการวิเคราะห์ข้อคำถามปลายเปิดที่มีลักษณะของข้อมูลเป็นแบบ Ratio Scale และข้อมูลจากข้อคำถามปลายปิด ที่มีลักษณะคำถามเป็น Likert–Scale 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์ในการแปลผลมาตรวัดแบบ Likert Scale โดยความกว้างของอันตรภาคชั้นของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 จึงได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับของสิ่งที่ต้องการศึกษาออกเป็น 5 ระดับ ดังต่อไปนี้

ช่วงชั้นระดับความคิดเห็น

4.21-5.00 หมายถึง มากที่สุด

3.41-4.20 หมายถึง มาก

2.61-3.40 หมายถึง ปานกลาง

1.81-2.60 หมายถึง น้อย

1.00-1.80 หมายถึง น้อยที่สุด

(3.2) คำถามปลายเปิด ที่มีลักษณะเป็นข้อคิดเห็น จะมีการรวบรวมและทำการสรุปเป็นจำแนกตามประเด็นต่างๆ ที่สำคัญ

3.5.2 ปรับปรุงแหล่งเรียนรู้การใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนภายใต้องค์ประกอบการพัฒนา 7 ด้าน

1) คัดเลือกพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวง จำนวน 1 แห่ง เกณฑ์พิจารณา ดังนี้

สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาของพื้นที่ เป็นพื้นที่ต้นแบบขับเคลื่อนงานวิจัย สวพส. มีแปลงปลูกพืชขนาดใหญ่ มีความเสี่ยงการใช้สารเคมีเกษตรสูง ส่งเสริมเกษตรกรปลูกพืชตามมาตรฐานอย่างเข้มข้น ที่ตั้งแปลงตัวอย่างอยู่ใกล้ถนน/เดินทางเข้าไปได้ง่าย มีความพร้อมด้านสาธารณูปโภค และแผนปลูกพืชต่อเนื่อง

2) สำรวจสภาพแหล่งเรียนรู้ และวางแผนพัฒนาเทียบองค์ประกอบ

3) ดำเนินการพัฒนาแหล่งเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจจากภายใน สามารถหาความรู้ด้วยตนเอง และนำไปใช้ประโยชน์ได้

- ข้อมูล/ชุดความรู้ เรื่อง การใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน หลักการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน การปลูกพืชตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์/GAP

- ผู้ให้ข้อมูล/ผู้ถ่ายทอด ได้แก่ เกษตรกรที่มีความรู้และทักษะการใช้ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน ทัศนะคติบวก ปฏิบัติจริง ใฝ่รู้ มีความสามารถในการถ่ายทอดและให้คำแนะนำ

- การออกแบบและการจัดลำดับ ได้แก่ ขั้นตอน วิธีจัดกระบวนการเรียนรู้ รูปแบบการเผยแพร่ และการนำเนื้อหาความรู้มาถ่ายทอดให้กับผู้ที่สนใจ

- กิจกรรมและกระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ วิธีการและเครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ซึ่งมีความหลากหลายและน่าสนใจ เช่น การสำรวจภาคสนาม การเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ การเล่าเรื่องราวผ่านประสบการณ์จริง การจัดกิจกรรมสร้างภาพจำ

- สื่อการเรียนรู้ ได้แก่ รูปแบบสื่อที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้มากกว่าการฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว เช่น อุปกรณ์สาธิต ป้ายข้อมูล โมเดลจำลอง วีดีทัศน์ สื่อเสมือนจริง สื่ออินเตอร์แอคทีฟ แอนิเมชั่น เกม มัลติมีเดีย แผนที่ แปลงสาธิต ฐานเรียนรู้ ซึ่งเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย และสัมพันธ์กับข้อมูล

- สถานที่ ได้แก่ สถานที่จริง แหล่งที่มาของความรู้ เช่น แปลงปลูกพืชกลางแจ้ง โรงเรือน โดยมีการปรับสภาพแวดล้อมให้เป็นห้องเรียน แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นทางการ

- การบริหารจัดการ ได้แก่ แผนปฏิบัติการ คณะทำงาน แหล่งงบประมาณ/รายได้และรูปแบบการจัดการที่เป็นระบบชัดเจน เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพ และนำไปสู่เป้าหมาย

4) วิเคราะห์และสรุปผลพัฒนาแหล่งเรียนรู้

บันทึกข้อมูล

- สิ่งที่ดำเนินการได้ เช่น ร้อยละผลดำเนินงาน รายละเอียดกิจกรรม ปัญหาและอุปสรรค

- แผนดำเนินการระยะต่อไป

3.5.3 ประมวลความก้าวหน้าผลการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายชนิดที่ 2 ของ ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร

1) พัฒนาระบบสารสนเทศ Web Base Application งานชีวภัณฑ์และฟีโรโมน สำหรับรองรับชุดข้อมูลกระบวนการผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงมาตรฐานขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Standard Operating

Procedures; SOPs) คู่มือปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI) คุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ และการจำแนกจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตชีวภัณฑ์

(1) ลักษณะทั่วไปของระบบ

(1.1) พัฒนาระบบสารสนเทศเป็นแบบ Web Base Application ติดตั้งบนเครื่องแม่ข่ายของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

(1.2) ระบบและซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งต้องมีลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย

(1.3) ศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน

(1.4) ระบบต้องรองรับการทำงานบนเบราว์เซอร์มาตรฐาน เช่น Google Chrome, Firefox, Internet Explorer และ Microsoft Edge โดยสามารถแสดงผลได้เหมือนหรือใกล้เคียงกัน

(1.5) ออกแบบให้รองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์หลากหลายประเภท (Responsive Web Design)

(1.6) ใช้ระบบการเข้าสู่ระบบ (Login) ผ่านบัญชีผู้ใช้งานของ Windows Server โดยเชื่อมต่อกับ Active Directory และสามารถบริหารจัดการสิทธิ์การเข้าถึงได้

(1.7) เมื่อระบบประมวลผล ต้องมีการแสดงข้อความหรือภาพแจ้งสถานะการทำงาน

(1.8) มีระบบตรวจสอบข้อผิดพลาดและแสดงข้อความเตือนเมื่อเกิดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล

(1.9) ระบบต้องบันทึกวันที่ เวลา และรหัสผู้ใช้งานทุกครั้งที่มีการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูล

(1.10) พัฒนาระบบในรูปแบบ Content Management System (CMS) โดยใช้โครงสร้าง MVC (Model-View-Controller) ด้วย PHP CodeIgniter Framework เพื่อให้มีความยืดหยุ่นและสามารถขยายเพิ่มเติมได้ในอนาคต

(1.11) ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ของสถาบัน

(1.12) ระบบรองรับการลบข้อมูลแบบ Soft Delete โดยไม่ลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูลถาวร

(1.13) ติดตั้งเครื่องมือบริหารจัดการข้อมูลส่วนบุคคล (Cookie Consent Management) ตามข้อกำหนดของสถาบัน

(1.14) ปฏิบัติตามพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 (PDPA) โดย

- รองรับการจัดการคำขอของเจ้าของข้อมูล เช่น การเข้าถึง แก้ไข หรือการลบข้อมูล
- จัดทำและแสดงนโยบายความเป็นส่วนตัว (Privacy Policy) บนเว็บไซต์

(1.15) ดำเนินการด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ ดังนี้

- ใช้การเข้ารหัสข้อมูลด้วย SSL/TLS
- ทดสอบความปลอดภัยของระบบตามมาตรฐาน OWASP เช่น Injection, Broken Authentication, Cross-Site Scripting (XSS)

(1.16) ส่วนการแสดงผล (Frontend)

- พัฒนาเว็บไซต์หลัก (Homepage) ประกอบด้วยข้อมูลเตือนการระบาดโรคและแมลงศัตรูพืช ข้อมูลผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน ระบบคลินิกพืช ระบบสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ และระบบค้นหาข้อมูล

- จัดทำระบบแจ้งเตือนการระบาดรายเดือนในรูปแบบปฏิทิน

- พัฒนาระบบแสดงรายการผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน พร้อมรูปภาพ ข้อมูลสรุป และฟังก์ชันการกรองข้อมูล (Filter)

- กำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล แยกเป็นผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ใช้งานภายใน

- แสดงรายละเอียดผลิตภัณฑ์ ครอบคลุมข้อมูลด้านพืช จุลินทรีย์ สารสำคัญ วิธีใช้ ประสิทธิภาพ ต้นทุน และสถานะทางกฎหมาย

- พัฒนาระบบคลินิกพืช โดยอ้างอิงจากเว็บไซต์ plantpathology.hrdi.or.th

- พัฒนาระบบสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ โดยเชื่อมโยงข้อมูลสินค้า วิดีโอแนะนำ และลิงก์สั่งซื้อผ่าน Line

- พัฒนาระบบค้นหาข้อมูลในเว็บไซต์ให้ครอบคลุมทุกหมวดข้อมูล

(1.17) ส่วนการจัดการระบบ (Backend Administration)

- พัฒนาระบบจัดการเนื้อหาสำหรับผู้ดูแลระบบ เพื่อปรับปรุงข้อมูลบนเว็บไซต์

- พัฒนาระบบจัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และฟีโรโมน รองรับการนำเข้า แก้ไข ลบ และอัปโหลดไฟล์แนบ (Word, PDF, รูปภาพ, วิดีโอ)

- พัฒนาระบบบริหารสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานแต่ละประเภท

- พัฒนาระบบนำเข้าข้อมูลคลินิกพืชจากหนังสือ “คลินิกพืช” และสามารถแก้ไขเพิ่มเติมได้

- พัฒนาระบบจัดการข้อมูลการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชรายเดือน

- พัฒนาระบบจัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์ ราคา และวิดีโอแนะนำในส่วนสั่งซื้อผลิตภัณฑ์

- พัฒนาระบบตรวจสอบและอนุมัติข้อมูลก่อนเผยแพร่สู่สาธารณะ

(1.18) การนำเข้าข้อมูลในระบบเบื้องต้น

- นำเข้าข้อมูลผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนอย่างน้อย 1 ชุดข้อมูล

- นำเข้าข้อมูลคลินิกพืชจากหนังสือ “คลินิกพืช” อย่างน้อย 1 ชุดข้อมูล

(2) การสนับสนุนและการฝึกอบรม

(2.1) จัดทำคู่มือสำหรับผู้ดูแลระบบอย่างละเอียด ครอบคลุมเครื่องมือและขั้นตอนการติดตั้ง

(2.2) จัดทำคู่มือการใช้งานสำหรับผู้ใช้งานแต่ละประเภท

(2.3) จัดอบรมผู้ใช้งาน พร้อมจัดส่งคู่มือและเอกสารฉบับสมบูรณ์ให้แก่สถาบัน โดยผู้พัฒนารับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด

(3) เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนา

(3.1) Windows Server

(3.2) MySQL เวอร์ชัน 8.0.38

(3.3) PHP เวอร์ชัน 8.2.29

(3.4) Microsoft Visual Studio Code

(3.5) Web Browser มาตรฐานทั่วไป

2) ติดตามสถานะการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตราย ชนิดที่ 2 ได้แก่ ชีวภัณฑ์และฟีโรโมนจากผลงานวิจัย ซึ่งผลิตโดยโรงชีวภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง (โรงงานต้นแบบ)

- ฟีโรโมนดึงดูดเพลี้ยไฟ *Microcephalothrips abdominalis* ของเบญจมาศ
- ฟีโรโมนดึงดูดผีเสื้อหนอนใยผัก *Plutella xylostella* ของพืชตระกูลคะน้า กะหล่ำและผักกาด

บันทึกข้อมูล

- สิ่งที่ดำเนินการได้ เช่น ร้อยละผลดำเนินงาน รายละเอียดกิจกรรม ปัญหาและอุปสรรค
- แผนดำเนินการระยะต่อไป

3.6 สถานที่ดำเนินงานวิจัย

3.6.1 แปลงเก็บตัวอย่างพืชหรือแปลงทดสอบ

1) สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่
2) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่
3) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่
4) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่
5) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย
6) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงถ้ำเวียงแก อ.สองแคว จ.น่าน
7) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงป่ากล้วย อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่
8) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่มะลอ อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่
9) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย
10) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงห้วยก้างปลา อ.แม่จัน จ.เชียงราย
11) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่จริม อ.สันติสุข จ.น่าน

3.6.2 ห้องปฏิบัติการ

1) ห้องปฏิบัติการด้านจุลชีววิทยา สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) อ.เมือง จ.เชียงใหม่
2) โรงชีวภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง อ.เมือง จ.เชียงใหม่

3.7 ระยะเวลาดำเนินงาน

ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2567-31 ธันวาคม 2568