

บทนำรวม

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผลงานวิจัยผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชผัก และสามารถกระตุ้นพืชให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีนั้น เป็นผลงานวิจัยที่ได้จากโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชเพื่อควบคุมโรค และแมลง และเพิ่มผลผลิตคุณภาพของพืชผัก ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553 จำนวนเงิน 1,586,500 บาท ซึ่งได้ทำการทดลอง ณ ตำบลทุ่งคอก อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี และบัดนี้ได้ทำการทดลองเสร็จสิ้นแล้วและอยู่ระหว่างการจัดทำรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โดยการทดลองเป็นการพัฒนาสูตรผสมจุลินทรีย์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมกับสารสกัดพืชที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรค และแมลงศัตรูพืชในระบบการผลิตพืชผักของเกษตรกร การศึกษาวิจัยมีทั้งระดับห้องปฏิบัติการ เรือนทดลอง และแปลงผลิตผักคะน้าของเกษตรกร โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาจากจากโครงการนี้จำนวน 10 สูตร โดยมีจำนวน 4 สูตรที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูผักคะน้า และให้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณสูงเช่นกัน โดยสามารถลดความเสียหายที่เกิดจากเชื้อสาเหตุโรคและแมลงศัตรูพืชได้ดีกว่ากรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชยังสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตให้มีจำนวนมากขึ้น และมีคุณภาพดีขึ้น มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อไร่ลดลงจาก 8,990 บาทต่อไร่ เหลือ 7,480 บาทต่อไร่ และได้กำไรเพิ่มขึ้นจาก 19,098 บาทต่อไร่ เป็น 28,608 บาทต่อไร่ จากรายละเอียดข้างต้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชซึ่งเป็นผลงานของทางโครงการวิจัยฯ แต่อย่างไรก็ดีผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชยังมีการใช้น้อยและ/หรือไม่มีการใช้ หรืออาจจะมีการใช้แบบไม่ถูกต้องปลอดภัย และเกิดประโยชน์สูงสุด

นอกจากนี้ระหว่างการศึกษาวิจัยก่อนเสร็จสิ้นโครงการเบื้องต้นก่อนการวิจัยต่อยอดและขยายผล คณะนักวิจัยได้จัดการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีของโครงการจำนวน 2 ครั้ง ณ องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านพราน อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง และองค์การบริหารส่วนตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง โดยแบบประเมินผลความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมพบว่า ผลการจัดฝึกอบรมให้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับดีถึงดีมาก และเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องมีความสนใจผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืช และต้องการใช้อย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งตั้งใจลงมือปฏิบัติอย่างจริงจัง และต้องการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้อย่างต่อเนื่อง

จึงเป็นสาเหตุให้ทางโครงการมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการศึกษาองค์ความรู้และกลไกเชิงลึกของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชผัก รวมถึงพัฒนาเทคนิควิธีการต่างๆ เพื่อให้จะให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโครงการมีประสิทธิภาพมากขึ้น และวิจัยต่อยอดรวมถึงการวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์และชัดเจนมากยิ่งขึ้น และเนื่องจากในปัจจุบันหลายประเทศผู้ส่งออกประสบปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อ Enterohaemorrhagic *E. coli* O104H ในผลผลิตพืชผักสด เป็นเหตุให้เกิดปัญหาด้านการส่งออกเป็นอย่างมาก และเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ทางโครงการต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชเพื่อเป็นการยืนยันถึงความปลอดภัยของผลผลิตจากโครงการ ตลอดจนประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืช และทางโครงการฯ จึงเล็งเห็นความสำคัญของการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร สินค้าได้มาตรฐานปลอดภัย เป็นที่ต้องการของประเทศคู่ค้า และการสร้างรายได้ให้

ชุมชน โดยผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชสามารถนำไปปรับใช้ร่วมกับกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรได้ และสามารถลดต้นทุนจากค่าใช้จ่ายในส่วนของการใช้สารเคมี และประเด็นหลักคือเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชผักของประเทศให้สูงขึ้น และมีมาตรฐานมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 พัฒนาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยลดการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีควบคุมโรค และแมลงศัตรูพืช เพื่อผลผลิตพืชผักปลอดภัย ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตพืชที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.2 พัฒนาต่อยอดและศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรค และแมลงศัตรูพืชผักที่สำคัญ และกลไกพิเศษเฉพาะสูตรผลิตภัณฑ์

2.3 พัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus thuringiensis* (Bt) ผสมสารสกัดค้ำควาดำเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก

2.4 พัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดหนอนตายหยากเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก

2.5 ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่ผสมปุ๋ยคอกเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี

2.6 ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และสารสกัดพืชในระดับแปลงเกษตรกร และจัดทำแปลงสาธิตเพื่อขยายผลความสำเร็จของโครงการ

2.7 การจัดฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และสารสกัดพืชชนิดใหม่ที่ได้รับจากการพัฒนาต่อยอดงานวิจัย รวมทั้งส่งเสริมสนับสนุนให้เกษตรกร และ/หรือชุมชนสามารถผลิตใช้เองได้ และการผลิตคู่มือการเกษตรเพื่อการเผยแพร่เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

3. รายละเอียดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อย

แผนงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาและถ่ายทอดผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชสำหรับผลิตพืชผักปลอดภัยและใช้ในชุมชน ประกอบด้วยโครงการย่อย 3 โครงการ คือ โครงการย่อยที่ 1 เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชเพื่อปรับปรุงสุขภาพพืช โครงการย่อยที่ 2 เรื่อง ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดค้ำควาดำผสมบาซิลลัส ทูรินจिएนซิส (บีที) เพื่อจัดการแมลงศัตรูผัก และโครงการย่อยที่ 3 เรื่อง ศักยภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก ซึ่งทั้ง 3 โครงการมีวัตถุประสงค์หลักเดียวกัน เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมกับสารสกัดพืชที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรค และแมลงศัตรูพืชในระบบการผลิตพืชผัก โดยแต่ละโครงการจะมีการศึกษาตั้งแต่ระดับเบื้องต้นจนถึงระดับข้อมูลเชิงลึก เพื่อที่จะนำองค์ความรู้ที่ได้มาปรับใช้ในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละโครงการจะมีการทดสอบประสิทธิภาพของกรรมวิธีที่พัฒนาได้ เช่น สายพันธุ์เชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช หรือประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชธรรมชาติ โดยคณบดีนักวิจัยจะมีการ

ประชุม และร่วมกันบูรณาการกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพของแต่ละโครงการ เพื่อพัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด และสามารถนำไปใช้ใน ระบบการผลิตพืชผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นรูปธรรม นอกจากนี้จะไม่พัฒนาเฉพาะกรรมวิธีที่ดีที่สุด แต่จะศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ของกรรมวิธีอื่นๆ ด้วย เนื่องจากผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรก็จะมีกลไกและการทำงานที่ โดดเด่นแตกต่างกัน ซึ่งสามารถที่จะนำผลิตภัณฑ์ไปพัฒนาต่อยอดได้เพื่อใช้ในลักษณะอื่นต่อไป

4. ประโยชน์ที่ได้รับ

4.1 ระบบการจัดการโรคและแมลงศัตรูพืชแบบผสมผสานที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์เชื้อผสมจุลินทรีย์หลาย สายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช ที่มีการศึกษาและพัฒนาในรูปแบบ (formulation) ภายใต้แผนงาน วิจัยนี้ ร่วมกับการจัดการศัตรูพืชวิธีต่างๆ

4.2 ชีวผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช หรือ ผลิตภัณฑ์ที่นำมาผสมกับปุ๋ยคอก ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ง่าย สะดวก และใช้ได้กับทุกขั้นตอนการผลิต พืช

4.3 กรรมวิธีหรือเทคโนโลยีของการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสาร สกัดพืช และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชผสมปุ๋ยคอก สามารถลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มปริมาณ อาหารคุณภาพปลอดภัย

4.4 แนวทางการนำต้นแบบผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ของโครงการฯ ไปผลิตในระดับอุตสาหกรรม

4.5 เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชผักแบบผสมผสาน และการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์และสารสกัดพืชที่มี ประสิทธิภาพ ต้นทุนต่ำ ปลอดภัย สามารถถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปปฏิบัติได้เอง ร่วมกับวิธีการดั้งเดิม

4.6 เกษตรกรและผู้สนใจได้รับความรู้ในเรื่องกระบวนการผลิตและความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยี การควบคุมศัตรูพืชแบบผสมผสาน และยอมรับเทคโนโลยีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตพืช

4.7 เกษตรกรตระหนักถึงพิษภัยของสารเคมี และเห็นถึงประโยชน์ของการใช้จุลินทรีย์สุขภาพพืชและ สารสกัดพืชในระบบการผลิตพืชด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพสูงที่สุด นอกจากนี้จะสามารถเพิ่ม จำนวนเกษตรกรที่ลดการใช้สารเคมีและสารสังเคราะห์และนำจุลินทรีย์สุขภาพพืชเข้าร่วมในระบบการปลูกพืช ให้ถูกต้องและเหมาะสมทดแทนการใช้สารเคมี รวมทั้งการตัดสินใจใช้สารเคมีได้อย่างถูกต้องปลอดภัย

4.8 เกิดความเชื่อมโยงระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และผู้เกี่ยวข้อง ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมกับสารสกัดพืชที่มีศักยภาพส่งเสริมการผลิตพืชอาหาร ปลอดภัย

4.9 เกษตรกรมีความตระหนักและเห็นคุณค่าของการรักษาสิ่งแวดล้อม มีการปรับเปลี่ยนแนวการ ปฏิบัติในการปลูกพืชที่ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม โดยคาดว่าจะมีจำนวนเกษตรกรที่หันมาใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสม จุลินทรีย์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมกับสารสกัดพืชเพิ่มขึ้นจากเดิม

4.10 ใต้คู้มือ แนวทางและวิธีการลดการใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชในระบบการผลิตพืชผักแบบบูรณาการด้านการควบคุมโรคและแมลง เพื่อผลผลิตพืชผักปลอดภัย

4.11 ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมกับสารสกัดพืชที่ได้ไปผลิตในระดับอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ และปรับใช้ในการผลิตพืชผักคุณภาพปลอดภัย

4.12 เกิดความเชื่อมโยงระหว่างนักวิชาการ นักส่งเสริมการเกษตรกับกลุ่มเป้าหมาย คือ เกษตรกร นักวิจัย และนักวิชาการ

4.13 สินค้าเกษตรได้รับมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งในและต่างประเทศ และมีศักยภาพในการแข่งขันเพื่อลดการนำเข้าสินค้าเกษตรจากต่างประเทศ

5. หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

5.1 เกษตรกรสามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ในการควบคุมศัตรูพืชผักได้โดยตรง

5.2 กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร และหน่วยงานอื่นๆ ที่สนใจ

5.3 บริษัทผู้ส่งออกสินค้าเกษตร

5.4 กลุ่มเกษตรกรต่างๆ

5.5 หน่วยงานอื่นที่สนใจ

โครงการย่อยที่ 1 เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชเพื่อปรับปรุงสุขภาพพืช

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2555 จำนวนเงิน 1,718,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ กรกฎาคม 2555 ถึง กรกฎาคม 2556

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร. สุตฤดี ประเทืองวงศ์	ภาควิชาโรคพืช	คณะเกษตร	โทร. 0-2942-8044
ดร. สุพจน์ กาเข็ม	ภาควิชาโรคพืช	คณะเกษตร	โทร. 0-2942-8044
ดร. ดุสิต อธิวัฒน์	สาขาวิชาการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		
น.ส. วิลาวรรณ เชื้อบุญ	ภาควิชาโรคพืช	คณะเกษตร	โทร. 0-2942-8044
น.ส. มะริดา ชูรินทร์	ภาควิชาโรคพืช	คณะเกษตร	โทร. 0-2942-8044
น.ส. ลาวัลย์ กลัดสุวรรณ	ภาควิชาโรคพืช	คณะเกษตร	โทร. 0-2942-8044
น.ส. สุนันทนาถ นุราภักดิ์	ภาควิชาโรคพืช	คณะเกษตร	โทร. 0-2942-8044

บทนำ

การพัฒนาและประยุกต์ใช้จุลินทรีย์สุขภาพพืชในระบบการผลิตพืชผักเพื่อลดและ/หรือทดแทนการใช้สารเคมีควบคุมโรคพืช ถือเป็นวิธีการทางเลือกที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาอย่างแพร่หลาย จุลินทรีย์สุขภาพพืชหลากหลายสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากสภาพธรรมชาติจะมีคุณสมบัติและกลไกในการส่งเสริมสุขภาพพืชแตกต่างกัน ทั้งในลักษณะการเป็นเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ควบคุมโรค (antibiosis, competition, induced systemic resistance) การส่งเสริมเพิ่มพูนการเจริญเติบโต (plant growth promoting, bio-fertilizer, plant growth regulator production) และการบำรุงฟื้นฟูสุขภาพพืชให้แข็งแรง (bio-remediator) จากสภาพความเครียดต่างๆ พืชที่มีการนำจุลินทรีย์สุขภาพพืชต่างๆ เหล่านี้ไปปรับใช้ร่วมในระบบการผลิตจะมีสุขภาพแข็งแรง เจริญเติบโต และให้ผลผลิตอย่างเต็มศักยภาพ โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีหรือปุ๋ยเคมีมากเกินไป อันเป็นการลดปัญหาสุขภาพของเกษตรกรผู้ปลูก และผู้บริโภค การลดปัญหาผลกระทบของสารเคมีต่อสภาพแวดล้อม และลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร

การศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องของภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยรองศาสตราจารย์ ดร.สุตฤดี ประเทืองวงศ์ และคณะ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียปฏิปักษ์จากแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจสำคัญได้หลากหลายชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ผัก ข้าว ข้าวโพด และพบว่าเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ *Bacillus amyloliquafaciens* KPS46 และ *Paenibacillus pabuli* SW01/4 (แยกจากถั่วเหลือง) *Serratia marcescens* Spt360 (แยกจากดินจอมปลวก) และ *Pseudomonas fluorescens* SP007s และ *Bacillus* sp. SP009s (แยกจากกะหล่ำดอก) จะมีประสิทธิภาพในด้านการส่งเสริมสุขภาพพืชแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ ชนิดพืช และวิธีการปรับใช้ในระบบการปลูก โดยจากการศึกษาวิจัยการประยุกต์ใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. amyloliquafaciens* KPS46

Paenibacillus pabuli SW01/4 ในระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสด พบว่าสามารถลดการเกิดและความรุนแรงของโรคสำคัญของถั่วเหลือง (โรคแอนแทรคโนส ใบจุดหนูน ไวรัส และรากเน่าโคนเน่า) ได้ดี / ทดเทียมการใช้สารเคมี ตลอดจนเพิ่มพูนปริมาณและคุณภาพผลผลิตถั่วเหลืองฝักสดส่งออกได้อย่างแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใช้แบคทีเรียปฏิบั้กษดังกล่าว ด้านการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียปฏิบั้กษในระบบการผลิตพืชผักโดยการใช้แบคทีเรียปฏิบั้กษ 2 สายพันธุ์ คือ *P. fluorescens* SP007s และ *Bacillus* sp. SP009s ในแปลงปลูกกะหล่ำดอก และคะน้า พบว่ากรรมวิธีการคลุกเมล็ดก่อนปลูก และการพ่นใบที่ระยะต่างๆ ด้วยเชื้อแบคทีเรียปฏิบั้กษสามารถลดการระบาดของโรคผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถชักนำและกระตุ้นภูมิต้านทานโรคของพืชผัก ตลอดจนได้ผลผลิตคุณภาพเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ยังพบว่าการใช้จุลินทรีย์ในระบบการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานให้ผลผลิตสูงที่สุดและสูงกว่ากรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติ และโปรแกรมการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานที่มีการใช้แบคทีเรียปฏิบั้กษเข้าร่วมยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตพืช และจำนวนครั้งที่พ่นสารเคมีได้อีกด้วย นอกจากนี้การทดลองกับแปลงปลูกคะน้า พบว่าระบบการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานสามารถส่งเสริมการเจริญของคะน้าในส่วนของน้ำหนัก ความสูง ความยาวใบ และความกว้างใบได้ดี และสามารถควบคุมโรคสำคัญของคะน้าได้ทุกชนิด และเพิ่มผลผลิตคุณภาพพร้อมขาย (Marketable yield) ได้ดีกว่ากรรมวิธีแบบดั้งเดิม

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อการพัฒนาต่อยอดที่มุ่งเน้นการนำเชื้อจุลินทรีย์ปฏิบั้กษและจุลินทรีย์สุขภาพพืชสายพันธุ์ต่าง ๆ ของโครงการฯ ที่ผ่านการทดสอบคุณสมบัติและศึกษากลไกขั้นพื้นฐานแล้ว ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ แปลงทดลอง และการนำไปถ่ายทอดให้เกษตรกรใช้จริง โดยจะนำมาพัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์ผสมระหว่างเชื้อจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ หรือการนำเชื้อจุลินทรีย์มาผสมกับสารสกัดจากพืชเพื่อใช้ในการปรับปรุงสุขภาพพืช ลดการระบาดของเชื้อสาเหตุโรค และได้ผลผลิตที่ปลอดภัย ซึ่งจากการศึกษาวิจัยในปีที่ผ่านมาของโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชเพื่อควบคุมโรคและแมลง และเพิ่มผลผลิตคุณภาพของพืชผัก ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553 นั้น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาจากจากโครงการนี้จำนวน 10 สูตร โดยมีหลายสูตรที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคคะน้าแต่ละชนิด และกระตุ้นให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพและปริมาณสูง โดยสามารถลดความเสียหายที่เกิดจากเชื้อสาเหตุโรคและแมลงศัตรูพืชได้ดีกว่ากรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติมาอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีข้อสังเกตว่าผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรนั้นจะมีข้อดีหรือลักษณะที่โดดเด่นแตกต่างกัน เช่น มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคทางใบ มีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของโรคทางดิน ประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโต รวมถึงการชักนำให้คะน้าให้ผลผลิตสูงขึ้นตลอดทั้งปีทางโครงการจึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่โดดเด่นให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากเดิม มาอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น และเกษตรกรสามารถเลือกใช้ผลิตภัณฑ์กับความต้องการ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีหลายคุณลักษณะเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดรายจ่ายของเกษตรกรลง และใช้ผลิตภัณฑ์เท่าที่จำเป็น

นอกจากนี้ทางโครงการฯ จะนำสูตรผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชโดยนำไปผสมกับปุ๋ยคอกที่เกษตรกรในชุมชนใช้อยู่ประจำ โดยทางโครงการฯ จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์

ใหม่ คือปุ๋ยคอกผสมจุลินทรีย์และสารสกัดพืช ซึ่งคาดว่าจะมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเชื้อโรคพืช และส่งเสริมสุขภาพพืช และสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี เช่น ยูเรีย ของเกษตรกรได้ เนื่องจากทางโครงการมีประสบการณ์การพัฒนาปุ๋ยคอกผสมจุลินทรีย์เพื่อใช้ในนาข้าว และได้รับการตอบรับอย่างดีมาากแล้ว หลังการศึกษาวิจัยเสร็จสิ้นจะจัดการฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี องค์ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช และส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์ และขยายผลต่อยอดงานวิจัยในรูปแบบแปลงสาธิต เพื่อผลักดันให้เป็นการสร้างรายได้ของชุมชน และเกษตรกรใช้ผลิตภัณฑ์กันอย่างสม่ำเสมอและเป็นรูปธรรม

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันปริมาณและคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรที่ผลิตได้ในประเทศไทยโดยเฉพาะพืชผักยังอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานที่ควรจะเป็น และคุณภาพผลผลิตส่วนใหญ่ยังไม่ตรงตามความต้องการของผู้ซื้อหรือประเทศคู่ค้า ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในระบบการผลิต ได้แก่ พันธุ์ที่ใช้ปลูก สภาพแปลงปลูก ระบบการปลูกและการจัดการศัตรูพืช ซึ่งเกษตรกรผู้ที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่ขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดการศัตรูพืช เป็นสาเหตุให้มีการใช้สารเคมีทางการเกษตรมากเกินไป เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิต สิ่งแวดล้อม และสุขภาพผู้ใช้และผู้บริโภค ตลอดจนปัญหาการดื้อต่อสารเคมีของเชื้อสาเหตุโรคและแมลงศัตรูพืช จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ผลักดันให้คณะผู้วิจัยวางแผนศึกษาเกี่ยวกับการผลิตพืชผักอย่างปลอดภัย ด้วยวิธีการใช้จุลินทรีย์และสารสกัดธรรมชาติจากพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีรายงานว่าสามารถนำมาใช้ทดแทนสารเคมีควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชได้ดีทัดเทียมการใช้สารเคมี แต่อย่างไรก็ตามการนำจุลินทรีย์และสารสกัดพืชมาปรับใช้ในระบบการผลิตพืช ยังคงเป็นปัญหามากสำหรับเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการใช้อัตรการใช้ที่เหมาะสม การรักษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้คงทน และที่สำคัญการใช้สารสกัดพืชและจุลินทรีย์บางชนิดร่วมกันอาจส่งผลทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ เนื่องจากสารสกัดพืชบางชนิดนอกจากจะมีผลต่อแมลงศัตรูพืชแล้วยังมีผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งหากมีผลต่อจุลินทรีย์ในกลุ่มเชื้อสาเหตุโรคพืชก็จะเป็นการส่งเสริมให้การควบคุมโรคพืชมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่ถ้ามีผลยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์จะเป็นผลให้การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบการผลิตพืชจะไม่เกิดผลสำเร็จ นอกจากนี้การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีกลไกต่าง ๆ มาผสมกันหลายสายพันธุ์ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโรคพืช และส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชได้ดีมากยิ่งขึ้น

ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน มีการนำจุลินทรีย์สุขภาพพืชที่แยกได้จากธรรมชาติมาใช้ควบคุมโรค และชักนำให้พืชเกิดภูมิต้านทานโรคและแมลงพาหะนำโรคต่าง ๆ ได้ เช่น การชักนำให้พืชเจริญเติบโตและควบคุมโรคถั่วเหลืองหลายชนิด เช่น โรคใบจุดหนูน (เกิดจาก *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) แอนแทรคโนส (*Colletotrichum truncatum*) โรคไวรัส (SMV และ SCLV) เน่าคอดิน (*Pythium* sp. และ *Rhizoctonia solani*) และโรคที่ระบบรากอื่น ๆ (*Fusarium oxysporum*, *F. solani* และ *Sclerotium rolfsii*) โรคเน่าคอดินของอะคาเซียและสัก (*P. aphanidermatum*) ใบจุดแบคทีเรียของงา (*Pseudomonas syringae* pv. *sesame*) โรคใบจุดทานตะวัน (*Alternaria* spp.) ใบไหม้

ข้าวโพด (*Bipolaris maydis*) ใบไหม้ของหน้าวัว (*X. axonopodis* pv. *dieffenbachiae*) โรคเน่าและกะหล่ำดอก (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*) โรคขอบใบทอง (*X. campestris* pv. *campestris*) เป็นต้น (นันทิยา และคณะ, 2550; สุดฤดี และคณะ, 2550; Prathuangwong *et al.*, 2005) ซึ่งแนวโน้มการนำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพสำหรับควบคุมโรคและแมลง และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่าง ๆ ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีศักยภาพในการนำมาปรับใช้ในระบบการผลิตพืชปลอดภัย และลดการใช้สารเคมี โดยคุณสมบัติหรือประสิทธิภาพของจุลินทรีย์แต่ละชนิดในการควบคุมโรคและส่งเสริมสุขภาพพืชจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับกลไกและบทบาทของจุลินทรีย์หรือผลิตภัณฑ์ชีวภาพชนิดนั้น ๆ จุลินทรีย์บางชนิดมีคุณสมบัติเป็นเชื้อปฏิปักษ์ควบคุมโรค บางชนิดมีคุณสมบัติในการผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโต ส่งเสริมการใช้ธาตุอาหารพืช และกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคให้กับพืช (El-Hassan *et al.*, 2004) ซึ่งนอกจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชแล้ว คณะผู้วิจัยยังเคยศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิด เช่น ค้างคาวดำ และหนอนตายหยาก พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่สำคัญหลายชนิด เช่น เพลี้ยอ่อนถั่ว เพลี้ยอ่อนข้าวโพด หนอนเจาะฝักถั่ว หนอนใยฝัก ดั่งหมัดฝัก และหนอนกระทุ้งฝัก จึงเกิดแนวคิดที่จะนำเชื้อจุลินทรีย์สุขภาพพืชและสารสกัดจากพืชท้องถิ่นมาใช้ร่วมกันในระบบการปลูกพืชผักต่อไป

การนำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์แต่ละชนิดไปใช้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพของเชื้อนั้น ซึ่งจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาโครงการฯ ได้มีการศึกษาและพัฒนาสูตรสำเร็จที่ง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้ 2 สูตรคือ สูตรสำเร็จผลิตภัณฑ์เชื้อปฏิปักษ์ *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ KPS46 และ *Pseudomonas fluorescens* SP007s สูตรผงพร้อมใช้ และสูตรผงหัวเชื้อเพิ่มปริมาณ ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ส่งเสริมความแข็งแรง ชักนำและกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันให้กับพืชหลากหลายชนิด (สุดฤดี และคณะ, 2548; ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2550; Prathuangwong *et al.*, 2005) ที่สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบการจัดการโรคพืชเศรษฐกิจแบบดั้งเดิมได้ ตั้งแต่การใช้คลุกเมล็ด (Kasem and Prathuangwong, 2007) เพื่อช่วยในการป้องกันเชื้อโรคในดินเข้าทำลาย และลดอัตราเสียหายที่อาจเกิดจากเชื้อที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ การพ่น เพื่อควบคุมโรคและทดแทน หรือลดปริมาณการใช้สารเคมี ตลอดจนลดความเสี่ยงต่อการตกค้างของสารเคมีในผลผลิต (Prathuangwong *et al.*, 2009b; Prathuangwong, 2009) รวมทั้งยังสามารถลดต้นทุนและเพิ่มมูลค่าผลผลิตได้อีกทางหนึ่งด้วย (ชัยสิทธิ์, 2550)

การพัฒนาสูตรสำเร็จผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และสารสกัดพืชจึงถือเป็นขั้นตอนหรือกระบวนการสำคัญที่จะสามารถส่งเสริมให้การนำจุลินทรีย์สายพันธุ์คุณภาพต่าง ๆ และสารสกัดพืชไปปรับใช้ในระบบการผลิตพืชผักได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเฉพาะการที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้และขยายผลได้ด้วยตนเองในชุมชน ซึ่งผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญหรือการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ขณะนำไปใช้กับพืช สามารถรักษาหรือคงความมีชีวิตรอดของเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดจนส่งเสริมประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในกลไกที่มีประโยชน์ต่อพืชต่าง ๆ ได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับการดำเนินงานของโครงการฯ และเป็นแนวทางที่จะประสบความสำเร็จสูงในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสาร

สกัดพืช ให้เหมาะสมกับและสะดวกต่อการนำไปใช้เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนหรือลดจำนวนครั้งในการใช้ นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มจะสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

1. พัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

จากผลการทดลองในปีที่ 1 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เชื้อผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชมีประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืชและเพิ่มผลผลิตพืชผัก โดยการทดลองในปีที่ 2 นี้เป็นการยืนยันประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ และศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรมาวิเคราะห์และทำการพัฒนาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น เตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์เพื่อใช้ผสมปุ๋ยคอก โดยนำแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ที่ผ่านการชักนำการต้านทานสารปฏิชีวนะ (antibiotic marker) เลี้ยงบนอาหาร nutrient glucose agar ซึ่งผสมสารปฏิชีวนะที่เหมาะสมแต่ละชนิดและบ่มเชื้อที่สภาพอุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง ย้ายเชื้อ 1 loop แยกเลี้ยงในอาหารเหลว nutrient glucose broth (NGB: beef extract 3 กรัม bacto-peptone 5 กรัม glucose 2.5 กรัม ในปริมาตรน้ำ 1 ลิตร) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใน flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่า 150 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง (28-30°C) นาน 24 ชั่วโมง ปั่นตกตะกอนเซลล์ 8,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำตะกอนเซลล์แบคทีเรียมาละลายด้วยน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร เพื่อใช้เป็น stock cell-suspension นำไปเจือจางด้วยน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อ ปรับความเข้มข้นที่ OD₆₀₀ เท่ากับ 0.3 (ความเข้มข้นของเซลล์ประมาณ 1×10^{13} cfu/ml) ส่วนเชื้อราปฏิชีวนะเลี้ยงในอาหาร potato dextrose agar ที่ความเข้มข้นของ spore เท่ากับ 10^8 spore/ml หลังจากนั้นนำเชื้อจุลินทรีย์ที่เลี้ยงในแต่ละกรรมวิธีไปผสมกับสารสกัดพืช และสารพาซึ่งประกอบด้วย ผงคาโอลิน (kaolin) 70 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 15 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) 5 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (CMC) 5 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) 1 เปอร์เซ็นต์ สารละลายธาตุเหล็ก (Fe₃SO₄ · 7H₂O) 2 เปอร์เซ็นต์ และสารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารพาให้มีการกระจายตัว (Deshefix) 2 เปอร์เซ็นต์ เขย่าให้เป็นเนื้อผสมเดียวกัน นำส่วนผสมที่ได้เข้าเครื่อง Hot air oven เพื่อลดความชื้นให้อยู่ที่ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ แล้วบรรจุลงถุง

1.1 ทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิชีวนะแบบผสมหลายสายพันธุ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคของคะน้า ด้วยวิธี dual culture และ paper disc (ตารางที่ 1)

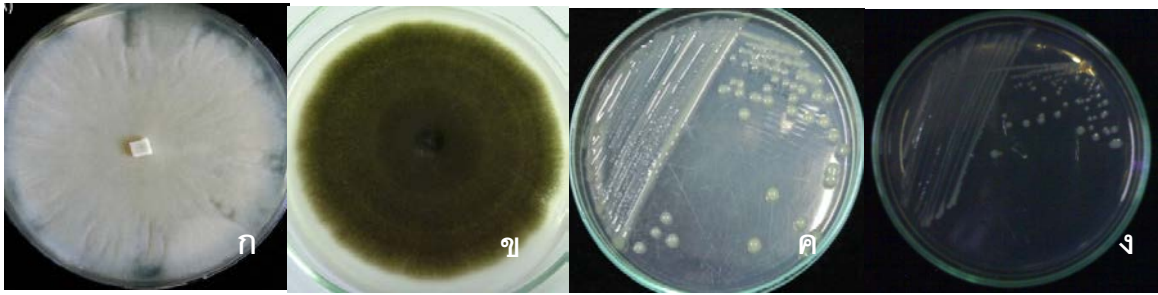
ตารางที่ 1 กรรมวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และสูตรจุลินทรีย์ผสมกับสารสกัดพืชในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคของคะน้า ด้วยวิธี dual culture และ paper disc

Treatment	Description ^{1/}
T1	KPS46+ SW01/4
T2	KPS46+ SW01/4+ SP007s
T3	KPS46+ SW01/4+ <i>Tacca</i> crude extract
T4	KPS46+ SW01/4+ SP007s+ <i>Tacca</i> crude extract
T5	KPS46+ SW01/4+ <i>Stemona</i> crude extract
T6	KPS46+ SW01/4+ SP007s+ <i>Stemona</i> crude extract
T7	KU52+SP007s
T8	P38+TC42
T9	Chemical control
T10	Control

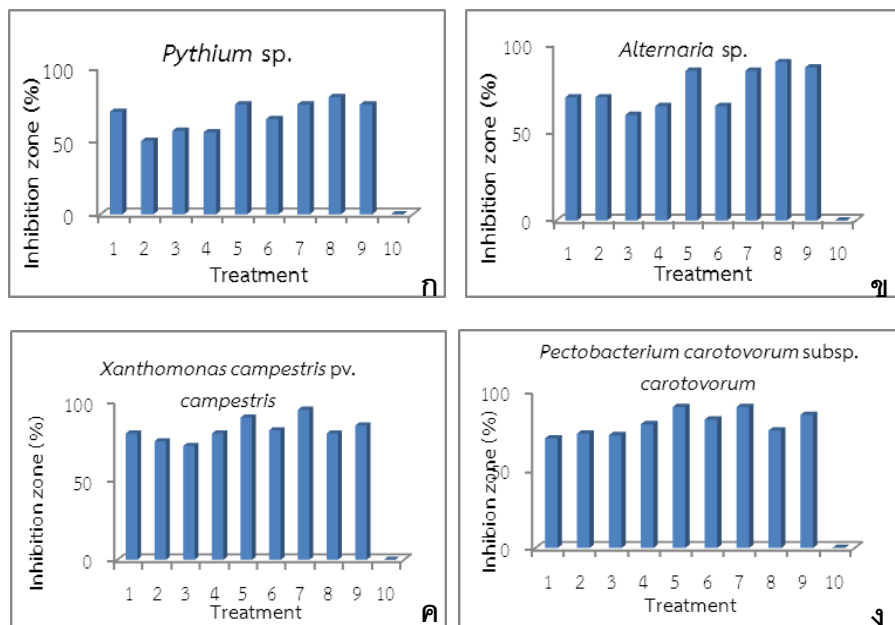
^{1/} KPS46 = *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46, SW01/4 = *Paenibacillus pabuli*, SP007s= *Pseudomonas fluorescens* SP007s, KU52 = *Bacillus thuringiensis*, P38 = *Bacillus licheniformis* และ TC42 = *Trichoderma* spp.

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

โรคระบาดที่สำคัญของคะน้า ได้แก่ โรคเน่าคอดิน (Damping-off) เกิดจาก *Pythium* sp. โรคขอบใบทอง (Black rot) เกิดจาก *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* โรคเน่าและ (Soft rot) เกิดจาก *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* และใบจุดอัลเทอร์นาเรีย (*Alternaria* leaf spot) เกิดจาก *Alternaria* sp. (ภาพที่ 1) เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในการควบคุมการเจริญของ *Pythium* sp. และ *Alternaria* sp. ด้วยวิธี dual culture พบว่ากรรมวิธี T8 (P38+TC42) สามารถควบคุมโรคได้ดีที่สุด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคได้เฉลี่ยเท่ากับ 80 และ 90 % ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อทดสอบการยับยั้งการเจริญของ *X. campestris* pv. *campestris* และ *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* พบว่ากรรมวิธี T7 (KU52+ SP007s) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคได้ดีที่สุดด้วยวิธี paper disc เฉลี่ยเท่ากับ 95 และ 90 % ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 ลักษณะเส้นใยและโคโลนีของ *Pythium* sp. (ก) *Alternaria* sp. (ข) *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (ค) *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (ง)



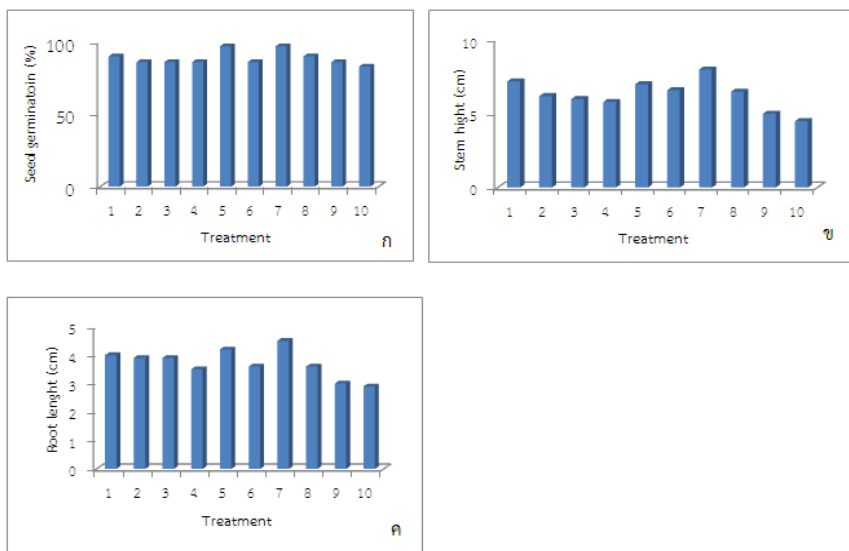
ภาพที่ 2 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช ในการยับยั้งการเจริญของโรคเน่าคอติน (ก) โรคใบจุดอัลเทอร์นาเรีย (ข) โรคขอบใบทอง (ค) และ โรคเน่าละของคะน้า (ง)

1.2 ทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์แบบผสมหลายสายพันธุ์ในการเจริญของคะน้า ทดสอบโดยการคลุกเมล็ดคะน้าก่อนปลูกในงานทดลอง แล้วตรวจผลเปอร์เซ็นต์ความงอก และการเจริญของคะน้าที่อายุ 7 วัน (ภาพที่ 3)

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

ผลการทดลองสูตรผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช สามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดคะน้าและการเจริญเติบโตของต้นคะน้าได้ดีในงานทดลอง พบว่า

กรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona* crude extract) และ T7 (KU52+ SP007s) สามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดคະນ້າได้ดี และเมื่อคະນ້ามีอายุ 7 วัน พบว่ากรรมวิธี T7 (KU52+ SP007s) สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในด้านความสูงต้นและความยาวรากได้ดีที่สุด โดยมีความสูงต้นและความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 8.0 และ 4.5 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือ กรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona* crude extract) และกรรมวิธี T1 (KPS46+ SW01/4) ตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช สามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ดคະນ້າ (ก) และส่งเสริมการเจริญของเมล็ดคະນ້าที่อายุ 7 วัน พบว่าความสูงของลำต้น (ข) และความยาวของรากในกรรมวิธี T7 (KU52+ SP007s) เจริญได้ดีที่สุด รองลงมาคือกรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona* crude extract) (ค)

2. พัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมปุ๋ยคอกเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชให้ตรงตามความต้องการและลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร คือเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีการผสมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชรวมในปุ๋ยคอกผสมที่เกษตรกรสามารถผสมใช้ได้ด้วยตัวเอง และวิธีการที่ใช้สามารถใช้ร่วมกับสารเคมีอื่น ๆ และการปฏิบัติงานทุกขั้นตอนการผลิตพืชผัก ซึ่งประกอบด้วย

1. จุลินทรีย์สุขภาพพืชแบบผสม 2 สายพันธุ์ (KPS46 และ SW01/4) ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม
2. จุลินทรีย์สุขภาพพืชแบบผสม 3 สายพันธุ์ (KPS46, SW01/4 และ SP007s) ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม
3. จุลินทรีย์สุขภาพพืชแบบผสม 2 สายพันธุ์ (KPS46 และ SW01/4) ผสมสารสกัดค้ำควาดำ ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม
4. จุลินทรีย์สุขภาพพืชแบบผสม 3 สายพันธุ์ (KPS46, SW01/4 และ SP007s) ผสมสารสกัดค้ำควาดำ ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม

5. จุลินทรีย์สุขภาพพืชผสม 2 สายพันธุ์ (SW01/4 และ KPS46) สารสกัดหนอนตายหยาก ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม

6. จุลินทรีย์สุขภาพพืชแบบผสม 3 สายพันธุ์ (KU52 และ SP007S) สารสกัดหนอนตายหยาก ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม

7. จุลินทรีย์สุขภาพพืชผสม 2 สายพันธุ์ (SW01/4 และ KPS46) สารสกัดหนอนตายหยาก ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม

8. จุลินทรีย์สุขภาพพืชแบบผสม 3 สายพันธุ์ (P38 และ TC42) สารสกัดหนอนตายหยาก ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม

ทำการประเมิน วิเคราะห์ และคัดเลือกสูตรปุ๋ยคอกผสม ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชของโครงการฯ ทดสอบเบื้องต้นในห้องทดลองและเรือนทดลอง ได้แก่ การเพิ่มปริมาณ คงความมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สายพันธุ์ต่าง ๆ โดยการตรวจนับปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ที่มีชีวิตและใช้ร่วมกับปุ๋ยคอกผสม หลังจากนั้นนำสูตรผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่ผสมปุ๋ยคอกเรียบร้อยแล้วไปทดสอบในระดับแปลงเกษตรกร ร่วมกับผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชของโครงการร่วมด้วย พร้อมกับลดการใช้ปุ๋ยยูเรียจากที่ชุมชนใช้ลงครึ่งหนึ่ง และไม่ใช้ปุ๋ยยูเรียร่วมในระบบการปลูกผักเลย มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่ผสมปุ๋ยคอกเรียบร้อยแล้ว ร่วมกับปุ๋ยยูเรียครึ่งหนึ่งของที่เกษตรกรเคยปฏิบัติ

2. ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่ผสมปุ๋ยคอกเรียบร้อยแล้ว โดยไม่ใช้ปุ๋ยยูเรียตลอดฤดูปลูก

เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยยูเรียเช่นเดียวกับเกษตรกรเคยปฏิบัติ ประเมินผลประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่ผสมปุ๋ยคอกในลักษณะของการส่งเสริมการเจริญเติบโต และผลผลิตรวมของพืชผักในระดับเรือนทดลอง

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

นำจุลินทรีย์ที่ผสมกับสารพาไปผสมกับปุ๋ยคอกที่ผลิตในชุมชนที่มีส่วนประกอบของมูลโค, มูลเป็ด และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 2 : 2 : 1 (w/w) ตามลำดับ หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์มาผสมกับปุ๋ยคอก อัตราส่วนโดยประมาณเท่ากับ 1: 300 (w/w) หรือ 3 ก./ปุ๋ยคอก 1 กก. คลุกเคล้าผสมให้เข้ากัน นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ฝังในที่ร่มเพื่อลดความชื้นให้อยู่ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ก่อนบรรจุลงกระสอบ (ภาพที่ 4)

ตารางที่ 2 แสดงการตรวจสอบจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 12 เดือน

Bacterial formula ^{1/}	Population density (cfu/ml)											
	Storage time (Month after incubation)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
KPS46+SW01/4	1.3X10 ¹³	1.2X10 ¹³	1.2X10 ¹³	1.0X10 ¹³	1.0X10 ¹³	1.4X10 ¹²	1.3X10 ¹²	1.1X10 ¹²	1.0X10 ¹¹	1.6X10 ¹⁰	1.5X10 ⁹	1.5X10 ⁹
KPS46+SW01/4+SP007S	1.3X10 ¹³	1.0X10 ¹³	1.0X10 ¹³	0.9X10 ¹³	0.8X10 ¹³	1.2X10 ¹²	1.2X10 ¹²	1.1X10 ¹²	1.4X10 ¹¹	1.9X10 ⁹	1.7X10 ⁹	1.5X10 ⁹
KPS46+SW01/4+TE	1.3X10 ¹³	1.3X10 ¹³	1.2X10 ¹³	1.0X10 ¹³	1.0X10 ¹³	2.1X10 ¹²	1.8X10 ¹²	1.7X10 ¹¹	1.5X10 ¹¹	2.5X10 ¹⁰	2.3X10 ¹⁰	1.8X10 ⁹
KPS46+SW01/4+SP007S+TE	1.3X10 ¹³	1.3X10 ¹³	1.0X10 ¹³	0.8X10 ¹³	1.7X10 ¹²	1.4X10 ¹²	1.0X10 ¹¹	1.0X10 ¹¹	0.8X10 ¹¹	1.9X10 ¹⁰	1.5X10 ¹⁰	1.8X10 ⁹
KPS46+SW01/4+SE	1.3X10 ¹³	1.3X10 ¹³	1.1X10 ¹³	1.0X10 ¹³	1.0X10 ¹³	0.8X10 ¹³	0.8X10 ¹³	1.4X10 ¹²	1.3X10 ¹²	1.5X10 ¹¹	2.1X10 ¹⁰	1.7X10 ⁹
KPS46+SW01/4+SP007S+SE	1.3X10 ¹³	1.1X10 ¹³	0.9X10 ¹³	0.7X10 ¹³	0.7X10 ¹³	0.6X10 ¹³	2.3X10 ¹²	2.0X10 ¹²	2.5X10 ¹⁰	2.0X10 ¹⁰	1.9X10 ⁹	1.5X10 ⁹
KU52+SP007S	1.3X10 ¹³	1.1X10 ¹³	1.1X10 ¹³	0.9X10 ¹³	0.8X10 ¹³	0.8X10 ¹³	0.6X10 ¹³	0.5X10 ¹³	1.4X10 ¹²	1.2X10 ¹²	1.0X10 ¹⁰	1.0X10 ⁹
P38+TC42	1.3X10 ¹³	1.0X10 ¹³	0.8X10 ¹³	0.7X10 ¹³	1.6X10 ¹²	1.3X10 ¹²	1.0X10 ¹¹	1.0X10 ¹¹	0.8X10 ¹¹	1.0X10 ¹⁰	1.5X10 ⁹	0.9X10 ⁹

^{1/} KPS46 = *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46, SW01/4 = *Paenibacillus pabuli*, SP007s= *Pseudomonas fluorescens* SP007s, KU52 = *Bacillus thuringiensis*, P38 = *Bacillus licheniformis* และ TC42 = *Trichoderma* spp.



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการผลิตจุลินทรีย์ผสมปุ๋ยคอก โดยสูตรดังกล่าวประกอบด้วยผงผลิตภัณฑ์หัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมลงในปุ๋ยคอก

สำหรับผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมปุ๋ยคอกที่ระยะการเก็บรักษา 12 เดือน พบว่ากรรมวิธีที่ 3 (KPS46+SW01/4+TE) และ 4 (KPS46+SW01/4+SP007S+TE) มีประชากรเชื้อคงเหลือมากที่สุด โดยคงปริมาณประชากรเชื้อได้สูงสุดเฉลี่ย 1.8×10^7 cfu/ml แสดงให้เห็นว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ที่มีประสิทธิภาพในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในวัสดุได้ดี และนำปุ๋ยคอกผสมจุลินทรีย์ไปทดสอบในระดับแปลงเกษตรกรต่อไป (ตารางที่ 2)

3. ศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ในการควบคุมโรคพืชผักและปรับปรุงสุขภาพพืชในระดับแปลงเกษตรกร และจัดทำแปลงสาธิตเพื่อขยายผลความสำเร็จของโครงการฯ

นำผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่ผ่านการพัฒนารูปแบบแล้ว รวมทั้งผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่ผสมปุ๋ยคอก มาทดสอบประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมโรคในระดับแปลงเกษตรกร ณ พื้นที่ปลูกที่ต้องการ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับปริมาณและคุณภาพของผลผลิต โดยนำผลผลิตมาชั่งน้ำหนักรวม และประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

3.1 การปลูกพืช และการวางแผนการทดลอง

การทดลองในสภาพแปลงทดลอง ฤดูกาลที่ 1 ทำการทดลองระหว่างเดือนสิงหาคม – ตุลาคม 2555 ณ ต. หุ้งคอก อ.สองพี่น้อง จ. สุพรรณบุรี ส่วนฤดูกาลที่ 2 ทำการทดลอง ณ ต. หอนงแม่ไก่ อ. โพธิ์ทอง จ. อ่างทอง ระหว่างเดือนมีนาคม – พฤษภาคม 2556 โดยเตรียมแปลงขนาด 4x8 ตารางเมตร และปลูกคะน้าพันธุ์ศรแดงหวานเมล็ดให้กระจายสม่ำเสมอทั่วแปลง การเตรียมดิน การให้น้ำ และปุ๋ย ปฏิบัติเช่นเดียวกับวิธีการของเกษตรกรที่เคยปฏิบัติมา โดยกรรมวิธีทดลองเป็นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช รวม 10 กรรมวิธี (รวมกรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติ และกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) แต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำ (ตารางที่ 3) โดยมีเทคโนโลยีการจัดการศัตรูคะน้าที่โครงการวิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วยปัจจัยกิจกรรมดังนี้

1. พ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดก่อนงอก บิวทาคลอร์ (butachol) อัตรา 84 กรัม สารออกฤทธิ์/พื้นที่ปลูก 1 ไร่ เพื่อกำจัดวัชพืช และพ่นสารคุมวัชพืชหลังงอกโปรปานิล (propanil) อัตรา 87.5 กรัม สารออกฤทธิ์/พื้นที่ปลูก 1 ไร่

2. คลุกเมล็ดค่น้ำพันธุ์เจียไต๋ ด้วยผลิตภัณฑ์เชื้อจุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์สูตรใหม่ของโครงการที่พัฒนาขึ้น อัตราส่วนของเมล็ดค่น้ำต่อผลิตภัณฑ์ 1 กรัม/เมล็ดค่น้ำ 1 กิโลกรัม ผสมสารจับใบ (Tension T7) อัตราส่วน 0.001% ต่อปริมาตร คลุกเคล้าให้เข้ากันและทิ้งให้แห้ง (ผึ่งลม) แล้วหว่านทันที

3. การพ่นใบด้วยผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ชนิดเดียวกับที่ใช้คลุกเมล็ด จำนวน 3 ครั้ง เมื่อค่น้ำอายุ 15 30 และ 45 วัน อัตราการใช้เท่ากับ 20 ต่อน้ำ 80 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่

4. การใส่ปุ๋ยคอกผสมเชื้อจุลินทรีย์ของโครงการ โดยทำการทดลอง 3 ชุด คือ แปลงทดลองชุดแรกใส่ปุ๋ยคอกกรองพื้นที่ผสมแบคทีเรีย (SP007s) ส่วนแปลงทดลองชุดที่สองไม่ใส่ปุ๋ยคอกกรองพื้นที่ และแปลงทดลองชุดที่สามใส่ปุ๋ยคอกกรองพื้นที่เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 3 กรรมวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และสูตรจุลินทรีย์ผสมกับสารสกัดพืชในสภาพไร่

Treatment	Description ^{1/}
1	KPS46+ SW01/4, FS at 15, 30, and 45 day
2	KPS46+ SW01/4+ SP007s, FS at 15, 30, and 45 day
3	KPS46+ SW01/4+ <i>Tacca</i> crude extract, FS at 15, 30, and 45 day
4	KPS46+ SW01/4+ SP007s+ <i>Tacca</i> crude extract, FS at 15, 30, and 45 day
5	KPS46+ SW01/4+ <i>Stemona</i> crude extract, FS at 15, 30, and 45 day
6	KPS46+ SW01/4+ SP007s+ <i>Stemona</i> crude extract, FS at 15, 30, and 45 day
7	BT+SP007s, FS at 15, 30, and 45 day
8	P38+Trichoderma, FS at 15, 30, and 45 day
9	Chemical treatment (Fungicide: mancozeb+ carbendazim+ ediphenphos+copper hydroxide; Insecticide: cypermethrin +abamectin benzoate+ flubendiamide)
10	Conventional treatment

^{1/} FS = foliar spray, KPS46 = *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46, SW01/4 = *Paenibacillus pabuli*, SP007s= *Pseudomonas fluorescens* SP007s, KU52 = *Bacillus thuringiensis*, P38 = *Bacillus licheniformis* และ TC42 = *Trichoderma* spp.

3.2 การประเมินประสิทธิภาพของสูตรผสมจุลินทรีย์ และสูตรผสมจุลินทรีย์กับสารสกัดพืช

บันทึกและประเมินผลการทดลองโดยเก็บข้อมูล 2 ลักษณะ คือ (1) ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง จากการสุ่มตัวอย่างค่น้ำจำนวน 10 ซ้ำ/กรรมวิธี (2)

ข้อมูลการระบาดของศัตรูพืช โรค และแมลง (evaluation of epidemic pests) เก็บตัวอย่างโรคค่น้ำและแมลงทุกชนิดที่เกิดขึ้นตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว สุ่มเก็บข้อมูลภายในกรอบไม้สี่เหลี่ยมขนาด 1 ตารางเมตรทั้งหมด 5 จุดต่อแปลงทดลอง นำมาคำนวณ Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) ของโรคแต่ละชนิด

สำหรับแมลงศัตรูผักค่น้ำที่สำคัญที่ทำความเสียหายมาก ได้แก่

1. ด้วงหมัดผัก ลักษณะการทำลายตัวอ่อนของด้วงหมัดผัก ชอบกัดกินหรือซ่อนไข่เข้าไปกินอยู่บริเวณโคนต้นหรือรากของผัก ส่งผลให้ผักเกิดอาการเหี่ยวเฉาและไม่เจริญเติบโต
2. หนอนใยผัก หนอนใย หรือตัวจรวด ตัวหนอนเมื่อฟักออกจากไข่จะอาศัยทะเล็มกัดกินอยู่ผิวใบ เมื่อหนอนโตขึ้น แผลกัดกินก็จะใหญ่ขึ้น ทำให้ผักเป็นรูพรุนเสียคุณภาพ
3. หนอนกระทู้ผัก หนอนชนิดนี้กินจุและกินอย่างรวดเร็ว ตัวหนอนเมื่อยังเล็กจะอยู่เป็นกลุ่มแทะกินผิวใบด้านล่างของผัก เมื่อโตขึ้นหนอนมักหลบซ่อนอยู่ตามใต้ใบยอด ซอกกาบใบ

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

การทดสอบในสภาพแปลง ฤดูปลูกที่ 1 ทำการทดลองระหว่างเดือนสิงหาคม – ตุลาคม 2555 ณ ต. ทุ่งคอก อ.สองพี่น้อง จ. สุพรรณบุรี พื้นที่ปลูกเป็นพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยแปลงมีลักษณะยกร่อง มีคูน้ำล้อมรอบแปลง และพื้นที่โดยรอบมีการปลูกใบเตยล้อมรอบ และแปลงถัดไปเป็นพื้นที่ปลูกข้าว โดยขนาดของแปลงมีขนาด 4x8 ตารางเมตร และปลูกค่น้ำพันธุ์เจียไต๋ หว่านเมล็ดให้กระจายสม่ำเสมอทั่วแปลง ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนเหนียว ใช้ระบบการให้น้ำแบบปล่อยน้ำรอบแปลงใช้เรือในการรดน้ำ หลังจากค่น้ำงอกประมาณ 3-4 สัปดาห์จะทำการถอนแยก และต้นที่ถอนนั้นจะนำไปขายเป็นรายได้เพิ่มเติมของเกษตรกร มักนิยมเรียกว่า ค่น้ำยอด นอกจากนี้พบว่าดินในแปลงทดลองมีรหัสกลุ่มชุดดินที่ 33/33B เป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen series: Ks) ซึ่งลักษณะทางสัณฐานของดินชนิดนี้ คือ เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแบ่งหรือดินร่วนปนดินเหนียว ภายในระดับความลึกประมาณ 15 เซนติเมตร จะพบชั้นดินร่วนปนทรายละเอียดหรือดินร่วน สีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง พบเกลือแร่ไม่มากอยู่ตลอดหน้าตัดของดินและมีก้อนหินปูนสะสมขนาดเล็กปะปนอยู่ในดินชั้นล่าง ภายใต้อายุ 90 เซนติเมตร และมีคุณสมบัติทางเคมีของดิน ดังนี้ ค่าอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูง ค่า CEC สูง %B.S. สูง ค่า avai.P สูง ค่า avai.K สูง และค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 และมีความอุดมสมบูรณ์สูง ซึ่งดินชุดนี้มีความเหมาะสมดีในการปลูกพืชต่างๆ ไป



ภาพที่ 5 สภาพแปลงสาธิตในฤดูกาลที่ 1 การใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ในระบบการผลิตคะน้าตั้งแต่ระยะเริ่มปลูก (ก) และการพ่นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช (ข)

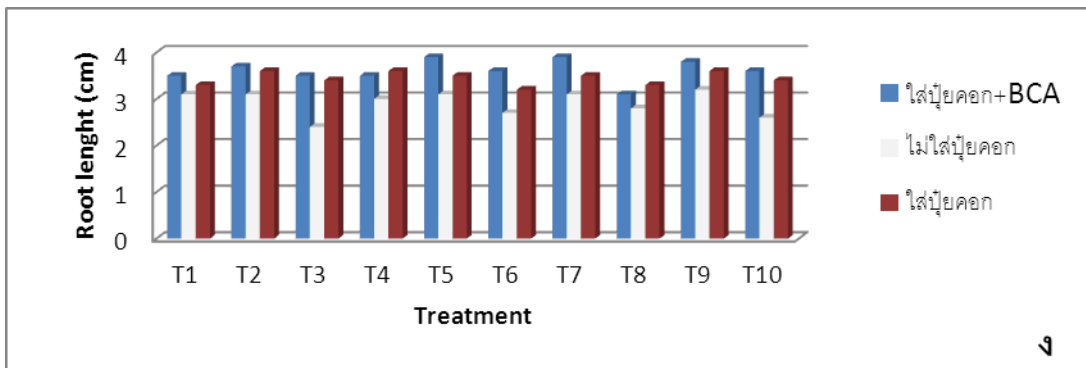
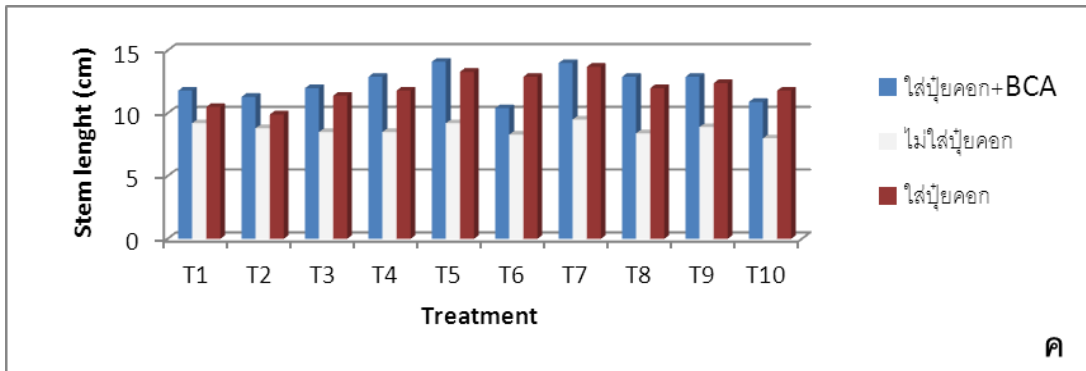
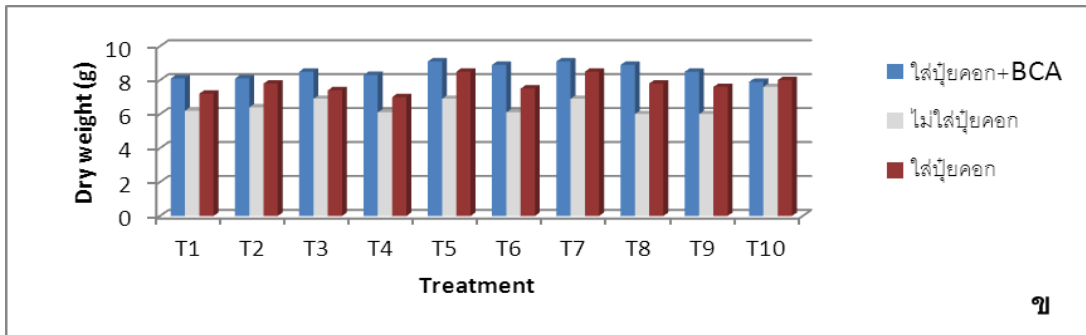
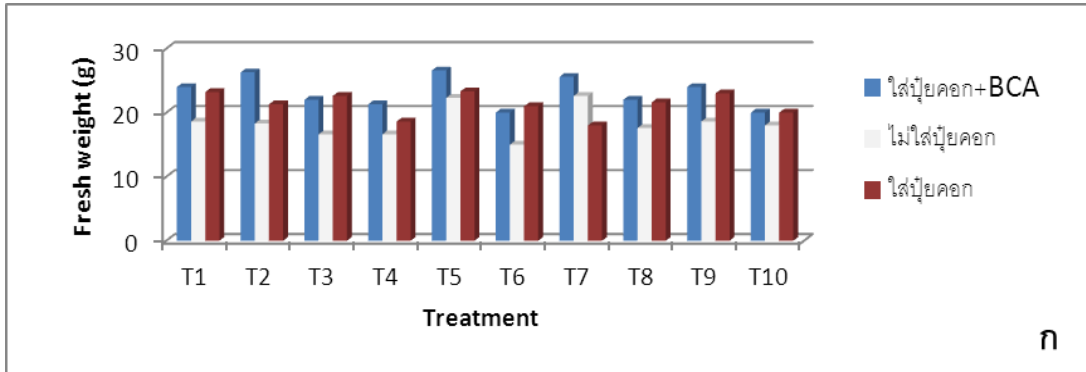
ส่วนการทดลองในสภาพแปลงทดลอง ในสภาพไร่นาของเกษตรกร ณ ต. หนองแม่ไก่ อ. โพธิ์ทอง จ. อ่างทอง โดยเตรียมแปลงขนาด 4x8 ตารางเมตร และปลูกคะน้าพันธุ์เจียไต๋ หวานเมล็ดให้กระจายสม่ำเสมอทั่วแปลง ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนเหนียว ใช้ระบบการให้น้ำแบบปล่อยน้ำรอบแปลงใช้เรือในการรดน้ำ หลังจากคะน้าออกประมาณ 3-4 สัปดาห์จะทำการถอนแยก นอกจากนี้พบว่าดินในแปลงทดลองมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 และมีความอุดมสมบูรณ์สูง



ภาพที่ 6 สภาพแปลงสาธิตในฤดูกาลที่ 2 การใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ในระบบการผลิตคะน้าตั้งแต่ระยะเริ่มปลูก (ก) ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตคะน้า (ข) และการพ่นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์แบบผสมหลายสายพันธุ์และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช (ค)

ประสิทธิภาพการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้า

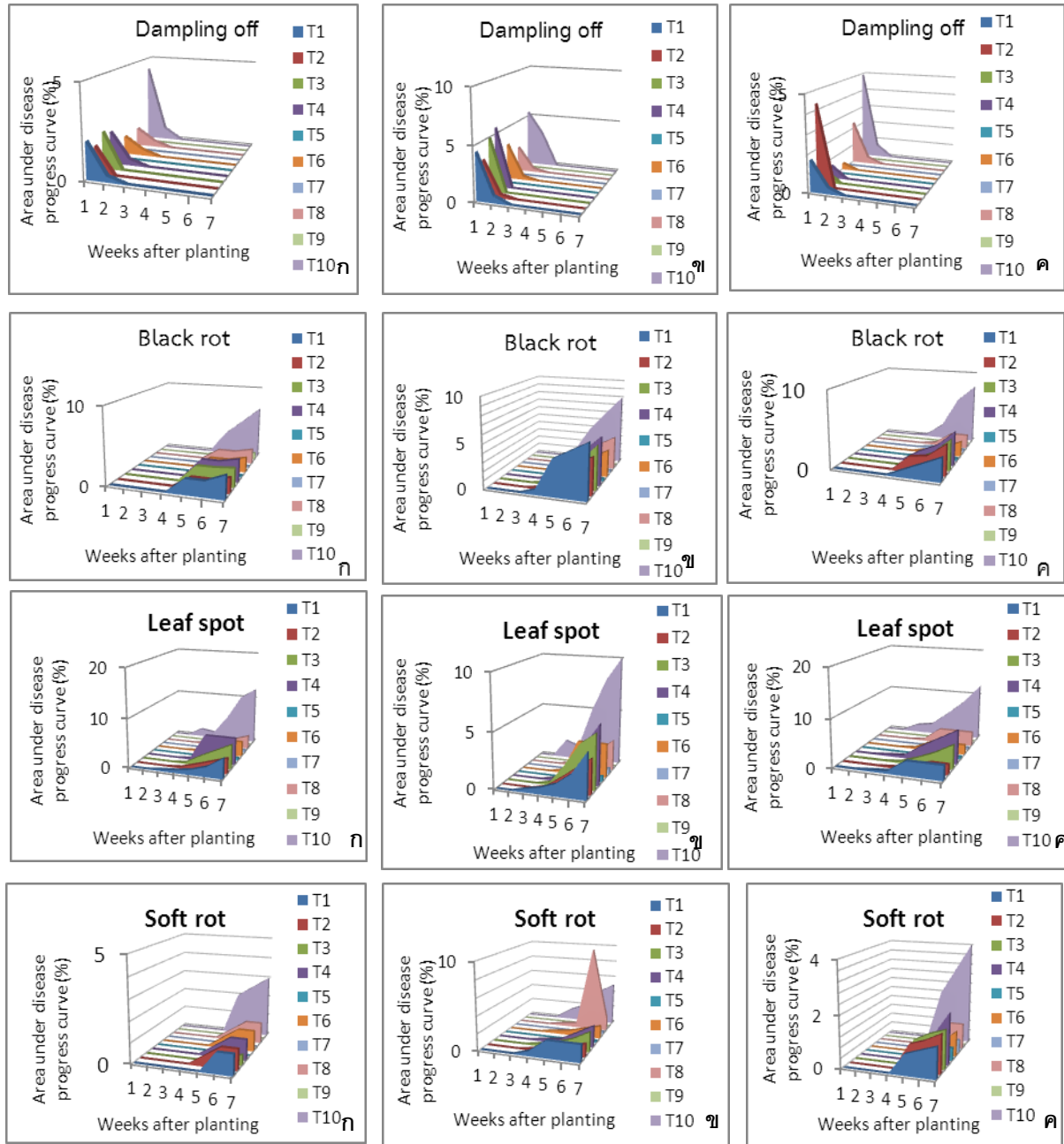
ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าระยะกล้า โดยทำการทดลอง 3 ชุด คือ แปลงทดลองชุดแรกใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นที่เหมาะสมแบบคทีเรีย (SP007s) ส่วนแปลงทดลองชุดที่สองไม่ใส่ปุ๋ยคอกรองพื้น และแปลงทดลองชุดที่สามใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นเพียงอย่างเดียว แล้วทำการพ่นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ 3 ครั้ง เมื่อคะน้าอายุ 15, 30 และ 45 วัน ตามลำดับ ซึ่งทำการประเมินน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น และความยาวราก เมื่อคะน้าอายุ 28 วัน จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona crude extract*) มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น และความยาวรากเฉลี่ยสูงสุดทั้งสามชุดการทดลอง โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 26.6, 22.3 และ 23 กรัม ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์มีผลต่อปริมาณน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.1, 6.9 และ 8.5 กรัม ตามลำดับ ส่วนความสูงของลำต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.1, 9.2 และ 13.3 กรัม ตามลำดับ และความยาวรากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9, 3.1 และ 3.5 ตามลำดับ รองลงมาคือกรรมวิธี T7 (BT+SP007s) มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าซึ่งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น และความยาวราก เช่นเดียวกับกรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona crude extract*) (ภาพที่ 7) จากผลการทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่คณณักวิจัยพัฒนาขึ้นมาใหม่นี้มีประสิทธิภาพในการแสดงความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้าคะน้าได้เป็นอย่างดีเทียบเท่าหรือดีกว่าการใช้สารเคมี



ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตของคะน้าในฤดูกาลที่ 2 ซึ่งในแต่ละกรรมวิธีประกอบด้วยน้ำหนักสด (ก) น้ำหนักแห้ง (ข) ความสูงต้น (ค) และความยาวราก (ง) เมื่อคะน้าอายุ 28 วัน

ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ในการควบคุมโรค

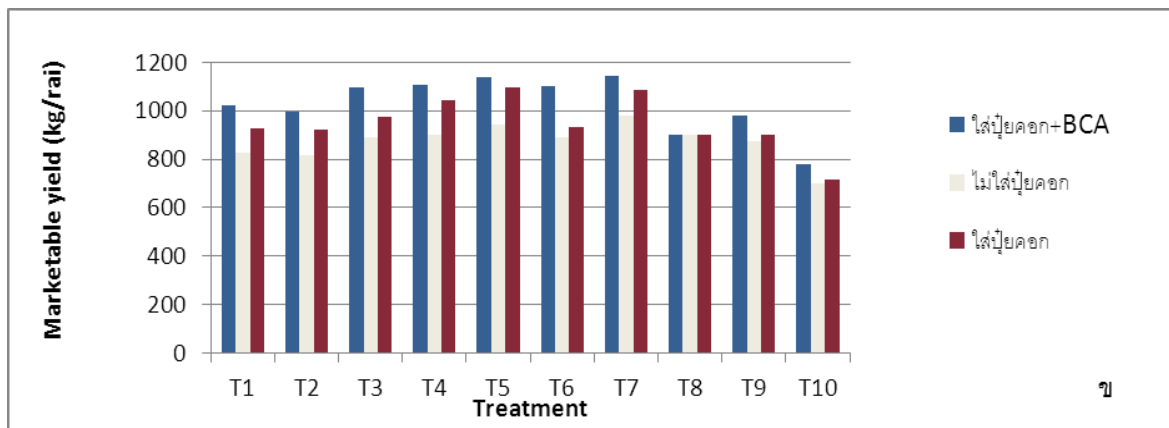
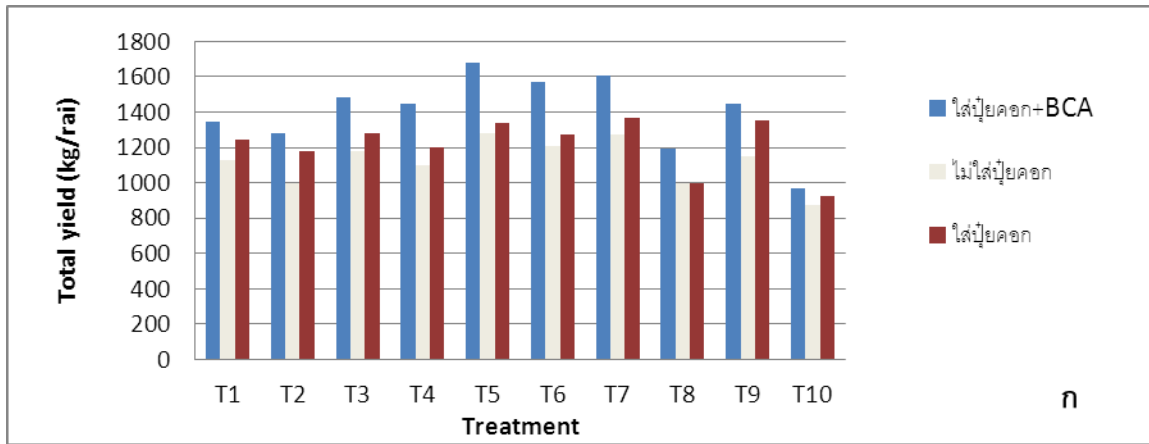
การประเมินการเกิดโรคระบาดที่เกิดขึ้นในสภาพแปลงทดลอง ตั้งแต่ระยะเริ่มปลูกจนกระทั่งคณะอายุ 35 วัน (โดยทำการทดลอง 3 ชุด คือ แปลงทดลองชุดแรกใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นที่ผสมแบคทีเรีย (SP007s) ส่วนแปลงทดลองชุดที่สองไม่ใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นที่ และแปลงทดลองชุดที่สามใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นที่เพียงอย่างเดียว แล้วทำการพ่นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ 3 ครั้ง เมื่อคณะอายุ 15, 30 และ 45 วัน ตามลำดับ) พบว่ามีการระบาดของโรคในแปลงปลูกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยพบว่าโรคระบาดสำคัญ คือ โรคเน่าคอดิน (Damping-off) เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. โรคขอบใบทอง (Black rot) เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ใบจุดอัลเทอร์นาเรีย (*Alternaria* leaf spot) จากเชื้อ *Alternaria* sp. และ โรคเน่าละ (soft rot) เกิดจากเชื้อ *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* จากผลการทดลองพบว่าเริ่มมีการระบาดของโรคเน่าคอดินที่คณะอายุ 7 วัน ซึ่งกรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติมีการระบาดของโรคเฉลี่ยเท่ากับ 4.32, 5.37 และ 4.92 % ตามลำดับ สำหรับการระบาดของโรคขอบใบทองเริ่มมีการระบาดของโรคเน่าคอดินที่คณะอายุ 28 วัน และพบว่าที่คณะอายุ 35 วันมีการระบาดของโรคสูงสุดในกรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติ ซึ่งมีการระบาดของโรคเฉลี่ยเท่ากับ 6, 9 และ 8% ตามลำดับ ส่วนโรคใบจุดอัลเทอร์นาเรียมีการระบาดของโรคในกรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติเฉลี่ยเท่ากับ 9, 12 และ 12% ตามลำดับ และโรคเน่าละมีการระบาดของโรคในกรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติเฉลี่ยเท่ากับ 2, 3 และ 3% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดโรคดังนี้ กรรมวิธี T9 Chemical treatment (Fungicide: mancozeb+ carbendazim+ ediphenphos+copper hydroxide; Insecticide: cypermethrin +abamectin benzoate+ flubendiamide) สามารถลดการเกิดโรคทั้ง 4 ชนิดเฉลี่ยได้ 97 % รองลงมากรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona* crude extract), กรรมวิธี T7 (BT+SP007s), กรรมวิธี T6 (SW01/4+KPS46+SP007s+สารสกัดหนอนตายหยาก) และ กรรมวิธี T8 (P38+trichoderma), มีประสิทธิภาพลดการเกิดโรค ทั้ง 4 ชนิดได้เท่ากับ 95, 95, 90 และ 87 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แผนภูมิแสดง Area under disease progress curve ที่เกิดขึ้นจากการเข้าทำลายของเชื้อ *Pythium* sp., *X. campestris* pv. *campestris*, *Alternaria* sp. และ *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* ที่คະน้ำอายุ 35 วัน โดยทำการทดลอง 3 ชุด คือ แปลงทดลองชุดแรกใส่ปุ๋ยคอกกรองพื้นที่ผสมแบคทีเรียปฏิปักษ์ (ก), ส่วนแปลงทดลองชุดที่สองไม่ใส่ปุ๋ยคอกกรองพื้นที่ผสมแบคทีเรียปฏิปักษ์ (ข), และแปลงทดลองชุดที่สามใส่ปุ๋ยคอกกรองพื้นที่เพียงอย่างเดียว (ค)

การประเมินประสิทธิภาพของระบบการผลิตคະນ້าโดยใช้ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชเพื่อการผลิตพืชผักคุณภาพ

ผลการทดสอบในฤดูปลูกที่ 2 ทำการทดลองระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2556 ณ ต. ทุ่งคอก อ.สองพี่น้อง จ. สุพรรณบุรี การประเมินประสิทธิภาพของระบบการผลิตคະນ້าโดยใช้ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชเพื่อการผลิตพืชผักคุณภาพที่เกิดขึ้นในสภาพแปลงทดลองนั้น ตั้งแต่ระยะเริ่มปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยทำการทดลอง 3 ชุด คือ แปลงทดลองชุดแรกใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นที่ผสมจุลินทรีย์ ส่วนแปลงทดลองชุดที่สองไม่ใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นที่ และแปลงทดลองชุดที่สามใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นที่เพียงอย่างเดียว แล้วทำการพ่นผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ 3 ครั้ง เมื่อคະນ້าอายุ 15, 30 และ 45 วัน ตามลำดับ พบว่ากรรมวิธีที่ดีที่สุดคือ กรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona crude extract*) โดยให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 1,680.75, 1,280.75 และ 1,340.75 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ กรรมวิธี T7 (BT+SP007s) มีผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 1,610, 1,270.5 และ 1,270.5 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม ได้ผลผลิต 970, 876 และ 924 กิโลกรัม/ไร่ (ภาพที่ 9) โดยผลผลิตคະน້าที่เก็บเกี่ยวได้สามารถคัดเกรดตามมาตรฐานตลาดต้องการ พบว่ากรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona crude extract*) ให้น้ำหนักผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 1140.7, 940.7 และ 1099 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ กรรมวิธี T7 (BT+SP007s) มีค่าเฉลี่ย 1142, 980 และ 1086 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 9) จากผลการทดลองในครั้งนี้ พบว่ากรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona crude extract*) ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียปฏิบั้กษ์แบบผสม 2 สายพันธุ์และสารสกัดหนอนตายหยาก สามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตคະน້าได้ดีที่สุดในเชิงปริมาณและคุณภาพ นอกจากนี้กรรมวิธีอื่นๆ ที่คณะนักวิจัยคิดค้นขึ้นก็สามารถส่งเสริมปริมาณและคุณภาพคະน້าได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีที่ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่คิดค้นและทดลองในสภาพแปลงสามารถลดความเสียหายที่เกิดจากโรค มีความสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของคະน້า รวมถึงผลผลิตคุณภาพที่ได้มีปริมาณผลผลิตสูง มีความปลอดภัยและคุณภาพดีกว่ากรรมวิธีควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชสามารถลดความเสี่ยงจากการตกค้างของสารเคมีได้ และสามารถลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้ด้วย



ภาพที่ 9 ผลผลิตจากการใช้ผลิตภัณฑ์สูตรจุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชประกอบด้วย; ผลผลิตค่น้ำน้าหนักรวม (ก), น้ำหนักค่น้ำเกรดเอ (ข) และ น้ำหนักค่น้ำเกรดบี (ค) ต่อพื้นที่ 1 ไร่

การประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากข้อมูลผลผลิตค่น้ำที่ได้จากการทดลองฤดูปลูกที่ 1 ที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตและการจัดการศัตรูพืชที่คณะนักวิจัยพัฒนาขึ้น โดยค่าใช้จ่ายที่ต้องพิจารณาจะประกอบด้วย ค่าเตรียมแปลง ค่าปุ๋ย ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าสารเคมี ค่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช ค่าจ้างแรงงาน (ตารางที่ 2) สำหรับกรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติจะรวมค่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และจะเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีที่จะคิดค่าใช้จ่ายตามจำนวนครั้งที่พ่น ผลการทดลองนี้จะแสดงการเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น กรรมวิธี T5 (KPS46+ SW01/4+ *Stemona crude extract*) เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุดในการควบคุมโรคแมลงและให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยมีการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมระหว่างจุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช SW01/4 ร่วมกับ KPS46 ร่วมกับ

สารสกัดหนอนตายหยาก รองลงมา คือ กรรมวิธี T7 (BT+SP007s) ซึ่งทั้ง 2 มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันและกำจัดโรคและแมลงศัตรูค่น้ำและให้ผลผลิตอยู่ในลำดับที่ 1 และ 2 จากทั้งหมด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 กรรมวิธี ในพื้นที่ 1 ไร่ พบว่ามีค่าใช้จ่ายประมาณ 7,325 บาท/ไร่ ในขณะที่กรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติมีค่าใช้จ่ายประมาณ 9,730 บาท/ไร่ (ลดค่าใช้จ่าย 24.71 %) และเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตเป็นจำนวนเงินต่อกิโลกรัม พบว่ากรรมวิธีที่คณะนักวิจัยพัฒนาขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์และสารสกัดพืช มีค่าใช้จ่ายเพียง 4.36 บาท ในขณะที่กรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติมีค่าใช้จ่าย 6.57 บาท และเมื่อจำหน่ายผลผลิตเรียบร้อยแล้วพิจารณากำไรที่ได้พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์และสารสกัดพืชได้กำไร 25,165 บาท/ไร่ ในขณะที่กรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติได้กำไร 18,200 บาท/ไร่ เท่ากับว่าเทคโนโลยีของโครงการสามารถเพิ่มกำไรให้กับเกษตรกรได้ 27.67% (ตารางที่ 4)

จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่คณะนักวิจัยพัฒนาขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์และสารสกัดพืชจะมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่ากรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติมา ผลผลิตค่น้ำที่ได้สูงกว่าและมีคุณภาพอยู่ในระดับเกรดเอมากกว่ากรรมวิธีดั้งเดิม นอกจากนี้ผลผลิตที่ได้จากกรรมวิธีที่ใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์และสารสกัดพืชจะไม่มีผลกระทบจากการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทำให้ผลผลิตได้รับความสนใจจากผู้ซื้อและเป็นที่ยอมรับของตลาด นอกจากความปลอดภัยของผลผลิตแล้ว กรรมวิธีที่ใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์และสารสกัดพืชยังรักษาความสมดุลในสภาพแวดล้อม โดยพบว่ากรรมวิธีดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อความหลากหลายของประชากรจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และแมลงศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ควรได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อให้เกษตรกรและผู้สนใจได้นำไปใช้ และพัฒนาได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้คณะนักวิจัยยังคงพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์และสารสกัดพืชให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีประสิทธิภาพคงที่สม่ำเสมอ และเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ง่ายและสะดวก

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายต่อไร่ในการผลิตค่าน้ำซึ่งใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาใหม่เปรียบเทียบกับการผลิตแบบเดิมของเกษตรกร

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
	กรรมวิธีดั้งเดิม	เทคโนโลยีที่คณบดีวิจัยพัฒนาขึ้น
ค่าไถพรวน	1,500	1,500
ค่าเมล็ดพันธุ์ค่าน้ำ	700	700
ค่าปุ๋ย สูตร 15-15-15	450	-
ค่าปุ๋ย สูตร 27-6-6	450	225
ค่าปุ๋ยคอกผสมจุลินทรีย์	-	180
ค่าแรงงาน ^{1/}		
ถอนแยก	1,400	1,400
กำจัดวัชพืช	1,400	1,400
พ่นสารเคมี	1,400	600
ค่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	1,430	-
ค่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช	-	320
ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	1,000	1,000
รวม (บาท/ไร่)	9,730	7,325
ผลผลิตค่าน้ำ (กิโลกรัม/ไร่)	980	1,140
ต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม)	6.57	4.36
รายได้จากการจำหน่ายค่าน้ำวันที่เก็บเกี่ยว (กิโลกรัมละ 28.50 บาท)	27,930	32,490
กำไร (บาท/ไร่)	18,200	25,165

^{1/} ค่าแรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายได้โดยใช้แรงงานภายในครอบครัว

อภิปรายและวิจารณ์ผล

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชชนิดใหม่ให้มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชผัก ป้องกันการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช และที่สำคัญคือเกษตรกรสามารถนำไปปรับใช้ในระบบการผลิตพืชผักได้จริง เพื่อเป็นการลดต้นทุนจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือการใช้ปุ๋ยเคมีที่มากเกินไปในระบการผลิตพืชผักได้จริง เพื่อเป็นการลดต้นทุนจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือการใช้ปุ๋ยเคมีที่มากเกินไปในระบการผลิตพืชผักได้จริง เพื่อเป็นการลดต้นทุนจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือการใช้ปุ๋ยเคมีที่มากเกินไปในระบการผลิตพืชผักได้จริง เพื่อเป็นการลดต้นทุนจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือการใช้ปุ๋ยเคมีที่มากเกินไปในระบการผลิตพืชผักได้จริง

โดย รองศาสตราจารย์สุฤติ ประเทืองวงศ์ ได้นำจุลินทรีย์สุขภาพพืชของ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ คือ *Pseudomonas fluorescens* SP007s, *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 และ *Paenibacillus pabuli* SW01/4 ซึ่งได้มีการศึกษาถึงกลไกของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์เหล่านี้ ตามหลักวิชาการสาขามาเป็นระยะเวลา นานกว่า 10 ปี มีการทดสอบกับพืชเศรษฐกิจหลากหลายชนิด เช่น ข้าว ถั่วเหลืองฝักสด ข้าวโพด ไม้ดอกไม้ประดับ ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ เรือนทดลอง และสภาพไร่นาเกษตรกร และตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารระดับชาติและนานาชาติที่ได้รับการยอมรับในวงวิชาการ ผลงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์นั้นช่วยส่งเสริมสุขภาพพืชและควบคุมโรคและแมลงได้หลากหลายแนวทาง เช่น ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชโดยการสร้างสารปฏิชีวนะยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคโดยตรง (สุฤติ และคณะ 2549) เจริญครอบครองแข่งขันการใช้อาหารจากเชื้อสาเหตุโรคพืช (รัชฎาวรรณ และคณะ 2548) ส่งเสริมการเจริญเติบโตพืช โดยการกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนพืช เช่น IAA และ GA และปรับสภาพสมดุลของฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชให้อยู่ในสภาวะปกติ (Prathuangwong and Buensanteai, 2008) กระตุ้นให้พืชเกิดความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชและแมลง โดยชักนำให้พืชสร้างเอนไซม์ป้องกันศัตรูพืช เช่น peroxidase, phenylalanine ammonia lyase, β -1,3 glucanase, superoxide dismutase และ glucosinolate (นลินา และคณะ 2552; Prathuangwong *et al.*, 2007; Prathuangwong *et al.*, 2010) สามารถปรับสมดุลธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช เช่น การสร้างสาร siderophore, lipopeptide surfactin (Preecha *et al.*, 2009) และการแก้ไขความบกพร่องของพืชโดยกระตุ้นให้พืชทำงานได้อย่างเต็มศักยภาพได้มากขึ้น เช่น การสังเคราะห์แสงหรือการช่วยให้พืชใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่อย่างเพียงพอแล้วในปุ๋ยคอก (Prathuangwong, 2009; Prathuangwong *et al.*, 2010; Thowthampitak and Prathuangwong, 2010.) ซึ่งคุณสมบัติที่โดดเด่นต่างๆ ดังที่กล่าวมา ทำให้คณะนักวิจัยต้องการที่จะพัฒนาสูตรสำเร็จจุลินทรีย์ โดยนำมาปรับใช้ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์กำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ *Bacillus thuringiensis* หรือ บีที และสารสกัดพืช (หนอนตายอยาก และค่างควาดำ) ในรูปแบบสูตรผสมเชื้อจุลินทรีย์ต่างสายพันธุ์ที่มีกลไกแตกต่างกัน และสูตรผสมจุลินทรีย์กับสารสกัดพืชสามารถควบคุมโรค และแมลงศัตรูผัก โดยโครงการได้รายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ร่วมกันแล้วว่าไม่มีการทำลายกันเอง หรือมีฤทธิ์ยับยั้งแต่อย่างใด นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการสร้างสาร IAA ซึ่งถือว่าเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้มากกว่าการใช้เชื้อสายพันธุ์เดี่ยวๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้

สามารถใช้ได้ครอบคลุมชนิดศัตรูพืชมากขึ้น (broad spectrum) ตลอดจนเป็นสูตรสำเร็จพร้อมใช้ที่ง่าย สะดวก และคงประสิทธิภาพได้ยาวนานเมื่อเก็บรักษาในสภาพปกติ ซึ่งสามารถถ่ายทอดให้เกษตรกรนำไปปรับใช้ในระบบการผลิตพืช โดยเน้นกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่ตรงประเด็นสภาพปัญหาตามความเป็นจริง สามารถส่งเสริมการใช้ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชให้เกษตรกร

จากเหตุผลข้างต้นจึงทำให้โครงการมีแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช โดยนำเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ *Pseudomonas fluorescens* SP007s, *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 และ *Paenibacillus pabuli* SW01/4 มาผสมกับสารพาและสารเสริมประสิทธิภาพ คือ Kaolin : Deshefix : SiO₂ : CaCO₃ : lactose : CMC : FeSO₄ ที่อัตราส่วน 70 : 8 : 1 : 5 : 14 : 1 : 1 และผสม cell-suspension กับสารพาที่ได้แต่ละสูตรโดยใช้เครื่องผสมตามอัตราส่วนของแต่ละสูตร นอกจากนี้ยังมีสูตรผลิตภัณฑ์ที่ผสมร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* (BT) โดยผสมกันในอัตรา 1:1 และร่วมกับสารสกัดค่างควาดำ และหนอนตายหยากที่คัดเลือกมาเพื่อใช้ในการควบคุมแมลงในอัตรา 1x10¹² cfu/ml : 160 ml ในน้ำ 20 ลิตร โดยผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่ได้พัฒนาขึ้นภายใต้โครงการนี้ทั้ง 12 สูตร เป็นสูตรผงละลายน้ำ โดยจากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชมีประสิทธิภาพสูง เชื้อจุลินทรีย์ที่ใส่ในผลิตภัณฑ์มีการเพิ่มจำนวนได้ดี และมีอายุยืนยาว และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสารสกัดพืชที่ทางโครงการใช้นั้นไม่มีผลต่อประชากรจุลินทรีย์ แต่กลับทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมียุทธในการทำลายทั้งโรคและแมลงศัตรูพืชสูงขึ้น

ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่พัฒนาขึ้นจากการทดลองในครั้งนี้เป็นการทดลองที่มีการนำเชื้อจุลินทรีย์ 2 หรือ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Pseudomonas fluorescens* SP007s, *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 และ *Paenibacillus pabuli* SW01/4 ร่วมกับการปฏิบัติในระบบการปลูกพืชของเกษตรกร โดยจะนำมาผสมกันตามสัดส่วนที่กล่าวไว้ข้างต้น หลักการสำคัญของการพัฒนาสูตรเชื้อผสมคือการใช้สัดส่วนของเชื้อที่พอเหมาะและเข้ากันได้กับพืชปลูก และจากผลการทดลองจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์สูตรผสมเชื้อหลายสายพันธุ์ของโครงการมีประสิทธิภาพสูง โดยผลการทดลองในฤดูกาลที่ 1 พบว่ากรรมวิธีที่สามารถชักนำให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณและคุณภาพสูงที่สุด 3 อันดับแรก คือ กรรมวิธีที่ 6 (KPS46 + SW01/4), กรรมวิธีที่ 4 (SW01/4 + BT), และกรรมวิธีที่ 2 (SW01/4) ตามลำดับ ซึ่งทำให้เห็นว่าการศึกษาเบื้องต้นในสภาพห้องปฏิบัติการนั้นมีแนวโน้มที่จะสามารถพัฒนาสูตรที่มีสัดส่วนเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูง และนำไปใช้ได้จริงและดีกว่ากรรมวิธีที่ใช้สารเคมี และกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร แต่ในบางกรรมวิธีจะเห็นได้ว่าการใช้เชื้อผสมหลายสายพันธุ์ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าการใช้เชื้อสายพันธุ์เดียว อาจเนื่องมาจากเชื้อแต่ละสายพันธุ์มีที่มาแตกต่างกันและเมื่อถูกพ่นลงในสภาพแปลงอาจต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการปรับตัวให้เข้าสู่สภาพแวดล้อมการปลูกค่น้ำ (fitness) หรือต้องการการปรับตัวให้เข้ากับพืชก่อน เช่น เชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ KPS46 และ SW01/4 เป็นแบคทีเรียสุขภาพพืชที่แยกได้จากพืชหัวเหลืองซึ่งอาจต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการปรับตัวให้เข้ากับ

คะน้ำ และนอกจากการปรับตัวให้เข้ากับพืชและสภาพแวดล้อมแล้ว เชื้อแต่ละสายพันธุ์ยังต้องปรับตัวให้เข้ากับเชื้อสายพันธุ์ที่นำมาผสมกันด้วย และเมื่อนำมาทดสอบในฤดูกาลที่ 2 จะเห็นได้ชัดเจนว่าผลิตภัณฑ์เชื้อผสมหลายสายพันธุ์ (KPS46 + SW01/4), (KPS46 + SP007s), (SP007s + BT), และ (SP007s + สารสกัดค่างควาดำ) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้เชื้อเดี่ยวๆ เนื่องจากเชื้อสามารถปรับตัวให้เข้ากันได้และมีการตอบสนองต่อพืชได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในฤดูที่ 2 จะให้ผลผลิตมากกว่าฤดูที่ 1 โดยผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ และนอกจากนี้เชื้อในกลุ่ม *Bacillus* (เช่นสายพันธุ์ KPS46 และ SW01/4) สามารถสร้าง endospore ซึ่งทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้เป็นอย่างดี ทำให้สามารถลดการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในฤดูปลูกถัดไปในพื้นที่การทดลองเดิม โครงการนี้จึงสมควรทำการวิจัยต่อเนื่องเพื่อให้ได้สูตรเชื้อผสมที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดต่อไป โดยพบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ของโครงการทุกสายพันธุ์สามารถเพิ่มผลผลิตคะน้ำได้อย่างแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรและสารเคมีควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช อีกทั้งสามารถชักนำให้พืชเกิดภูมิต้านทานทั้งระบบต่อโรคและแมลงจากปริมาณโรคและแมลง(ร่องรอยการทำลาย) ที่ลดน้อยลง โดยมีความสัมพันธ์กับความต้านทานในระดับชีวเคมีที่มีปริมาณเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการชักนำภูมิต้านทานที่เพิ่มขึ้น ประกอบด้วย peroxidase, และ β -1,3 glucanase (Prathuangwong and Buensanteai, 2008)

นอกจากนั้นจุลินทรีย์ที่ผสมลงไปในการผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ที่อยู่ในดินหรือปุ๋ยคอกที่เกษตรกรใช้รองพื้นก่อนการปลูกคะน้ำ โดยจะทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้โดยตรง มีรายงานว่าเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Pseudomonas* sp. มีประสิทธิภาพในการเป็นแบคทีเรีย nitrogen fixer จากการทดสอบการสร้างเอนไซม์ nitrogenase assay และการปรากฏของยีน *nif* และ *mf* ซึ่งเป็นยีนที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์ nitrogenase เพื่อตรึงธาตุไนโตรเจนให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และข้าวสามารถนำไปใช้ได้ดียิ่งขึ้น (Desnoues *et al.*, 2003) นอกจากนี้จุลินทรีย์ที่ผสมในผลิตภัณฑ์ของโครงการเมื่อใช้ในสภาพแปลงจะสามารถดำรงชีพ เพิ่มจำนวน และอาศัยหมุนเวียนในพื้นที่นั้นและเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ ทำให้พืชแข็งแรง เจริญเติบโตเต็มศักยภาพ ไม่เสื่อมสลายไปเหมือนกับการใช้สารเคมีหรือฮอร์โมนที่ต้องพ่นซ้ำบ่อยครั้ง จึงสามารถลดการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชลงได้เรื่อยๆ และเกษตรกรก็สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้เช่นกัน

ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช เป็นนวัตกรรมใหม่ของโครงการวิจัยที่สามารถปรับเข้ากับระบบการผลิตพืชของเกษตรกรที่เคยปฏิบัติ โดยเกษตรกรสามารถใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมหลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชเข้าด้วยกันกับระบบที่เคยปฏิบัติเพื่อประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพในการผลิตพืชผัก โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไม่มีการผสมสารเคมีหรือปุ๋ยเคมีเพิ่มเติม จึงเป็นผลิตภัณฑ์อินทรีย์และหรือชีวภาพอย่างแท้จริง และเมื่อนำไปใช้ในระบบการผลิตพืชจึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช แต่จะมีค่าผลิตภัณฑ์ประมาณ 320 บาทต่อไร่ ในขณะที่กรรมวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติมาจะเสีย

ค่าใช้จ่ายในเรื่องของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประมาณ 1,400 - 1,600 บาทต่อไร่ แสดงว่าผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่นี้มีประสิทธิภาพโดยสามารถลดการใช้สารเคมี และนอกจากนั้นจุลินทรีย์ที่ผสมลงไปผลิตภัณฑ์สามารถย่อยสลายเศษฟางข้าวที่ใช้คลุมแปลงหรือเมล็ดวัชพืช ให้กลายเป็นปุ๋ยที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆออกมาให้เพียงพอกับความต้องการพืช (Preecha et al., 2009) และเมื่อนำผลิตภัณฑ์นี้ไปปรับใช้ในการผลิตเป็นหลัก ต้นทุนการผลิตไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตผักคุณภาพที่ได้รับเพิ่มขึ้นอย่างแตกต่างทางสถิติ และพบว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ของโครงการฯ สามารถทดแทนการใช้สารเคมีในการควบคุมศัตรูพืช (fungicide และ insecticide) ได้อย่างสมบูรณ์ และนอกจากนี้โครงการยังมีเป้าหมายที่จะเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้ได้ครอบคลุมชนิดศัตรูพืชมากขึ้น (broad spectrum) ตลอดจนเป็นสูตรสำเร็จพร้อมใช้ที่ง่าย สะดวก และคงประสิทธิภาพได้ยาวนานเมื่อเก็บรักษาในสภาพปกติ ซึ่งสามารถถ่ายทอดให้เกษตรกรนำไปปรับใช้ในระบบการผลิตพืช ตลอดจนสามารถต่อยอดด้านงานวิจัยเพื่อพัฒนาการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษารายงานของโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชเพื่อควบคุมโรคและแมลง และเพิ่มผลผลิตคุณภาพของพืชผัก สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช ซึ่งถือว่าเป็นนวัตกรรมใหม่ที่สามารถปรับเข้ากับระบบการผลิตพืชของเกษตรกรที่เคยปฏิบัติ โดยเกษตรกรสามารถใช้ผลิตภัณฑ์เข้าร่วมกับระบบที่เคยปฏิบัติเพื่อประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพในการผลิตพืชผัก โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไม่มีการผสมสารเคมี และเมื่อนำไปใช้ในระบบการผลิตพืชจึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรลดลง จากการศึกษาทั้ง 2 ฤดูปลูก โครงการได้พัฒนาผลิตภัณฑ์จำนวน 12 สูตร ซึ่งประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์เชื้อเดี่ยว ผลิตภัณฑ์เชื้อผสม 2 สายพันธุ์ ผลิตภัณฑ์เชื้อผสม 3 สายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช (ค่างคาวดำ และหนอนตายหยาก) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทางโครงการพัฒนาขึ้นจะนำไปปรับใช้ร่วมกับระบบการปลูกผักของเกษตรกร โดยจะใช้คลุกเมล็ดค่น้ำ และพ่นลงบนต้นค่น้ำเมื่อค่น้ำอายุ 15, 30 และ 45 วัน โดยผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นจะถูกปรับให้มีประสิทธิภาพยาวนาน เก็บรักษาได้ง่าย และเกษตรกรสามารถใช้ได้จริง โดยการทดสอบประสิทธิภาพสารพาและสารเสริมประสิทธิภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์โดยใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 3×10^8 cfu/ มิลลิลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร สารพาที่ได้จากการคัดเลือกที่ดีที่สุด คือ Kaolin : Deshecofix : SiO_2 : CaSO_3 ในอัตราส่วน 74:2:2:2 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุดที่เชื้อแบคทีเรียปฏิบัักษณ์สามารถดำรงชีวิตได้ดี ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการละลายและจับใบพืชได้ดีที่สุด และเมื่อนำสารพาที่อัตราส่วนดังกล่าวมาผสมกับสารเสริมประสิทธิภาพพบว่าสูตรผสม Kaolin : Deshecofix : SiO_2 : CaCO_3 : lactose : CMC : FeSO_4 ที่อัตราส่วน 70: 8 : 1 : 5 : 14 : 1 : 1 เป็นอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุดที่เชื้อแบคทีเรียปฏิบัักษณ์สามารถดำรงชีวิตและเพิ่มจำนวนประชากรได้ดี มีความสามารถในการ

ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชได้ดีที่สุด นอกจากนั้นทางโครงการฯ ยังพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ขึ้นเพื่อให้มีความสามารถในการยับยั้งทั้งเชื้อสาเหตุโรคและแมลงศัตรูพืช โดยจะนำผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพพื้นฐานอยู่แล้วมาปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยการผสมร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* (BT) โดยผสมกันในอัตรา 1:1 และร่วมกับสารสกัดคางคาวดำและหนอนตายหยากที่คัดเลือกมาเพื่อใช้ในการควบคุมแมลง โดยใช้สารสกัดคางคาวดำที่อัตราความเข้มข้น 2.5 มิลลิลิตร/น้ำ 100 มิลลิลิตร ผสมกับผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ปริมาณ 20 กรัม โดยไม่ส่งผลเสียต่อประชากรเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ เช่นเดียวกันกับการนำผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์มาผสมกับสารสกัดหนอนตายหยากที่ความเข้มข้น 180 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ผสมกับผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ปริมาณ 20 กรัม แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์ เชื้อแต่ละสายพันธุ์สามารถอยู่ร่วมกันและส่งเสริมประสิทธิภาพกันได้ดียิ่งขึ้น และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชนั้น สารสกัดจากพืชก็ไม่ได้มีผลต่อประชากรเชื้อจุลินทรีย์แต่อย่างใด โดยสามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างกลมกลืนโดยไม่ลดจำนวนลงหรือเพิ่มปริมาณมากขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์

การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชในระบบการผลิตพืชผักในพื้นที่ปลูกของเกษตรกร เปรียบเทียบกับการผลิตดั้งเดิมของเกษตรกร ผลการดำเนินงานในสภาพแปลงทดลอง พบว่าทุกกรรมวิธีที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช มีการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชต่างๆ น้อยลง โดยโรคที่พบการระบาดได้แก่ โรคเน่าคอดิน (Damping-off) เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. โรคเน่าดำ (Black rot) เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ราน้ำค้าง (Downy mildew) เกิดจากเชื้อ *Peronospora parasitica* และใบจุดอัลเทอร์นาเรีย (Alternaria leaf spot) จากเชื้อ *Alternaria* sp. โรคทุกชนิดเริ่มพบการระบาดเพิ่มมากขึ้นเมื่อต้นกล้าอายุ 42 วันโดยแต่ละกรรมวิธีก็จะมีกลไกการทำงานที่โดดเด่นแตกต่างกัน เช่น กรรมวิธี T2 (SW01/4), กรรมวิธี T3 (SP007s), กรรมวิธี T4 (SP007s+BT), กรรมวิธี T7 (KPS46+SW01/4+SP007s สามารถลดการเกิดโรคเน่าคอดินได้ 100% ส่วนกรรมวิธี T1 (KPS46) สามารถลดการเกิดโรคใบจุดอัลเทอร์นาเรีย ได้ 100 % กรรมวิธี T1(KPS46) ลดการเกิดโรคเน่าดำได้ 100% ส่วนโรคราน้ำค้างพบว่ากรรมวิธี T1 (KPS46) และกรรมวิธี T2 (SW01/4) สามารถลดการเกิดโรคได้ 100% เช่นเดียวกัน

สำหรับประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชในการควบคุมแมลงศัตรูคะน้า โดยเมื่อคะน้าอายุ 49 วัน พบการเข้าทำลายของแมลงศัตรูคะน้าชนิดต่างๆ เช่น หนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) หนอนกระทุ้งผัก (*Spodoptera litura*) และด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) พบว่ากรรมวิธีที่ 4 (SP007s + BT) สามารถลดการระบาดของด้วงหมัดผักได้ดีที่สุด รองลงมาคือกรรมวิธีที่ T5 (SP007s + *Stemona crude extract*) และกรรมวิธีที่ T7 (KPS46 + SW01/4 + SP007s) การควบคุมหนอนใยผักพบว่ากรรมวิธีที่ T2 (SW01/4), T6 (KPS46 + SW01/4) และ T7 (KPS46 + SW01/4 + SP007s) สามารถลดการระบาดของหนอนใยผักได้ 100% ส่วนการระบาดของหนอกระทุ้ง พบว่ากรรมวิธีที่ T2

(SW01/4), กรรมวิธีที่ T3 (SP007s) , กรรมวิธีที่ T4 (SP007s + BT), กรรมวิธีที่ T5 (SP007s + *Stemona crude extract*), กรรมวิธีที่ T6 (KPS46 +SW01/4) และ กรรมวิธีที่ T7 (KPS46 + SW01/4 + SP007s) สามารถลดการระบาดของหนอนกระทู้ได้ 100% ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าหรือทัดเทียมการใช้สารเคมีกำจัดแมลง

นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชสามารถส่งเสริมให้ต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตสูงสุดรวมทั้งมีผลผลิตคุณภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีดั้งเดิมของเกษตรกรประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ชนิดใหม่นี้ มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการผลิตเอนไซม์ชนิดต่างๆ ให้พืชปกป้องโรคได้เพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับโรคที่เกิดน้อยลง ผลผลิตไม่พบสารต้องห้ามอันตราย ได้แก่ pyrethroid, organophosphate และ endosulfan ตกค้างในผลผลิตและส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง (ลดสารเคมีควบคุมโรคพืช 100%) ขณะเดียวกันให้ผลกำไรเพิ่มสูงขึ้น และมีประชากรจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เพิ่มมากขึ้นในสภาพแปลงเกษตรกร

ข้อสรุปและจุดเด่นของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่โครงการฯ พัฒนาขึ้นมีดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชนี้เป็นนวัตกรรมใหม่ของ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เข้าด้วยกันเพื่อประโยชน์สูงสุดและมีประสิทธิภาพ
2. จุลินทรีย์สุขภาพพืชสายพันธุ์ที่คัดเลือกมาใช้ในการผลิตจุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชนี้ มีการศึกษาวิจัยตามหลักมาตรฐานวิชาการมาเป็นระยะเวลานานกว่า 10 ปี มีการทดสอบกับพืชเศรษฐกิจหลากหลายชนิด นอกเหนือจากข้าว ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ เรือนทดลอง และสภาพไร่นาเกษตรกร พบว่าช่วยส่งเสริมสุขภาพพืชและควบคุมโรคและแมลงได้หลากหลายแนวทาง เช่น สร้างสารยับยั้งเชื้อโรคและแมลง เจริญแข่งขัน ปรับสมดุลธาตุอาหาร และกระตุ้นภูมิคุ้มกันพืช ซึ่งถือว่าเป็นกลไกที่โดดเด่นของแบคทีเรียไอเอสอาร์หรือจุลินทรีย์สุขภาพพืช
3. จัดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งมีการใช้จุลินทรีย์มีประโยชน์หลายสายพันธุ์สามารถอยู่ร่วมกันและมีประชากรคงที่ ปริมาณและประสิทธิภาพในการส่งเสริมสุขภาพพืชได้สูงเช่นเดิม
4. ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่นี้สะดวกและง่ายต่อการใช้
5. ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชมีต้นทุนการผลิตไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตผักคุณภาพที่ได้รับผลตอบแทนเพิ่มขึ้นอย่างแตกต่างทางสถิติ
6. ผลิตภัณฑ์นี้สามารถลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ใหม่มีกลไกการทำงานที่หลากหลาย มีประโยชน์ต่อพืชปลูก เช่น ความสามารถในการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ดียิ่งขึ้น (nitrogen fixer) และสามารถย่อยสลายเศษฟางข้าวและตอซังหรือเมล็ดวัชพืช ให้กลายเป็นปุ๋ยที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆออกมาให้เพียงพอกับความต้องการพืชได้เป็นอย่างดี

7. จุลินทรีย์ที่ผสมในผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ในแปลงทดลองของเกษตรกรจะสามารถดำรงชีพหมุนเวียนในพื้นที่นั้นและเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆในสภาพแวดล้อมปกติ ทำให้พืชแข็งแรง เจริญเติบโตเต็มศักยภาพได้อย่างต่อเนื่องในฤดูปลูกถัดไปโดยไม่เสื่อมสลายเหมือนกับการใช้สารเคมีหรือฮอร์โมนพืชที่ต้องพ่นซ้ำบ่อยครั้ง

8. ผลิตภัณฑ์ของโครงการฯมีมาตรฐานควบคุมโดยนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และราคาถูกกว่าท้องตลาดโดยทั่วไป

9. ผลผลิตค่าน้ำจากการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์สูตรผสมหลายสายพันธุ์และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชของโครงการฯ เพิ่มขึ้นจากการปฏิบัติแบบดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีการใช้สารเคมีเข้าร่วม ต้นทุนการผลิตลดลง และกำไรสุทธิเพิ่มมากขึ้นจากการลดต้นทุนค่าสารเคมีควบคุมศัตรูพืช

10 ผลิตภัณฑ์นี้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

11. สร้างความแข็งแรงให้กับชุมชน

บรรณานุกรม

ชัยสิทธิ์ ปรีชา สุตฤดี ประเทืองวงศ์ และสุพจน์ กาเข้ม. 2550. ศักยภาพในการผลิตแบคทีเรียไอเอสอาร์ *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 ในรูปสูตรผง. ใน รายงานการประชุมวิชาการอารักขาพืช ครั้งที่ 8. 20-22 พฤศจิกายน 2550. จ. พิษณุโลก. หน้า 81 - 90.

นลินา เหมสนิท และสุตฤดี ประเทืองวงศ์. 2552. *Pseudomonas fluorescens* SP007s กระตุ้นให้คะน้ำสร้าง salicylic acid เพื่อต้านทานการเกิดโรคขอบใบทอง. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. 14 -17 มีนาคม 2552. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ. กรุงเทพฯ. หน้า 611-620.

นลินา เหมสนิท วิลาวรรณ เชื้อบุญ และ สุตฤดี ประเทืองวงศ์. 2552. สาร glucosinolate จากน้ำคั้นพืชที่ *Pseudomonas fluorescens* SP007s ชักน้ำให้คะน้ำสะสมเพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการติดเชื้อ เนื่องจาก *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. ใน รายงานการประชุมวิชาการอารักขาพืช ครั้งที่ 9. 24-26 พฤศจิกายน 2552. จ. อุบลราชธานี. หน้า 465-474.

รัชฎาวรรณ เดชมนี สุพจน์ กาเข้ม ณัฐธิญา เปือนสันเทียะ ชัยสิทธิ์ ปรีชา จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์ ดุสิต อธิ นุวัฒน์ และ สุตฤดี ประเทืองวงศ์. 2548. การครอบครองภายในและการชักนำความต้านทานของแบคทีเรียปฏิปักษ์สายพันธุ์ KPS46 บนถั่วเหลือง. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอารักขาพืช ครั้งที่ 7. 2-4 พฤศจิกายน 2548. จ. เชียงใหม่. หน้า 58 - 59.

วิลาวรรณ เชื้อบุญ ศศิธร วุฒิวิชัย ชัยสิทธิ์ ปรีชา สุพจน์ กาเข้ม ณัฐธิญา เปือนสันเทียะ และสุตฤดี ประเทืองวงศ์. 2549. การส่งเสริมการเจริญเติบโตและชักนำภูมิต้านทานโรคของกะหล่ำดอกและผักคะน้ำด้วย

- เชื้อจุลินทรีย์และสารชีวภัณฑ์ธรรมชาติ. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2549. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพมหานคร. หน้า 795-810.
- วิลาวรรณ เชื้อบุญ และสุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2550. ผลกระทบของการใช้จุลินทรีย์คุมโรคต่อโครงสร้างแบคทีเรีย บางกลุ่มในดินปลูกกะหล่ำดอก. ใน รายงานการประชุมวิชาการอรัทขาพืช ครั้งที่ 8. 20-22 พฤศจิกายน 2550. จ. พิษณุโลก. หน้า 257-245.
- วิลาวรรณ เชื้อบุญ และสุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2551. ความถี่และความเข้มข้นที่เหมาะสมของเชื้อแบคทีเรียที่มี ประโยชน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโรคสำคัญของกะหล่ำดอก. ใน เอกสารประกอบการประชุม วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2551. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ. กรุงเทพฯ. หน้า 572 - 580.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2548. แบคทีเรียที่สร้างเสริมความมั่นคงปลอดภัยทางอาหารด้านพืชอย่างยั่งยืน. วารสารวิชาการ 25 ปี สมาคมนักโรคพืชแห่งประเทศไทย. หน้า 58-66.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ ชัยสิทธิ์ ปรีชา สุพจน์ กาเข้ม จารุวัฒน์ เกษธรรมพิทักษ์ และดุสิต อธินุวัฒน์. 2548ก. การ จัดการโรคกล้วยเหลืองโดยวิธีผสมผสาน และการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการผลิตกล้วยเหลืองฝักสดเอกสาร ประกอบการฝึกอบรมเรื่องที่ 1. โครงการฝึกอบรมเรื่อง เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชของกล้วยเหลืองฝักสด เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดการใช้สารเคมี. วันที่ 18 มีนาคม 2548. ณ องค์การบริหารส่วนตำบลแม่เจดีย์ใหม่ อ. เวียงป่าเป้า จ. เชียงราย.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สุพจน์ กาเข้ม จารุวัฒน์ เกษธรรมพิทักษ์ และดุสิต อธินุวัฒน์. 2548ข. หลักการจัดการโรคและ ศัตรูพืช เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่องที่ 2. โครงการฝึกอบรมเรื่อง เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชของ กล้วยเหลืองฝักสดเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดการใช้สารเคมี. วันที่ 18 มีนาคม 2548. ณ องค์การบริหารส่วน ตำบลแม่เจดีย์ใหม่ อ. เวียงป่าเป้า จ. เชียงราย.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ ชัยสิทธิ์ ปรีชา วิลาวรรณ เชื้อบุญ สุพจน์ กาเข้ม จารุวัฒน์ เกษธรรมพิทักษ์ และดุสิต อธิ นุวัฒน์. 2549ก. การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพด้วยแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญและความแข็งแรงของพืชและการ เป็นปฏิปักษ์ที่สามารถควบคุมการระบาดของโรคพืช. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการ อุดมศึกษาแห่งชาติ.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ ชัยสิทธิ์ ปรีชา สุพจน์ กาเข้ม จารุวัฒน์ เกษธรรมพิทักษ์ ดุสิต อธินุวัฒน์ รัชฎาวรรณ เดชมณี ญัฐธิญา เปือนสันเทียะ และวิลาวรรณ เชื้อบุญ. 2549ข. การควบคุมโรคของกล้วยเหลืองฝักสดด้วย แบคทีเรียโอเอสอาร์และผลิตภัณฑ์ชีวภาพต่างชนิด. ใน การประชุมวิชาการพืชไร่วงศ์กล้วยแห่งชาติ ครั้งที่ 1 เรื่อง “พืชไร่วงศ์กล้วยเพื่อสุขภาพและความพอเพียง”. 28 - 30 สิงหาคม 2549. ณ โรงแรมริมกรีสอร์ท อ. เมือง จ. เชียงราย. หน้า 46 - 47.

- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สมศิริ แสงโชติ สุรเชษฐ์ จามรमान วิบูลย์ จงรัตน์เมธิกุล และทศพล พรพรหม. 2549ค. การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานในการผลิตถั่วเหลืองฝักสด. ใน การประชุมวิชาการพืชไร่วงศ์ถั่วแห่งชาติ ครั้งที่ 1 เรื่อง “พืชไร่วงศ์ถั่วเพื่อสุขภาพและความพอเพียง”. 28 - 30 สิงหาคม 2549. ณ โรงแรมริมกสิ สอร์ท อ. เมือง จ. เชียงราย. หน้า 50 - 51.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ พรพิมล จันทร์อ่อน สุพจน์ กาเข้ม และประชุม จุฑาวรรณนะ. 2550. อิทธิพลของระยะการเจริญเติบโตพืช และการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อความรุนแรงโรคลำต้นเน่าข้าวโพด และการประเมินเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ควบคุมโรค. ใน เอกสารการประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 33. 22-24 สิงหาคม 2550 ณ โรงแรม ทีเค พาเลส จ. กรุงเทพฯ. หน้า 224 - 237.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2551ก. หนังสือคู่มือจุลินทรีย์ควบคุมโรคและการปรับใช้กับระบบการผลิตพืช. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 36 หน้า.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2551ข. หลักการจัดการโรคพืชเบื้องต้น. หน้า 1-22. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรม การวินิจฉัยและการจัดการโรคพืชเบื้องต้น. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2551ค. หนังสือคู่มือการเกษตร การเตรียมเชื้อและการใช้ผลิตภัณฑ์แบคทีเรียไอเอสอาร์ด้วยวิธีการอย่างง่ายสำหรับใช้ในระบบการผลิตพืชผัก. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 13 หน้า.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2551ง. การจัดการโรคพืชโดยวิธีผสมผสานและการใช้จุลินทรีย์ในระบบการผลิตพืช. หน้า 1-28. ใน เอกสารประกอบการบรรยายฝึกอบรม เรื่องการวินิจฉัยและการจัดการโรคพืชเบื้องต้น. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2552. โรคพืชและผลกระทบต่อ การปลูกพืช. หน้า 1-8. ใน เอกสารประกอบโครงการฝึกอบรม เรื่องการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อการพัฒนาศักยภาพหมอฟืชชุมชน. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 74 หน้า.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สุพจน์ กาเข้ม จารุวัฒน์ เกาธรรมพิทักษ์ ดุสิต อธิณัฐณ์ วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และ ดิยากร ฉัตรนภารัตน์. 2552ก. หนังสือคู่มือการใช้จุลินทรีย์จัดการโรคและแมลงเพื่อการผลิตข้าวและพืชผัก. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 144 หน้า.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สุพจน์ กาเข้ม จารุวัฒน์ เกาธรรมพิทักษ์ ดุสิต อธิณัฐณ์ วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และ ดิยากร ฉัตรนภารัตน์. 2552ข. หนังสือคู่มือการใช้จุลินทรีย์จัดการโรคและแมลงเพื่อการผลิตข้าวแบบผสมผสาน. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 72 หน้า.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สมศิริ แสงโชติ สุรเชษฐ์ จามรमान วิบูลย์ จงรัตน์เมธิกุล ศรีเมฆ ชาวโพงพาง และ ทศพล พรพรหม. 2552ค. หนังสือคู่มือระบบการจัดการศัตรูพืชสำหรับถั่วเหลืองฝักสด. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 68 หน้า.

- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ วิลาวรรณ เชื้อบุญ วราภรณ์ ภูภักดีพันธ์ จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์ และสุพจน์ กาเข้ม. 2553. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ควบคุมโรคในระบบการจัดการแมลงและวัชพืชแบบผสมผสานของการผลิตข้าว. มุลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 30 กันยายน 2553. ณ ห้องกมลทิพย์ 3 โรงแรมสยามซิตี กรุงเทพฯ.
- สุนันทนาถ นุราภักดี และสุดฤดี ประเทืองวงศ์ 2554. อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มกิจกรรมการยับยั้งโรคของเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะสายพันธุ์ผสม ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ. กรุงเทพฯ. หน้า 131-140.
- สุพจน์ กาเข้ม และสุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2550. การเพิ่มประสิทธิภาพสูตรสำเร็จแบคทีเรียควบคุมโรคด้วยผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อปรับใช้ในระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสด. ใน รายงานการประชุมวิชาการอารักขาพืช ครั้งที่ 8. 20-22 พฤศจิกายน 2550. จ. พิษณุโลก. หน้า 206 - 221.
- Buensanteai, N., D. Athinuwat, T. Chatnaparat, G.Y. Yuen and S. Prathuangwong. 2008. Extracellular proteome of plant growth promoting-bacteria, *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 and its effect on enhanced growth promotion and induced systemic resistance on soybean. In Proc. of 46th Kasetsart University Annual Conference. Jan 29 –Feb 1, 2008. Bangkok. 242-252.
- Buensanteai, N., G.Y. Yuen and S. Prathuangwong. 2008. The biocontrol bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 produces auxin, surfactin and extracellular proteins for enhanced growth of soybean plant. Thai J. of Agri. Sci. 41(3): 101-116.
- Chuaboon, W. and S. Prathuangwong. 2009. Control of dirty panicle disease of rice with antagonist microbes under field condition. Proc. of the ISSAAS International Congress. Feb. 23 - 27, 2009. Bangkok. P51.
- Desnoues, N., M. Lin., X. Guo, L. Ma, R. C. Lopez and C. Elmerich. 2003. Nitrogen fixation genetics and regulation in a *Pseudomonas stutzeri* strain associated with rice. Microbiology 149: 2251-2262.
- Kasem, S. and S. Prathuangwong. 2007. Seed storage coated with PGPR for seedling vigor and downy mildew reduction of sweet corn. Proc. of the ISSAAS International Congress, *Agriculture is a Business*. Dec. 12 -14, 2007. Melaka.
- Prathuangwong, S., S. Kasem, J. Thowthampitak and D. Athinuwat. 2005. Multiple plant response to bacterial mediated protection against various diseases. J. of ISSAAS. 11(3): 79-87.
- Prathuangwong, S., S. Vudhivanich and C. Preecha. 2005. Agro-ecological assessment of vegetable farming at suphanburi to conduct IPM strategy. J. of ISSAAS. 11(3): 103-114.

- Prathuangwong, S., S. Kasem, C. Precha, W. Chuaboon and S. Tsuyumu. 2006. Field management of vegetable diseases with thermotolerant bacterial antagonist and synergistic bioproduct. *In Proc. of the 5th JSPS-NRCT Joint Seminar on Development of Thermotolerant Microbial Resources and Their Applications*. Nov. 7-10, 2006. Aisawan Resort & Spa, Patthaya. P64.
- Prathuangwong, S. and N. Buensanteai. 2007. *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 induced systemic resistance against bacterial pustule pathogen with increased phenols, peroxides, and 1,3- β -glucanase in soybean plant. *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.* 42: 321-330.
- Prathuangwong, S., S. Kasem, C. Preecha, J. Thowthampitak, D. Athinuwat, N. Buensanteai, R. Detmanee and S. Tsuyumu. 2007a. *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 uniformly perceives in numerous experiments to improve plant health and environment. Summary Book JSPS-NRCT Core University Program (1998~2008) on Development of Thermotolerant Microbial Resources and Their Applications. 84:29-30.
- Prathuangwong, S., W. Chuaboon, S. Kasem, N. Hiromitsu and K. Suyama. 2007b. Formulation development of *Pseudomonas fluorescens* SP007s to control Chinese kale diseases in farming production. *In Proc. of the ISSAAS International Congress, Agriculture is a Business*. Dec. 12 -14, 2007. Melaka.
- Prathuangwong, S. 2008. Strain certification and availability of a microorganism. Thailand Institute of Scientific and Technological Research.
- Prathuangwong, S. and N. Buensanteai. 2008. *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 produced indole-3-acetic acid in culture medium and its effect on growth promotion via increased proteome expression and indole-3-acetic acid contain in soybean plant. *Phytopathol.* 98 (6, Supplement): S127.
- Prathuangwong S., P. Chan-on, S. Kasem and W. Chuaboon. 2008. Enhanced biocontrol efficacy by bacterial antagonist mixtures against bacterial pustule disease of soybean. *J. of Plant Pathology* 90 (2, Supplement), S2.419
- Prathuangwong, S. 2009. Biological control of Brassicaceae diseases using the new bacterial antagonist strains (Manuscript in preparation for AFRP 2004-2008; in press).

- Prathuangwong, S. and D. Athinuwat. 2009. Mixtures of bacterial antagonist strains enhanced biocontrol efficacy and reduce fungicide use of green soybean production. p 30. *In Proc. of World Soybean Research Conference VIII. Aug. 10-15, 2009. Beijing.*
- Prathuangwong, S., P. Chiemsombat, P. Chan-on, N. Techati, P. Juthawantana and J. Thowthampitak. 2009a. Effect of new biocontrol agents on reduction of bacterial and viral diseases of corn . *Proc. of the 1st International Conference on Corn and Sorghum Research and the 34th National Corn and Sorghum Research Conference. Apr. 8-10, 2009. Patthaya. P31.*
- Prathuangwong, S., W. Chuaboon, T. Chatnaparat, V. Pitiyon, B. Pitiyon, S. Uraichuen and D. Suwankul. 2009b. Development of a reduced use pesticide program for the sustainable management of disease, insect and weed on chinese kale production. *In Proc. of the ISSAAS International Congress. Feb. 24-26, 2009. Bangkok. P120.*
- Prathuangwong, S. T. Chatnaparat, W. Pupakdeepan, N. Hemsanit, S. Kasem, H. Hirata and S. Tsuyumu. 2010a. Combining *Pseudomonas fluorescens* SP007s product and manure mixed SP007s improves disease control and effects defense related enzymes of rice. *In Proc. of the 2nd Joint Seminar in Asian Core Program. Nov. 19-21, 2010. Khon Kaen. P100.*
- Prathuangwong, S., W. Chuaboon., N. Hemsanit and W. pupakdeepan. 2010b. Improved rice resistance to disease and drought stress after treatment with new microbial product affects antioxidant regulation.P75 in *Proc. of the ISSAAS International Congress 2010. Nov.14-18, 2010.Bali.*
- Prathuangwong, S., T. Chatnaparat, W. Pupakdeepan, N. Hemsanit, and A. Sulaiman. 2011. *Pseudomonas fluorescens* SP007s reduces plant infection and increases γ -aminobutyric acid in seed infected by a complex pathogens of rice. *Phytopathol. 100 (in press).*
- Preecha, C. 2009. Formulation development and partial characterization of mechanism conferred by *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 against soybean disease. Ph.D. Thesis. Kasetsart University, Bangkok.
- Preecha, C., M. J. Sadowsky and S. Prathuangwong. 2009. Lipopeptide surfactin produced by *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 is required for biocontrol efficacy against *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*. *Kasetsart J. (Nat. sci.). 44(1): 84-99.*

Thowthampitak, J. and S. Prathuangwong. 2010. Report of insecticidal activity of bacterial antagonist strain *Pseudomonas fluorescens* KU52 with biopesticide (*Tacca chantrieri*) on Chinese kale. *In Proc. of the ISSAAS International Congress 2010*. Nov.14-18, 2010.Bali. P208.

โครงการย่อยที่ 2 ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดค้ำควาดำผสมบาซิลลัส ทูรินจิเอนซิส (บีที) เพื่อจัดการแมลงศัตรูผัก

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2555 จำนวนเงิน 1,718,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ กรกฎาคม 2555 ถึง กรกฎาคม 2556

คณะผู้วิจัย

ดร. จารุวัฒน์ เกษธรรมพิทักษ์	ภาควิชากีฏวิทยา	คณะเกษตร	โทร. 0-2942-8350
รศ.ดร. วิบูลย์ จงรัตน์เมธีกุล	ภาควิชากีฏวิทยา	คณะเกษตร	โทร. 0-2942-8350
ผศ.ดร. โสภณ อุไรชื่น	ภาควิชากีฏวิทยา	คณะเกษตร กำแพงแสน	โทร. 0-34351-886

บทนำ

การแก้ปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่เมื่อเกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืช คือการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง แต่เนื่องจากการใช้อย่างผิดวิธี และใช้มากเกินไปจนทำให้แมลงศัตรูพืชต้านทานสารเคมี แต่สภาพปัจจุบันกระแสดความใส่ใจเรื่องสุขภาพ และการที่ผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับการบริโภคสินค้าเกษตรที่มีความปลอดภัยและปราศจากการตกค้างของสารเคมีในปัจจุบัน จึงต้องมีการศึกษาแนวทางเพื่อลดปัญหาดังกล่าวลง การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เข้าร่วมในระบบการปลูกคะน้าจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจที่จะนำไปใช้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ผ่านมา พบว่าเชื้อจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ รวมทั้งเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ของโครงการที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ดี เช่น สายพันธุ์ KPS46 สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ surfactin และสามารถเพิ่มการผลิตฮอร์โมนพืช indole-3-acetic acid (IAA) กระตุ้นให้ถั่วเหลืองเจริญเติบโตแข็งแรงสมบูรณ์รวดเร็วให้ผลผลิตสูงและรอดพ้นต่อการถูกเชื้อโรคทำลายและแมลงศัตรูพืช (Prathuangwong and Buensanteai 2007; Chatnaparat and Prathuangwong, 2009) และนอกจากนี้ทางโครงการยังมีการศึกษาเกี่ยวกับเชื้อ *Bacillus thuringiensis* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ซึ่งมีความสามารถในการควบคุมแมลงได้เป็นอย่างดี จึงเกิดแนวคิดที่จะนำเชื้อ *B. thuringiensis* มาผสมกับสารสกัดค้ำควาดำ ที่เคยมีรายงานเกี่ยวกับการควบคุมแมลงศัตรูถั่วฝักยาว และจากการศึกษาของโครงการ “ การใช้สูตรสารสกัดค้ำควาดำ และค้ำควาดำผสมบาซิลลัส ทูรินจิเอนซิส (บีที) เพื่อจัดการแมลงศัตรูผัก ” พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์ผสมสารสกัดค้ำควาดำมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก โดยสามารถยับยั้งหนอนใยผัก และลดปริมาณหนอนกระทู้ และด้วงหมัดกระโดดได้อย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถกระตุ้นพืชให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีด้วย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชยังสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตให้มีจำนวนมากขึ้น และมีคุณภาพดีขึ้น มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อไร่ลดลง แต่อย่างไรก็ดีผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดค้ำควาดำยังมีการใช้น้อยและ/หรือไม่มีการใช้ หรืออาจจะมีการใช้แบบไม่ถูกต้องปลอดภัย และอาจจะยังไม่เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้จัดการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีของโครงการจำนวน 2 ครั้ง ณ องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านพราน อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง และองค์การบริหารส่วนตำบลหนองแม่ไก่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง โดยแบบประเมินผลความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมพบว่า ผลการจัดฝึกอบรมให้ผลเป็น

ที่น่าพอใจในระดับดีถึงดีมาก และเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องมีความสนใจผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดค้างคาวดำ และต้องการใช้อย่างต่อเนื่อง

ด้วยเหตุนี้จึงทำให้กลุ่มนักวิจัย คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชให้มีต้นทุนต่ำที่สุด และรักษาระดับของผลผลิตและคุณภาพให้อยู่ในระดับสูงโดยการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ร่วมในระบบการจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน เน้นการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ และจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เข้าร่วมในระบบการปลูกคะน้าจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจที่จะนำไปใช้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ผ่านมา พบว่าเชื้อจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ รวมทั้งเชื้อแบคทีเรียของโครงการที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ดี เช่น เชื้อ *Bacillus thuringiensis* (บีที) ซึ่งมีความสามารถในการควบคุมแมลงได้เป็นอย่างดี จึงเกิดแนวคิดที่จะนำเชื้อ *B. thuringiensis* มาผสมกับสารสกัดค้างคาวดำ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์ผสมสารสกัดค้างคาวดำมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชยังสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตให้มีจำนวนมากขึ้น และมีคุณภาพดีขึ้น มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อไร่ลดลง แต่อย่างไรก็ดีผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดค้างคาวดำยังมีการใช้น้อย และ/หรือไม่มีการใช้ หรืออาจจะมีการใช้แบบไม่ถูกต้องปลอดภัย และอาจจะยังไม่เกิดประโยชน์สูงสุด ด้วยเหตุนี้จึงทำให้คณะผู้วิจัยมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อบีทีผสมสารสกัดค้างคาวดำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สะดวกในการนำไปใช้ ให้ผลตอบแทนสูงขึ้น และลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรลง โดยจะศึกษาองค์ความรู้ด้านต่างๆ เพิ่มเติมเพื่อเป็นหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บีทีผสมสารสกัดค้างคาวดำเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ มีประสิทธิภาพสูง เป็นที่ยอมรับของตลาดในประเทศและตลาดส่งออก

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการรวบรวมข้อมูลพบปัญหาสำคัญที่ทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชผักลดลง คือ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช โดยเป็นปัญหาของเกษตรกร และเกษตรกรมักแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง โดยจะสารเคมีเป็นส่วนใหญ่จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค ตลอดจนการแข่งขันทางการค้าและความเสี่ยงต่อการตรวจสอบย้อนกลับ โดยแมลงศัตรูที่มีความสำคัญและเข้าทำลายพืชผัก ได้แก่

1. หนอนใยผัก หนอนใย หรือตัวจรวด ตัวหนอนเมื่อฟักออกจากไข่จะอาศัยแทะเล็มกัดกินอยู่ผิวใบ เมื่อหนอนโตขึ้น แผลกัดกินก็จะใหญ่ขึ้น ทำให้ผักเป็นรูพรุนเสียคุณภาพ
2. หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน หนอนชนิดนี้ทำลายพืชผักโดยกัดกินแทบทุกส่วนของพืช เช่น ดอก ใบ ภายในลำต้น หน่อ และฝัก ทำให้ผักสูญเสียคุณภาพหลุดหรือใบหอม หรืออาจจะเข้าไปกัดกินในหัวกะหล่ำ ทำให้ใบผักได้รับความเสียหายมาก

3. หนอนกระทู้หอม หนอนหลอดหอม หนอนหอม หรือหนอนหนังเหนียว หนอนชนิดนี้กินจุและกินอย่างรวดเร็ว ตัวหนอนเมื่อยังเล็กอยู่จะเป็นกลุ่มแทะกินผิวใบด้านล่างของผัก เมื่อโตขึ้นหนอนมักหลบซ่อนอยู่ตามใต้ใบยอด ซอกกาบใบ กัดกินใน

4. ตัวงเต่าแตง เต่าแตงแดง หรือเต่าแตงดำ ตัวอ่อนของตัวงเต่าแตงอาศัยอยู่ในดินและกัดกินรากพืช ส่วนตัวเต็มวัยทำลายยอดแตงโดยแทะกัดกินใบอ่อนในระยะเริ่มงอกจะเหลือแต่ลำต้น เป็นปัญหารุนแรงกับแตงที่เริ่มงอก

5. แมลงหริ้วขาว หรือแมลงหริ้วขาวยาสูบ ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบมะเขือเทศ ทำให้ใบเป็นแผล และนอกจากนี้ยังเป็นพาหะนำโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ทำให้พืชได้รับความเสียหายมาก

อย่างไรก็ตามการควบคุมแมลงศัตรูพืชต่างๆ เหล่านี้ไม่ค่อยประสบความสำเร็จหากมีการใช้วิธีการควบคุมเพียงวิธีเดียว หรือการใช้สารเคมีเพียงอย่างเดียว ซึ่งนอกจากจะไม่สามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้แล้ว ยังเกิดการตกค้างในผลผลิตและในสภาพแวดล้อม โดยเกษตรกรส่วนมากจะมีการใช้สารเคมีเกินความจำเป็น และใช้อย่างผิดวิธี จึงทำให้แมลงศัตรูพืชเกิดการพัฒนามิถันด้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลง ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงลดลง ซึ่งปัญหาที่ตามมาคือการตกค้างของสารเคมีในผลผลิตพืชผักหรือในสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดการไม่รับการยอมรับจากผู้บริโภค และประเทศคู่ค้าปฏิเสธสินค้าจากประเทศไทย จึงทำให้นักวิจัยต้องคิดค้นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าว การใช้สารสกัดจากธรรมชาติจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจและปลอดภัยสูง การใช้สารสกัดจากพืชเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเพราะสามารถนำมาทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดแมลงได้ ค้างคาวดำ (*Tacca chantrieri*) เป็นพืชสมุนไพรที่น่าสนใจ และปลูกทั่วประเทศไทย เพราะมีสรรพคุณทางยามากมาย และจากการทดสอบกับแมลงศัตรูพืชหลายชนิด พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงได้เป็นอย่างดี รวมถึงผลการศึกษาของคณะนักวิจัยที่ผ่านมาก็สามารถยืนยันถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากค้างคาวดำได้เช่นกัน โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งหนอนใยผักได้ดี

นอกจากสารสกัดจากพืชแล้วเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์หลายสายพันธุ์รวมทั้งเชื้อ *B. thuringiensis* ก็มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแมลงศัตรูพืชผักได้ดีเช่นกัน ทั้งประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงโดยตรงหรือการกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้านทานพืชให้ต้านทานแมลง หรือการสร้างสารไล่แมลง ซึ่งล้วนแต่เป็นประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้งสิ้น ซึ่งการที่จะพัฒนาวิธีการให้เหมาะสมในการใช้ในการจัดการกับแมลงศัตรูพืชผัก คณะนักวิจัยจึงพยายามนำทั้งสารสกัดจากค้างคาวดำ และ *B. thuringiensis* มาพัฒนารวมกันเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป โดยผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้นั้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหมาะสมกับสภาพสังคมปัจจุบันที่เกษตรกรเริ่มตระหนักถึงพิษภัยของการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่มากขึ้นจนเกิดผลเสีย จึงเกิดการยอมรับเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ของโครงการไปใช้ขยายผลต่อยอด และมีความต้องการที่จะใช้ผลิตภัณฑ์ของโครงการ นำมาซึ่งความมั่นคงของเกษตรกร

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

1. การสกัดและศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดค้ำควาดำในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง

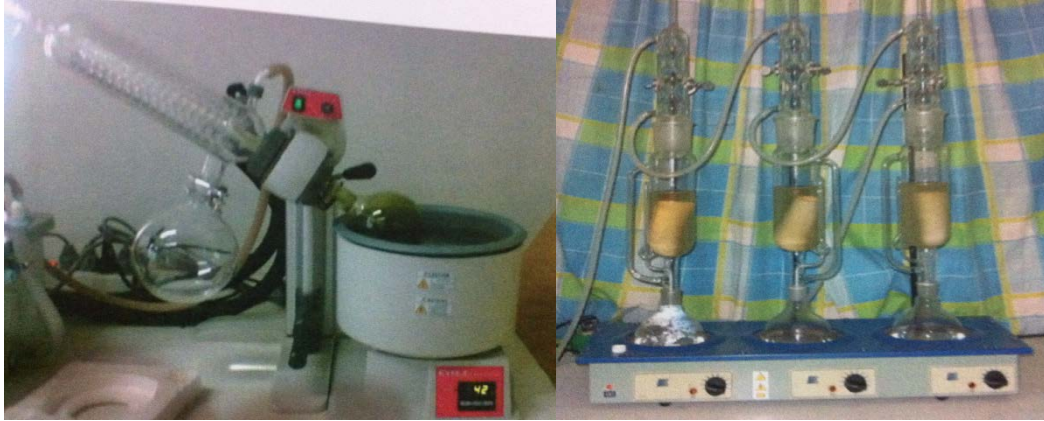
จากการศึกษาวิจัยเบื้องต้นที่ผ่านมาได้นำสารสกัดหยาบจากส่วนลำต้นเหนือดินของค้ำควาดำ (*Tacca chantrieri*) มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนเจาะฝัก (*Helicoverpa armigera*) และเพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora*) แมลงศัตรูสำคัญของถั่วเหลือง พบว่าสารสกัดจากค้ำควาดำมีแนวโน้มในการควบคุมแมลงทั้งสองชนิดได้ การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลของสารสกัดค้ำควาดำกับแมลงศัตรูผักคะน้า ซึ่งการทดลองในครั้งนี้เลือกคะน้าเป็นพืชทดสอบ เนื่องจากคะน้าถือว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นิยมใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออกบางส่วน และมีแผนที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดพืชให้มีประสิทธิภาพหรือรูปแบบที่สะดวกและง่ายต่อการใช้ของเกษตรกร และขยายผลการวิจัยลงสู่ระดับแปลงทดลอง หากสารสกัดจากค้ำควาดำมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชคะน้า

การสกัดสารออกฤทธิ์จากต้นค้ำควาดำ ทำการวิจัยโดยเตรียมตัวอย่างค้ำควาดำโดยใช้ส่วนของลำต้นมาสกัดสารออกฤทธิ์ โดยการนำลำต้นค้ำควาดำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ (ภาพที่ 10) หลังจากนั้นนำไปสกัดด้วยวิธี Soxhlet extraction โดยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย นำต้นค้ำควาดำที่เตรียมไว้บรรจุใน Thimble โดยใช้ตัวอย่างพืช 100 กรัม ต่อ ethanol 800 มิลลิลิตร (1:8 w/v) แล้วนำไปสกัดด้วยเครื่องสกัดสาร Soxhlet apparatus สกัดวันละ 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วัน (ภาพที่ 24) หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จะได้สารสกัดที่ผสมอยู่ในตัวทำละลาย จึงนำไประเหยเอาตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ก็จะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) ซึ่งจัดเป็นสารสกัดเข้มข้น 100% นำไปเก็บโดยวิธีการแช่แข็ง เพื่อใช้ทดสอบขั้นต่อไป

เตรียมสารสกัดจากต้นค้ำควาดำสำหรับการทดลองโดยนำสารสกัดที่ได้จากวิธี Soxhlet extraction เจือจางด้วยน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อจนมีความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5, 10 และ 20 % (w/v) ด้วยวิธี serial dilution และใส่สารจับใบ 0.5% ส่วนชุดควบคุมใช้น้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อผสม ethanol 1% และสารจับใบ 0.5%



ภาพที่ 10 ตัวอย่างลำต้นค้ำควาดำ และลำต้นค้ำควาดำหั่น



ภาพที่ 11 การสกัดสารด้วยเครื่อง rotary evaporator และการสกัดด้วยวิธี Soxhlet extraction

1.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าแมลง (Insecticidal activity)

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผัก ทำการทดสอบโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) โดยตัดใบคะน้าเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร หรือเท่ากับก้นถ้วยเลี้ยงแมลง นำชิ้นใบคะน้าไปจุ่มสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมไว้นาน 10 วินาที ผึ่งใบให้แห้ง หลังจากนั้นวางชิ้นใบคะน้าที่ชุบสารแล้วในถ้วยเลี้ยงแมลง (ภาพที่ 25) เชี่ยวหนอนใยผักวัย 2 ลงบนชิ้นใบคะน้า ใบละ 5 ตัว ทดสอบ 10 ซ้ำ ต่อ ความเข้มข้น (50 ตัวต่อความเข้มข้น) บันทึกอัตราการตายของหนอนหลังจากทำการทดสอบที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง นำข้อมูลไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การตาย และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหาร (Antifidant activity)

นอกจากนี้ยังศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหาร โดยการทดสอบแบบไม่ให้ทางเลือก (no-choice test) เตรียมสารสกัดจากต้นค้ำคาวดำ โดยใช้ความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5, และ 10 % เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 และใช้น้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อเป็นชุดควบคุม ทดสอบโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) เช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าแมลง หลังจากนั้นเตรียมหนอนใยผักวัย 2 สำหรับทดสอบ โดยให้หนอนอดอาหารทิ้งไว้ก่อนนาน 30 นาที จึงเชียวหนอนลงบนใบคะน้าที่จุ่มสารแล้ว ใบละ 5 ตัว ทดสอบ 10 ซ้ำ ต่อ ความเข้มข้น (50 ตัวต่อความเข้มข้น) บันทึกการกินของหนอนหลังการทดลองที่ 24 ชั่วโมง โดยวัดพื้นที่ใบก่อนและหลังกินด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (LI-300A Portable Area Meter) นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่า antifeedant index ตามวิธีการของ Blaney *et al.* (1984) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้สมการ ดังนี้

$$AFI = (C-T) / (C+T) \times 100$$

เมื่อ C = % การกินในชุดควบคุม T = % การกินในชุดทดลอง



ภาพที่ 12 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากต้นค่างควาดำในการฆ่าแมลง และยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผักวัย 2

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

การเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง

โดยการทดลองนี้ใช้แมลงทดสอบ คือ หนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) โดยเก็บรวบรวมหนอนและดักด้หนอนใยผักจากแปลงปลูกผักคะน้าของเกษตรกร อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี หลังจากนั้นนำมาเลี้ยงต่อในห้องเลี้ยงแมลงที่อุณหภูมิต่ำ โดยนำดักด้มาใส่รวมกันในกรงพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมขนาด 30x30 เซนติเมตร ด้านข้างบุด้วยตาข่ายลวด รองจนเป็นตัวเต็มวัย หลังจากแมลงเจริญเป็นตัวเต็มวัยแล้ว นำสำลีชุบน้ำหวานเจือจาง 10% ใส่ลงในกรงเพื่อเป็นอาหารของตัวเต็มวัย และใส่ต้นกล้าคะน้าอายุประมาณ 1 สัปดาห์ ที่ปลูกไว้เพื่อให้ตัวเต็มวัยวางไข่ จนกระทั่งหนอนเริ่มฟักออกมาจากไข่จึงนำต้นคะน้าออกมาใส่กล่องพลาสติกทรงกลมมีฝาปิด นำใบคะน้ามาวางทับบนต้นคะน้าหนอนจะค่อยๆ เคลื่อนที่ไปสู่อุณหภูมิใบคะน้า หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนใบคะน้าตามความเหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ขั้นตอนการเลี้ยงหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ

1. การสกัดและศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดค้ำควาดำในการควบคุมหนอนใยผัก ในระดับห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง

การสกัดสารออกฤทธิ์จากต้นค้ำควาดำโดยวิธีการสกัดแบบ Soxhlet extraction โดยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย ได้สารสกัดหยาบอยู่ในลักษณะของเหลวขุ่นหนืด (ภาพที่ 14) เมื่อนำไปเตรียมสำหรับทดสอบที่ความเข้มข้นต่างๆ จึงใช้วิธีการชั่งก่อนนำไปเจือจางด้วยน้ำให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการ (%w/v)



ภาพที่ 14 สารสกัดค้ำควาดำหยาบด้วยวิธี Soxhlet extraction โดยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย

1.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าแมลง (Insecticidal activity)

ผลการทดลองประสิทธิภาพของสารสกัดจากต้นค้ำควาดำในการควบคุมหนอนใยผัก วัย 2 โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) พบว่าสารสกัดจากต้นค้ำควาดำ ที่ระดับความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5, และ 10 % (w/v) มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนใยผักได้ 80, 84, 84, และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ 72 ชั่วโมงหลังเริ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นระดับต่างๆ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 10% ทำให้หนอนตายมากที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมหนอนตาย 4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อัตราการตายเฉลี่ยของหนอนใยผัก วัย 2 หลังจากได้รับสารสกัดจากต้นค้ำควาดำที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังเริ่มการทดลองโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (%w/v)	อัตราการตายของหนอน (%) ที่ระยะเวลา (ชั่วโมง) ^{1/}		
	24	48	72
Control	0d	2e	4d
1.25	10c	74d	80c
2.5	10c	78c	84b
5.0	14b	82b	84b
10.0	16a	84a	88a
CV	61.64	54.49	52.78

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ถูกกำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's multiple range test

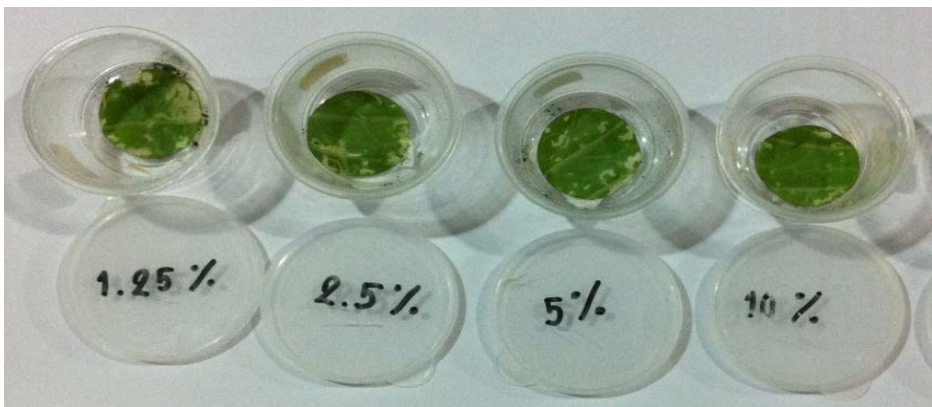
1.2 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหาร (Antifidant activity)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากต้นค้ำควาดำในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผักวัย 2 ที่อดอาหารทิ้งไว้นาน 30 นาที โดยใช้สารสกัดในอัตราความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5, และ 10% เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 โดยวิธีการจุ่มใบแบบไม่ให้ทางเลือก และเช็คผลการทดลองที่ 24 ชั่วโมง หลังเริ่มการทดลอง โดยตรวจวัดพื้นที่ใบที่ถูกทำลายเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เพื่อคำนวณหาค่ายับยั้งการกิน พบว่าสารสกัดจากต้นค้ำควาดำสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผักได้ โดยที่ความเข้มข้นระดับ 1.25, 2.5, 5, และ 10 % มีค่า AFI เท่ากับ 11.11, 14.94, 20.48, และ 33.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6 ภาพที่ 15)

ตารางที่ 6 อัตราการยับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant index, AFI) ของหนอนไผ่กล้วย 2 เมื่อได้รับสารสกัดจากต้นค้ำควาดำที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ 24 ชั่วโมง หลังเริ่มการทดลองทดสอบแบบไม่ให้ทางเลือก (no-choice test)

ความเข้มข้น (%)	อัตรายับยั้งการกินอาหาร ^{1/} (AFI)
1.25	11.11c
2.5	14.94c
5.0	20.48b
10.0	33.33a

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ถูกกำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's multiple range test



ภาพที่ 15 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดค้ำควาดำในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนไผ่กล้วย 2

จากผลการทดลองในข้อ 1.1 และ 1.2 ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า สารสกัดจากต้นค้ำควาดำมีประสิทธิภาพที่จะสามารถฆ่าหรือยับยั้งการกินอาหารของหนอนไผ่กล้วยได้ โดยการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนไผ่กล้วยนั้น สารสกัดค้ำควาดำที่ความเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการฆ่าหนอนไผ่กล้วย นอกจากนี้ที่ความเข้มข้นเดียวกันยังมีความสามารถในการยับยั้งการกินของหนอนไผ่กล้วยได้ด้วยเช่นกัน จากผลการทดลองทั้งข้อ 1.1 และ 1.2 พบว่าถึงแม้ที่ความเข้มข้นของสารสกัดจากต้นค้ำควาดำต่ำจะมีความสามารถในการฆ่าหนอนไผ่กล้วยได้น้อย ถึงแม้ว่าหนอนไผ่กล้วยไม่ตายแต่ก็มีความสามารถในการกินอาหารได้ลดลง จึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากต้นค้ำควาดำมีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนไผ่กล้วยได้จริง

1.3 การสกัดและศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดค้างคาวดำในการควบคุมหนอนใยผักในระดับเรือน

ทดลอง

การสกัดสารออกฤทธิ์จากต้นค้างคาวดำ ทำการวิจัยโดยเตรียมตัวอย่างค้างคาวดำโดยใช้ส่วนของลำต้น มาสกัดสารออกฤทธิ์ โดยการนำลำต้นค้างคาวดำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ หลังจากนั้นนำไปสกัดสารด้วยวิธี Soxhlet extraction โดยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลาย นำต้นค้างคาวดำที่เตรียมไว้บรรจุใน Thimble โดยใช้ตัวอย่างพืช 100 กรัม ต่อ ethanol 800 มิลลิลิตร (1:8 w/v) แล้วนำไปสกัดด้วยเครื่องสกัดสาร Soxhlet apparatus สกัดวันละ 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จะได้สารสกัดที่ผสมอยู่ในตัวทำละลาย จึงนำไปประเหยเอาตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ก็จะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) ซึ่งจัดเป็นสารสกัดเข้มข้น 100% นำไปเก็บโดยวิธีการแช่แข็งเพื่อใช้ทดสอบ

สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดค้างคาวดำในการควบคุมหนอนใยผักระดับเรือนทดลอง ทดสอบโดยเตรียมสารสกัดจากต้นค้างคาวดำเช่นเดียวกับการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ โดยนำสารสกัดที่ได้จากวิธี Soxhlet extraction เจือจางด้วยน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อจนมีความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5, และ 10% (w/v) ด้วยวิธี serial dilution และใส่สารจับใบ 0.5% ส่วนชุดควบคุมใช้น้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อผสม ethanol 1% และสารจับใบ 0.5% โดยพ่นลงบนต้นคะน้าอายุ 30 วัน ที่ปลูกในกระถางขนาด 6 นิ้ว กระถางละ 3 ต้น โดยแต่ละความเข้มข้นพ่นบนต้นคะน้าปริมาตรสารสกัด 20 มิลลิลิตร/กระถาง ในแต่ละความเข้มข้นทำการทดลอง 10 ซ้ำ โดยแต่ละกรรมวิธีปล่อยหนอนใยผักวัย 2 กระถางละ 5 ตัว (50 ตัวต่อความเข้มข้น) บันทึกอัตราการตายของหนอนใยผัก หลังทำการทดสอบ 48 ชั่วโมง นำข้อมูลไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การตาย และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

ผลการทดลองประสิทธิภาพของสารสกัดจากค้างคาวดำในการควบคุมหนอนใยผัก วัย 2 ในระดับเรือนทดลอง พบว่าสารสกัดจากต้นค้างคาวดำ ที่ระดับความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5, และ 10 % (w/v) มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนใยผักได้ 90, 94, 96, และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ 48 ชั่วโมงหลังพ่นสารละลายสารสกัดค้างคาวดำบนต้นคะน้า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นระดับต่างๆ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 10% ทำให้หนอนตายมากที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมหนอนตาย 6 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 อัตราการตายของหนอนใยผัก วัย 2 หลังได้รับสารสกัดจากต้นค้ำควาดำที่ 48 ชั่วโมง หลังเริ่มการทดลองโดยวิธีพ่นใบคะน้ำในระดับเรือนทดลอง

ความเข้มข้น (%w/v)	อัตราการตาย ^{1/} (%)
Control	6e
1.25	90d
2.5	94c
5.0	96b
10.0	100a

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ถูกกำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's multiple range test

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากต้นค้ำควาดำทั้งในระดับ และการทดสอบในระดับเรือนทดลอง พบว่าสารสกัดจากต้นค้ำควาดำมีประสิทธิภาพที่จะสามารถฆ่าหรือยับยั้งการกินอาหารของหนอนใยผักได้ โดยการทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักนั้น สารสกัดค้ำควาดำที่ความเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการฆ่าหนอนใยผักทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง ซึ่งในแต่ละความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักได้ดีในระดับแตกต่างกัน ซึ่งจากผลการทดลองเบื้องต้นคณะนักวิจัยจึงคาดว่าสารสกัดจากต้นค้ำควาดำน่าจะมีประสิทธิภาพสูงและสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หรือใช้ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์กำจัดแมลงคือ เชื้อ *Bacillus thuringiensis* ซึ่งน่าจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในการกำจัดแมลงศัตรูคะน้ำและผักชนิดต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของการกำจัดแมลงได้อย่างดี เนื่องจากต้นค้ำควาดำสามารถปลูกและหาได้ในท้องถิ่น

2. การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ *B. thuringiensis* ในการควบคุมหนอนใยผัก ในระดับห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 โดยเลี้ยงเชื้อในอาหาร nutrient broth (NB) ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ปรับค่าความขุ่นสำหรับใช้ในการทดลองด้วยเครื่อง spectrophotometer ให้มีค่าความเข้มข้นของเซลล์เชื้อแบคทีเรียต่างๆ ได้แก่ 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 , และ 1×10^{10} cfu/ml นำสารละลายเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมกับหนอนใยผักวัย 2 โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) เช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากค้ำควาดำ โดยตัดใบคะน้ำเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร หรือเท่ากับก้นถ้วยเลี้ยงแมลง นำชิ้นใบคะน้ำไปจุ่มสารสกัดที่เตรียมไว้นาน 10 วินาที ผึ่งใบให้แห้ง หลังจากนั้นวางชิ้นใบคะน้ำที่ชุบสารแล้วในถ้วยเลี้ยงแมลง เชี่ยหนอนวัย 2 ลงบนชิ้นใบคะน้ำ

ใบละ 5 ตัว ทดสอบ 10 ซ้ำ ต่อ ความเข้มข้น (50 ตัวต่อความเข้มข้น) สังเกตพฤติกรรมและการอยู่รอดของหนอนที่ได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดแต่ละส่วนมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติโดย Duncan's New Multiple Rang Tests (DMRT) จากผลการทดลองในส่วนนี้จะได้อข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ในการควบคุมหนอนใยผัก และทราบความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้เชื้อดังกล่าวต่อไป

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 , และ 1×10^{10} cfu/ml นำมาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักวัย 2 โดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method) เช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากค่างคาวดำ สังเกตพฤติกรรมและการอยู่รอดของหนอนที่ได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ ผลการทดลองพบว่า เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 แต่ละความเข้มข้นมีความสามารถในการยับยั้งหนอนใยผักวัย 2 โดยที่ระดับความเข้มข้น 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 , และ 1×10^{10} cfu/ml สามารถทำให้หนอนใยผักตายได้ในอัตราเฉลี่ยที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 6, 24, 40, 48, 88, 94 และ 98 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 8) นอกจากนี้ยังพบว่าหนอนใยผักที่กินใบคะน้าที่จุ่มเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ความเข้มข้นต่ำๆ แล้วหนอนใยผักไม่ตายทั้งหมด พบว่าหนอนใยผักที่เหลืออยู่บางตัวจะตายก่อนที่จะเข้าระยะดักแด้ หรือเข้าดักแด้แล้วไม่ฟักเป็นตัวเต็มวัย นอกจากการตายของหนอนใยผักหลังได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 แล้ว หนอนจะมีพฤติกรรมการกินที่ลดลง

ตารางที่ 8 อัตราการตายของหนอนใยผักวัย 2 หลังจากได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังเริ่มการทดลองโดยวิธีจุ่มใบ (leaf-dipping method)

ความเข้มข้น (cfu/ml)	อัตราการตายเฉลี่ยของหนอน (%) ที่ระยะเวลา (ชั่วโมง) ^{1/}		
	24	48	72
1x10 ⁴	0e	4g	6g
1x10 ⁵	0e	14f	24f
1x10 ⁶	2d	22e	40e
1x10 ⁷	4c	26d	48d
1x10 ⁸	8b	44c	88c
1x10 ⁹	8b	52b	94b
1x10 ¹⁰	10a	60a	98a
CV	90.07	65.28	64.51

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ถูกกำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's multiple range test

นอกจากนี้จากการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ในระดับเรื้อนทดลองในการควบคุมหนอนใยผัก พบว่าประสิทธิภาพของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ระดับความเข้มข้น 1x10¹³ cfu/ml มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักได้สูงที่สุด เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ หลังปล่อยหนอน 72 ชั่วโมง (ตารางที่ 9) โดยลักษณะของหนอนที่ตายก็จะมีลักษณะลำตัวบวม อวบน้ำ นิ่ม และแตกง่าย นอกจากนี้ยังพบว่า การทดสอบในระดับเรื้อนทดลองให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ คือ หนอนจะมีพฤติกรรมการกินที่ลดลง เพื่ออาหาร ซึ่งน่าจะมีผลมาจากการกินเชื้อ *B. thuringiensis* เข้าไปแต่ปริมาณไม่มากพอจนทำให้หนอนใยผักถึงตาย แต่ระบบอวัยวะภายในของหนอนใยผักก็ได้รับผลกระทบจนทำให้หนอนใยผักไม่กินอาหาร ซึ่งก็ถือได้ว่าเป็นทางเลือกที่ดีที่สามารถจะนำไปใช้ ซึ่งทางโครงการก็มีแผนการทดลองที่จะนำเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ไปใช้ร่วมกับสารสกัดจากต้นคางคาวดำเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ตารางที่ 9 อัตราการตายของหนอนใยผักวัย 2 หลังได้รับเชื้อ *Bacillus thuringiensis* ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยวิธีพ่นไปในระดับเรือนทดลอง

ความเข้มข้น (cfu/ml)	อัตราการตายเฉลี่ยของหนอน (%) ที่ระยะเวลา (ชั่วโมง)		
	24	48	72
1×10^7	8g	28e	32g
1×10^8	12f	26f	46f
1×10^9	18e	36d	66e
1×10^{10}	20d	56c	80d
1×10^{11}	28c	60b	84c
1×10^{12}	34b	60b	88b
1×10^{13}	48a	70a	90a
CV	57.53	36.72	52.89

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ถูกกำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's multiple range test

3. ศึกษาวิธีการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ *Bacillus thuringiensis* ร่วมกับสารสกัดจากค้ำควาดำเพื่อใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูคะน้า

ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ร่วมกับสารสกัดจากค้ำควาดำ โดยจะทำการประเมินประสิทธิภาพในระดับห้องปฏิบัติการ โดยศึกษาการรอดชีวิตของเชื้อ *B. thuringiensis* และประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงหลังจากผสมกับสารสกัดจากค้ำควาดำ โดยการทดลองใช้เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ความเข้มข้น 1×10^{13} cfu/ml คือ ค่าความเข้มข้นที่สามารถทำให้หนอนใยผักวัย 2 ตายได้สูงที่สุดในการทดสอบประสิทธิภาพในระดับเรือนทดลอง โดยนำ suspension ของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ความเข้มข้นดังกล่าวผสมกับสารสกัดจากค้ำควาดำที่ระดับความเข้มข้น 1.25 และ 10% (w/v) (ตารางที่ 19) เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักได้ใกล้เคียงกัน โดยแต่ละชุดการทดลองทำการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยอัตราส่วนที่ผสมระหว่างเชื้อ *B. thuringiensis* : สารสกัดจากค้ำควาดำ เท่ากับ 1:3, 1:2, 1:1, 2:1 และ 3:1 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการกระจายตัวบนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อตรวจสอบความสามารถในการมีชีวิตรอดของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 หลังผสมกับสารสกัดจากค้ำควาดำ นอกจากนี้จะนำไปทดสอบความสามารถในการควบคุมหนอนใยผัก และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรผสมกับการใช้เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 เดี่ยวๆ และสารสกัดจากค้ำควาดำเดี่ยวๆ

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ร่วมกับสารสกัดจากค้ำควาดำ พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดจากต้นค้ำควาดำที่ความเข้มข้น 1.25% (w/v) มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปมากกว่า เนื่องจากที่ความเข้มข้น 1.25% มีจำนวนประชากรเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ใกล้เคียงกับความเข้มข้นที่ 10% จึงเลือกสารที่ความเข้มข้นน้อยๆ ซึ่งจะประหยัดปริมาณสารสกัดในการใช้ได้มากกว่า และเมื่อพิจารณาจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากต้นค้ำควาดำในระดับเรือนทดลองแล้ว พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 1.25 และ 10% มีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนใยผักได้ดีที่สุดเท่ากันคือ 100% ดังนั้นจึงเลือกความเข้มข้นของสารสกัดพืชที่ 1.25% และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 และสารสกัดพืช พบว่าอัตราส่วนระหว่าง *B. thuringiensis* : ค้ำควาดำ เท่ากับ 2:1 มีประชากรของเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่อัตราส่วน 2 และ 3 ส่วน พบว่าประชากรเชื้อจุลินทรีย์ที่เหลือเท่ากัน จึงเลือกใช้เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 : สารสกัดค้ำควาดำ คือ 2:1 (ตารางที่ 10) โดยข้อมูลที่ได้จากการทดลองในส่วนนี้จะนำไปพัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามการที่จะนำเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ผสมกับสารสกัดจากพืชนั้น ควรมีการศึกษาวิจัยอย่างลึกซึ้ง เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์บางชนิดเมื่อนำมาผสมกับสารสกัดพืชอาจจะทำให้เกิดการทำลายหรือมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์หรือเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ไม่สามารถแสดงศักยภาพได้อย่างเต็มที่ แต่ถ้ามีการผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมก็สามารถจะชักนำให้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์แสดงประสิทธิภาพได้ดีมากยิ่งขึ้น หรือผลิตภัณฑ์ผสมดังกล่าวสามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายกลไก และมากชนิดมากยิ่งขึ้น ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือการนำไปถ่ายทอดแก่เกษตรกรเพื่อปรับใช้ต่อไป

ตารางที่ 10 ประชากรของเชื้อ *Bacillus thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 เมื่อนำมาผสมกับสารสกัดจากค้ำควาดำที่ความเข้มข้น 1.25 และ 10% (w/v)

อัตราส่วนระหว่าง BT : ค้ำควาดำ ^{1/}	ประชากรเชื้อ <i>B. thuringiensis</i> (cfu/ml)	
	ความเข้มข้นของสารสกัดค้ำควาดำ % (w/v)	
	1.25%	10%
3:1	9×10^{12}	6×10^{12}
2:1	9×10^{12}	7×10^{12}
1:1	7×10^{12}	5×10^{12}
1:2	5×10^{12}	1×10^{12}
1:3	3×10^{12}	7×10^{11}

^{1/} BT= *Bacillus thuringiensis*

4. การพัฒนาสูตรผสมของเชื้อ *B. thuringiensis* ร่วมกับสารสกัดจากค่างควาดำให้มีประสิทธิภาพสูง ประหยัด และเก็บรักษาได้นาน

โดยนำสูตรผสมระหว่าง *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ร่วมกับสารสกัดจากค่างควาดำที่ได้จากการทดลองในข้อ 3 มาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์สูตรผสมที่ใช้ง่าย สะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกร ประหยัดต้นทุน และมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนานมากยิ่งขึ้น โดยดำเนินการคัดเลือกและทดสอบส่วนผสมของวัสดุที่สามารถให้สารอาหารที่เหมาะสม และมีศักยภาพในการผลิตสูตรผสม โดยจะคัดเลือกวัสดุในท้องถิ่น หาซื้อง่าย ราคาถูก สำหรับการทดสอบเพื่อพัฒนาสูตรผสมของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ร่วมกับสารสกัดจากค่างควาดำ โดยจะนำองค์ความรู้หรือผลการทดลองจากการศึกษาในส่วนของสูตรต้นแบบสูตรผสม จุลินทรีย์ร่วมกับสารสกัดพืชเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืช และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาพแปลงทดลองต่อไป

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพสารพาและสารเสริมประสิทธิภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 3×10^8 cfu/ มิลลิลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร สารพาที่ได้จากการคัดเลือกที่ดีที่สุดจากการศึกษาในขั้นต้น (โครงการย่อยที่ 1) คือ Kaolin : Deshecofix : SiO_2 : CaCO_3 ในอัตราส่วน 74:2:2:2 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุดที่เชื้อแบคทีเรียสามารถดำรงชีวิตได้ดี ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการละลายและจับใบพืชได้ดีที่สุด และเมื่อนำสารพาที่อัตราส่วนดังกล่าวมาผสมกับสารเสริมประสิทธิภาพพบว่าสูตรผสม Kaolin : Deshecofix : SiO_2 : CaCO_3 : lactose : CMC : FeSO_4 ที่อัตราส่วน 70: 8 : 1 : 5 : 14 : 1 : 1 เป็นอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุดที่เชื้อแบคทีเรียสามารถดำรงชีวิตและเพิ่มจำนวนประชากรได้ดี จึงมีแนวความคิดที่จะนำสูตรสารพาและสารเสริมประสิทธิภาพดังกล่าวมาใช้กับเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิต และเวลา เนื่องจากเป็นสูตรเดียวกับที่ใช้ในโครงการที่ 1 เมื่อนำสูตรสารพาและสารเสริมประสิทธิภาพดังกล่าวมาทดสอบกับเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 พบว่าเชื้อสามารถเจริญได้ดีเช่นเดียวกัน โดยมีประชากรของเชื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นผงละลายน้ำได้ดี และสะดวกในการที่เกษตรกรจะนำไปใช้ หลังจากนั้นนำสารสกัดจากต้นค่างควาดำมาผสมน้ำในอัตราส่วนความเข้มข้น 1.25% คนสารสกัดและน้ำให้เข้ากันอย่างดี ใช้สารละลายสารสกัดค่างควาดำแทนน้ำบริสุทธิ์ในการผลิตสูตรผลิตภัณฑ์ นำผลิตภัณฑ์สูตรผสมระหว่างเชื้อจุลินทรีย์ *B. thuringiensis* และสารสกัดค่างควาดำไปทดสอบในระดับแปลงทดลองของเกษตรกรต่อไป

5. ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *B. thuringiensis* ร่วมกับสารสกัดจากค่างควาดำในการควบคุมแมลงศัตรูผัก ในระดับแปลงทดลอง

นำสูตรผสม *B. thuringiensis* ร่วมกับสารสกัดจากค่างควาดำ มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูคะน้าในระดับแปลงเกษตรกร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิม และกรรมวิธีที่มีการใช้สารเคมีอย่างสมบูรณ์ บันทึกและประเมินผลการทดลองโดยเก็บข้อมูล 2 ลักษณะ คือ (1) ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง จากการสุ่มตัวอย่างคะน้าจำนวน 10 ซ้ำ/กรรมวิธี และ (2) ข้อมูลการระบาดของศัตรูพืช คือ โรคและแมลง (evaluation of epidemic pests) เก็บตัวอย่างโรคคะน้าและแมลงทุกชนิดที่เกิดขึ้นตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

การทดลองนำสูตรผสม *B. thuringiensis* ร่วมกับสารสกัดจากค่างควาดำ มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูคะน้าในระดับแปลงเกษตรกร ณ ตำบลทุ่งคอก อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยเริ่มลงมือปลูกในวันที่ 9 ตุลาคม 2553 โดยรายละเอียดกรรมวิธีดังรายละเอียดในส่วนของแผนโครงการ “ การพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์และสารสกัดพืชเพื่อควบคุมโรค และแมลง และเพิ่มผลผลิตคุณภาพของพืชผัก ” โดยในการทดลองในครั้งนี้ทางโครงการฯ ได้นำเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ลงทดสอบเบื้องต้น โดยระหว่างการทดลองทำการสำรวจประชากรแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีประโยชน์ทุกสัปดาห์ โดยใช้วิธีการสำรวจโดยใช้กรอบไม้ขนาด 50x50 เซนติเมตร และตรวจนับประชากรแมลงในกรอบไม้นั้น นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งกับดักกาวเหนียว โดยใช้พื้นพลาสติกสีเหลืองทากาวเหนียวดักแมลงแล้วปักไว้กลางแปลงในแต่ละกรรมวิธี เพื่อสำรวจการระบาดของแมลงศัตรูพืช และเพื่อเป็นประโยชน์ในการเตรียมการก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืช (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 การสำรวจแมลงศัตรูพืชโดยใช้กรอบไม้ขนาด 50x50 เซนติเมตร และการใช้กับดักกาวเหนียว

ผลการสำรวจแมลงตั้งแต่เริ่มปลูกคะน้าในแปลงเกษตรกร พบว่า

เมื่อคะน้าอายุ 7 วัน จากการสำรวจโดยใช้กรอบไม้และสำรวจประชากรแมลง ผลการวิจัยพบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 ไม่พบการระบาดของแมลงศัตรูพืช พบเพียงแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีประโยชน์ เช่น แมลงปอ มวน เพชฌฆาต และด้วงเต่าลายหยัก สำหรับการสำรวจประชากรแมลงจากกับดักกาวเหนียว พบว่ามีแมลงหลากหลายชนิดมากส่วนใหญ่จะเป็นเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เนื่องจากบริเวณข้างเคียงของแปลงคะน้านั้น เป็นแปลงนาส่วนใหญ่จึงอาจเป็นเหตุให้มีแมลงศัตรูข้าวติดกับดักดังกล่าว

เมื่อคะน้าอายุ 14 วัน จากการสำรวจโดยใช้กรอบไม้พบว่ามีประชากรของด้วงหมัดผักเริ่มระบาด โดยพบมากในกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ สำหรับการสำรวจประชากรแมลงจากแถบกับดักกาวเหนียว พบว่ามีแมลงหลากหลายชนิดมาก ส่วนใหญ่จะเป็นเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นๆ

เมื่อคะน้าอายุ 21 วัน จากการสำรวจโดยใช้กรอบไม้พบว่ามีประชากรของด้วงหมัดผักและหนอนใยผักเริ่มระบาดเล็กน้อยในแปลงที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยใดๆ โดยพบมากในกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ และแปลงอื่นๆเล็กน้อย สำหรับการสำรวจประชากรแมลงจากแถบกับดักกาวเหนียว พบว่ามีแมลงหลากหลายชนิดมาก และเริ่มมีการระบาดของด้วงหมัดผัก และผีเสื้อหนอนใยผักเล็กน้อย เนื่องจากได้มีการพ่นเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ในสัปดาห์ที่ผ่านมาจึงอาจทำให้ปริมาณด้วงหมัดผัก และหนอนใยผักยังไม่ระบาด

เมื่อคะน้าอายุ 28 วัน จากการสำรวจโดยใช้กรอบไม้พบว่ามีประชากรของด้วงหมัดผักลดลง แต่ประชากรหนอนใยผักเริ่มระบาดมากยิ่งขึ้นแต่ โดยพบมากในกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ และแปลงอื่นๆเล็กน้อย สำหรับการสำรวจประชากรแมลงจากแถบกับดักกาวเหนียว พบว่ามีแมลงหลากหลายชนิดมาก และเริ่มมีการระบาดของด้วงหมัดผัก และผีเสื้อหนอนใยผักเข้าทำลายคะน้า

เมื่อคะน้าอายุ 35 วัน จากการสำรวจโดยใช้กรอบไม้พบว่ามีประชากรของด้วงหมัดผักและหนอนใยผักมีการระบาดลดลงอาจเนื่องมาจากมีการพ่น เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 เมื่อคะน้าอายุ 30 วัน โดยพบว่าแปลงที่พ่น เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 มีการระบาดของหนอนใยผักและด้วงหมัดผักน้อยกว่าแปลงที่ไม่มีการควบคุมด้วยวิธีการใดๆ เลย สำหรับการสำรวจประชากรแมลงจากแถบกับดักกาวเหนียว พบว่ามีแมลงหลากหลายชนิดมาก และปริมาณด้วงหมัดผัก และผีเสื้อหนอนใยผักเล็กน้อยมีปริมาณลดลงจากสัปดาห์ที่แล้ว เนื่องจากได้มีการพ่นเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ในสัปดาห์ที่ผ่านมาจึงอาจทำให้ปริมาณด้วงหมัดผัก และหนอนใยผักลดลง (ตารางที่ 23 และ 24) (ภาพที่ 30 และ 31)

เมื่อคะน้าอายุ 42 วัน จากการสำรวจโดยใช้กรอบไม้พบว่ามีประชากรของด้วงหมัดผักและหนอนใยผักมีการระบาดลดลงอาจเนื่องมาจากมีการพ่น เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 เมื่อคะน้าอายุ 30 วัน โดยพบว่าแปลงที่พ่น เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 มีการระบาดของหนอนใยผักและด้วงหมัดผักน้อยกว่าแปลงที่ไม่มีการควบคุมด้วยวิธีการใดๆ เลย โดยพบการระบาดของหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) หนอน

กระทู้ผีเสื้อ (*Spodoptera litura*) และด้วงหมัดผัก (*Phyllotreta sinuata*) ระบาดเฉลี่ย 0.1, 0.8 และ 0.7 ตัวต่อตารางเมตร ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ พบการระบาด 0.3, 2.0 และ 1.7 ตัวต่อตารางเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 23 และ 24)

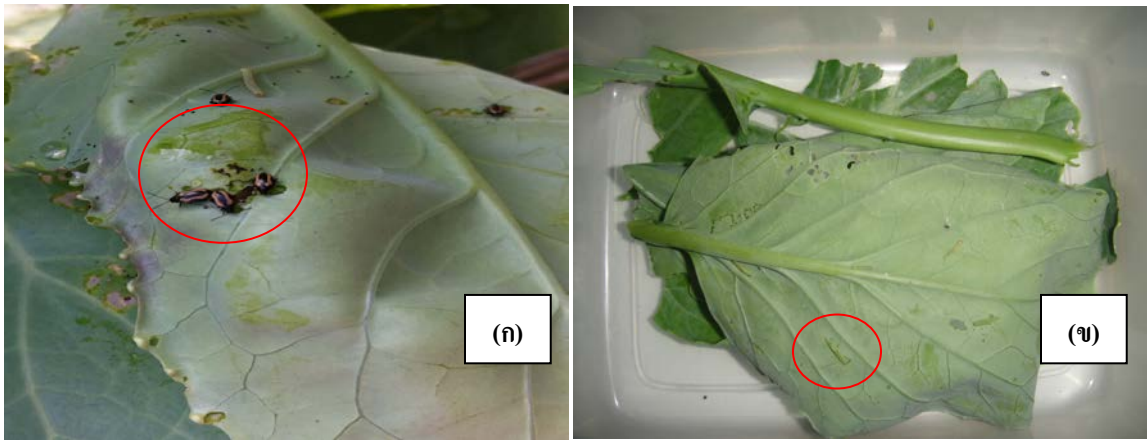
เมื่อค่น้ำอายุ 49 วัน โดยในแปลงที่พ่นเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 มีการระบาดของหนอนใยผัก หนอนกระทู้ผีเสื้อ และด้วงหมัดผัก ระบาดเฉลี่ย 0, 0.6, และ 1.0 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ พบการระบาด 0.4, 1.96 และ 2.2 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11 และ 12)

ตารางที่ 11 ประชากรแมลงศัตรูค่น้ำในแต่ละสัปดาห์ ระหว่างสัปดาห์ที่ 1-7 ในแปลงที่พ่นเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52

สัปดาห์ที่	จำนวนแมลงศัตรูค่น้ำสำคัญ (%)			
	หนอนใยผัก	หนอนกระทู้ผีเสื้อ	ด้วงหมัดผัก	ด้วงเต่าลายจุด
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	1	0	0.33	0
5	4.3	0.66	1.33	0
6	0.1	0.8	0.7	0
7	0	0.6	1.0	0

ตารางที่ 12 ประชากรแมลงศัตรูค่น้ำในแต่ละสัปดาห์ ระหว่างสัปดาห์ที่ 1-7 ในแปลงควบคุมที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ

สัปดาห์ที่	จำนวนแมลงศัตรูค่น้ำสำคัญ (%)			
	หนอนใยผัก	หนอนกระทู้ผีเสื้อ	ด้วงหมัดผัก	ด้วงเต่าลายจุด
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	1	1	0	0
4	1	2	3.3	0
5	8.3	1	6.5	0
6	0.3	2.0	1.7	0
7	0.4	1.96	2.2	0



ภาพที่ 17 แมลงศัตรูสำคัญของคะน้า; (ก) ตัวงหมัดผัก และ (ข) หนอนใยผัก



ภาพที่ 18 การสำรวจแมลงศัตรูพืช; (ก) ใช้กรอบไม้ขนาด 50x50 เซนติเมตร, (ข) การใช้กับดัก กาวเหนียว, และแมลงศัตรูผักที่พบ; (ค) หนอนกระทู้ผัก, (ง) ตัวงหมัดผัก

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 พบว่าประชากรแมลงศัตรูค่น้ำในแปลงที่มีการพ่นเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 จะมีการระบาดของแมลงศัตรูพืชน้อยกว่าแปลงที่ไม่มีการควบคุมด้วยวิธีการใดๆ และจากการสำรวจแมลงในแต่ละสัปดาห์นั้นจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการเตรียมการป้องกันกำจัดอย่างถูกต้องแม่นยำ นอกจากนี้ยังสามารถพยากรณ์การระบาดของแมลงศัตรูค่น้ำในฤดูปลูกถัดไป และปรับปรุงกรรมวิธีการทดลองให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สำหรับโครงการการใช้สูตรสารสกัดค่างควาดำ และค่างควาดำผสมบาซิลลัส ทูรินจีโอซิส (บีที) เพื่อจัดการแมลงศัตรูผัก พบว่าสารสกัดจากค่างควาดำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งหนอนใยผักได้ โดยจะทำให้หนอนใยผักตายได้มากถึง 72 ชั่วโมงหลังการกินอาหาร และนอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากค่างควาดำมีประสิทธิภาพในการทำให้หนอนเบื้ออาหารได้ด้วย จากผลการศึกษาเบื้องต้นนักวิจัยตั้งข้อสันนิษฐานว่าสารสกัดจากต้นค่างควาดำ อาจจะมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลง หรืออาจมีมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางชีวเคมี หรือก่อให้เกิดการสะสมของ phytoalexins และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานของพืช (pathogenesis-related proteins family : PR proteins) เช่น เอนไซม์ chitinase และเอนไซม์ B-1,3-glucanase รวมทั้ง jasmonic acid ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจดจำ (recognition) ของพืชต่อการเข้าทำลายของแมลง ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยที่น่าสนใจมากที่อาจจะเป็นเหตุผลที่ทำให้สารสกัดค่างควาดำกำจัดหนอนใยผักได้

นอกจากนี้พบว่าเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผัก นอกจากนี้ยังพบว่าหนอนใยผักที่กินใบค่น้ำที่จุ่มเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ความเข้มข้นต่ำๆ แล้ว หนอนใยผักไม่ตายทั้งหมด พบว่าหนอนใยผักที่เหลืออยู่บางตัวจะตายก่อนที่จะเข้าระยะดักแด้ หรือเข้าดักแด้แล้ว ไม่ฟักเป็นตัวเต็มวัย นอกจากการตายของหนอนใยผักหลังได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 แล้ว หนอนจะมีพฤติกรรมการกินที่ลดลง เบื้ออาหาร อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของสารใบค่น้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือรสชาติเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจจะมีกลิ่นที่สามารถไล่หนอนใยผักได้ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 น่าจะมีกลไกบางอย่างในการควบคุมประชากรของหนอนใยผักซึ่งอาจจะเป็นพาราไซด์โดยตรง หรือเชื้อดังกล่าวสามารถก่อโรคกับระบบการย่อยอาหารของแมลงได้ โดยเชื้อในกลุ่ม Bacillus ชนิดนี้สามารถสร้างผลึกโปรตีนโดยจะละลายเมื่อทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ proteinase ของแมลงได้เป็นโปรตีนหน่วยย่อยที่มีพิษสูง ทำให้แมลงตายในที่สุด โดยสามารถสร้างผลึกโปรตีนที่มีพิษ เรียกว่า crystal parasporal body หรือ delta endotoxin โดยจะมีฤทธิ์ต่อแมลงแตกต่างกัน ซึ่งจากแนวโน้มที่มีประสิทธิภาพของสารสกัดจากต้นค่างควาดำและเชื้อ *B. thuringiensis* จึงเป็นไปได้ที่จะได้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ หรือจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไป

อภิปรายและวิจารณ์ผล

การแก้ปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่เมื่อเกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืช คือการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง แต่เนื่องจากการใช้อย่างผิดวิธี และใช้มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น ทำให้แมลงศัตรูพืชรื้อฟื้นตัวขึ้น แต่สภาพปัจจุบันกระแสความใส่ใจเรื่องสุขภาพ และการที่ผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับการบริโภคสินค้าเกษตรที่มีความ

ปลอดภัยและปราศจากการตกค้างของสารเคมีในปัจจุบัน จึงต้องมีการศึกษาแนวทางเพื่อลดปัญหาดังกล่าวลง การใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เข้าร่วมในระบบการปลูกคะน้าจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจที่จะนำไปใช้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งโครงการนี้ก็ได้นำวิธีการที่จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการนำเชื้อ *Bacillus thuringiensis* และสารสกัดจากค่างควาดำเข้ามาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช และจากการทดลองพบว่าโครงการนี้สามารถนำเชื้อ *B. thuringiensis* มาผสมร่วมกับสารสกัดค่างควาดำ โดยปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ไม่ได้ลดลง และมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืช โดยเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนใยผักโดยตรง โดยมีกลไกบางอย่างในการควบคุมประชากรของหนอนใยผักซึ่งอาจจะเป็นพาราไซด์โดยตรง หรือเชื้อดังกล่าวสามารถก่อโรคกับระบบการย่อยอาหารของแมลงได้ โดยเชื้อในกลุ่ม *Bacillus* ชนิดนี้สามารถสร้างผลึกโปรตีนโดยจะละลายเมื่อทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ proteinase ของแมลงได้เป็นโปรตีนหน่วยย่อยที่มีพิษสูง ทำให้แมลงตายในที่สุด โดยสามารถสร้างผลึกโปรตีนที่มีพิษ เรียกว่า crystal parasporal body หรือ delta endotoxin โดยจะมีฤทธิ์ต่อแมลงแตกต่างกัน และนอกจากประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงโดยตรงยังมีประสิทธิภาพในการทำให้หนอนจะมีพฤติกรรมการกินที่ลดลง เบื่ออาหาร อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของสารใบโคคน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือรสชาติเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจจะมีกลิ่นที่สามารถไล่หนอนใยผักได้ มี ซึ่งจากแนวโน้มที่มีประสิทธิภาพของสารสกัดจากต้นค่างควาดำและเชื้อ *B. thuringiensis* จึงเป็นไปได้ที่จะได้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ หรือจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไป สำหรับสารสกัดค่างควาดำนั้นสามารถยับยั้งการเข้าทำลายของหนอนด้วยเช่นกัน ซึ่งกลไกในการควบคุมแมลงศัตรูพืชนั้นน่าจะมาจากสารออกฤทธิ์บางชนิดที่สกัดได้จากค่างควาดำ หรือมีการแสดงออกของกลิ่นซึ่งมีฤทธิ์ในการไล่แมลง ซึ่งเมื่อนำทั้ง *B. thuringiensis* และสารสกัดค่างควาดำมาผสมใช้ร่วมกันจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากกลไกการทำงานแตกต่างกัน โดยเชื้อ *B. thuringiensis* จะมีความสามารถในการทำลายระบบภายในของแมลงแต่ไม่ได้แสดงออกทันที แต่ถ้าใช้สารสกัดค่างควาดำร่วมด้วยจะสามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชได้ก่อนในช่วงที่เชื้อ *B. thuringiensis* ยังไม่มีผลต่อแมลงศัตรูพืช จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ของโครงการสามารถรับมือกับการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชได้ตลอดเวลา นอกจากลดการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชแล้วยังสามารถกระตุ้นพืชให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีด้วย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชยังสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตให้มีจำนวนมากขึ้น และมีคุณภาพดีขึ้น มีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อไร่ลดลง และได้ผลผลิตปลอดภัยปราศจากการตกค้างของสารเคมี

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การดำเนินการของโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อ *B. thuringiensis* และสารสกัดค่างควาดำเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพสูง โดยจากการศึกษาตามแผนการศึกษาวิจัย พบว่า สารสกัดค่างควาดำมีความสามารถในการควบคุมหนอนใยผักระดับเรือน

ทดลอง ทดสอบโดยเตรียมสารสกัดจากต้นค่างควาดำเช่นเดียวกับการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการโดยมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการฆ่าหนอนใยผัก และยังสามารถในการยับยั้งการกินของหนอนใยผักได้ด้วยเช่นกัน และพบว่าที่ความเข้มข้นของสารสกัดจากต้นค่างควาดำต่ำจะมีความสามารถในการฆ่าหนอนใยผักได้น้อยถึงแม้ว่าหนอนใยผักไม่ตายแต่ก็มีความสามารถในการกินอาหารได้ลดลง จึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากต้นค่างควาดำมีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนใยผักได้จริง สำหรับประสิทธิภาพของเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 มีความสามารถในการยับยั้งหนอนใยผักวัย 2 โดยที่ระดับความเข้มข้น 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 , และ 1×10^{10} cfu/ml สามารถทำให้หนอนใยผักตายได้ในอัตรา 6, 24, 40, 62, 88, 94 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าหนอนใยผักที่กินใบคะน้าที่จุ่มเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ที่ความเข้มข้นต่ำๆ แล้วหนอนใยผักไม่ตายทั้งหมด พบว่าหนอนใยผักที่เหลืออยู่บางตัวจะตายก่อนที่จะเข้าระยะดักแด้ หรือเข้าดักแด้แล้วไม่ฟักเป็นตัวเต็มวัย นอกจากการตายของหนอนใยผักหลังได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 แล้ว หนอนจะมีพฤติกรรมการกินที่ลดลง เพื่อบำรุง อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของสารใบคะน้าเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือรสชาติเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจจะมีการกลืนที่สามารถไล่หนอนใยผักได้ และเมื่อต้องการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 ร่วมกับสารสกัดจากค่างควาดำก่อนการพัฒนาเป็นผลิตรถยนต์ ผลการทดลองพบว่าสารสกัดค่างควาดำไม่มีผลต่อการรอดชีวิตและไม่มีผลต่อเชื้อ *B. thuringiensis* ซึ่งการที่จะนำเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ผสมกับสารสกัดจากพืชนั้น ควรมีการศึกษาวิจัยอย่างลึกซึ้ง เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์บางชนิดเมื่อนำมาผสมกับสารสกัดพืชอาจจะทำให้เกิดการทำลายหรือมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ หรือเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ไม่สามารถแสดงศักยภาพได้อย่างเต็มที่ แต่ถ้ามีการผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมก็สามารถจะชักนำให้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์แสดงประสิทธิภาพได้ดีมากยิ่งขึ้น หรือผลิตรถยนต์ผสมดังกล่าวสามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายกลไก และมากชนิดมากยิ่งขึ้น ซึ่งทางโครงการพัฒนาผลิตรถยนต์ เชื้อ *B. thuringiensis* ผสมสารสกัดค่างควาดำ โดยใช้สารพา คือ Kaolin : Deshecofix : SiO_2 : CaCO_3 ในอัตราส่วน 74:2:2:2 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุดที่เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สามารถดำรงชีวิตได้ดี ผลิตรถยนต์มีความสามารถในการละลายและจับใบพืชได้ดีที่สุด และเมื่อนำสารพาที่อัตราส่วนดังกล่าวมาผสมกับสารเสริมประสิทธิภาพพบว่าสูตรผสม Kaolin : Deshecofix : SiO_2 : CaCO_3 : lactose : CMC : FeSO_4 ที่อัตราส่วน 70: 8 : 1 : 5 : 14 : 1 : 1 เป็นอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุดกับเชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 โดยเชื้อสามารถเจริญได้ดีเช่นเดียวกัน โดยมีประชากรของเชื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลิตรถยนต์ที่ได้ดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นผงละลายน้ำได้ดี และสะดวกในการที่เกษตรกรจะนำไปใช้ และเมื่อนำไปใช้ในระดับแปลงทดสอบ ผลิตรถยนต์เชื้อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ KU52 และสารสกัดค่างควาดำมีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูคะน้าได้เป็นอย่างดี และเมื่อนำไปปรับใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติที่ดีในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชก็จะยิ่งทำให้ผลิตรถยนต์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชได้ดีเพิ่มขึ้น นอกจากกลไกการทำงานที่ดีแล้วยังคงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายให้เกษตรกรได้ด้วยเช่นกัน

จากการศึกษาวิจัยของโครงการที่ผ่านมา พบว่าผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *B. thuringiensis* ผสมสารสกัดจาก ค้างคาวดำมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก และจากความสำเร็จในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา สามารถนำมาศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อค้นหาค้นหาองค์ความรู้ใหม่ รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัด ค้างคาวดำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งปัจจัยที่ทางโครงการมั่นใจว่าการศึกษาวิจัยของโครงการนี้จะประสบความสำเร็จเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. จุลินทรีย์และสารสกัดค้างคาวดำมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูพืชและสามารถนำไปใช้ได้จริง ในระดับห้องปฏิบัติการ เรือนทดลอง และแปลงเกษตรกร และได้ผลผลิตการเกษตรสูงและมีคุณภาพ
2. ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์ *B. thuringiensis* และสารสกัดค้างคาวดำเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ใช้ได้ดี ทัดเทียมและ/หรือดีกว่าการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช
3. ผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์ *B. thuringiensis* และสารสกัดค้างคาวดำไม่เกิดผลกระทบต่อ สภาพแวดล้อม
4. เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีความเหมาะสมกับระบบการผลิตพืชผักแบบดั้งเดิมของเกษตรกร โดยสามารถ นำเข้าไปใช้ร่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเปลี่ยนจากการเกษตรแบบใช้สารเคมีเป็นระบบการเกษตรแบบยั่งยืน
5. สามารถยกระดับคุณภาพผลผลิตพืชผักให้มีคุณภาพมาตรฐานอาหารปลอดภัย ไม่มีการตกค้างของ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช
6. ลดการใช้สารเคมี ลดต้นทุนการผลิต และรักษาสภาพแวดล้อม นำสู่การเกษตรแบบยั่งยืน
7. สามารถขยายผลได้กว้างขวางและ/หรือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ภาคอุตสาหกรรม ต้นทุนต่ำ อายุการใช้งานยาวนาน

นอกจากนี้โครงการได้วางแผนถ่ายทอดเทคโนโลยีของโครงการ เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรและผู้สนใจ มีความเข้าใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ และสามารถนำไปใช้และถ่ายทอดต่อได้

บรรณานุกรม

- กฤษกนธ์ เต็มบุญเกียรติ. 2530. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดาที่มีต่อหนอนใยผัก *Plutella xylostella* Linn. และเพลี้ยอ่อนถั่ว *Aphis craccivora* Koch. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไตรรัตน์ หนูเอียด. 2552. ประสิทธิภาพของสารสกัดค้างคาวดำและหมีพาในการควบคุมหนอนใยผัก *Plutella xylostella* L. และเพลี้ยอ่อนถั่ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- รัต ตียา นวลหล้า และ พิทยา สรวมศิริ. 2542. การคัดเลือกสมุนไพรป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก. วารสารเกษตร. 15 (2) : 192- 202 .

- วินัย รัชตปกรณชัย และ ณัฐวัฒน์ แยมยิ้ม. 2538. ผลของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ต่อแมลงศัตรูผักที่สำคัญในขณะนี้. รายงานผลการค้นคว้าและวิจัยปี 2538. กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผักไม้ดอกและไม้ประดับ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สมศิริ แสงโชติ สุรเชษฐ์ จามรमान วิบูลย์ จงรัตนเมธีกุล และ ทศพล พรพรหม. 2549. การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานในการผลิตถั่วเหลืองฝักสด. ใน การประชุมวิชาการพืชไร่วงศ์ถั่วแห่งชาติ ครั้งที่ 1 เรื่อง “พืชไร่วงศ์ถั่วเพื่อสุขภาพและความพอเพียง”. 28-30 สิงหาคม 2549. ณ โรงแรมริมกกรี สอร์ท อ. เมือง จ. เชียงราย. หน้า 50 - 51.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ วิลาวรรณ เชื้อบุญ สุพจน์ กาเข็ม และ จารุวัฒน์ เกาธรรมพิทักษ์. 2550. โปรแกรมการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานเพื่อการผลิตพืชตระกูลกะหล่ำคุณภาพที่กาญจนบุรี. ใน รายงานการประชุมวิชาการอรั๊กษาพืช ครั้งที่ 8. 20-22 พฤศจิกายน 2550. จ. พิษณุโลก. หน้า 405-421.
- สุดฤดี ประเทืองวงศ์ สมศิริ แสงโชติ ศรีเมฆ ชาวโพงพาง สุรเชษฐ์ จามรमान วิบูลย์ จงรัตนเมธีกุล ทศพล พรพรหม สุพจน์ กาเข็ม ชัยสิทธิ์ ปรีชา จารุวัฒน์ เกาธรรมพิทักษ์ และดุสิต อธิวัฒน์. 2551. การพัฒนาระบบการจัดการศัตรูพืชสำหรับถั่วเหลืองฝักสดแบบผสมผสาน. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการเครือข่ายการวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ ปี 2551 “ เทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน” . 17-19 มกราคม 2551. จ. ขอนแก่น. หน้า 385-390.
- Akhtar, Y. and M.B. Isman. 2004. Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. *J. Appl. Entomol.* 128: 32-38.
- Kongkathip, N., A. Chandrapatya, U. Dilokkunanant, Y. Mongkolsook, V. Haruthaithanasan and B. Kongkathip. 2004. Toxicity and antifeedant of crude extract from leaves of *Melaleuca leucadendron* L. against *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Thai J. Agric. Sci.* 37(3): 199-211.
- Noosidum, A., parbaripai, A., chareonviriyaphap, T. and A. chandrapatya. 2008. excito-repellency properties of essential oils from *melaleuca leucadendron* L., *litsea cuberba* (lour.) persoon and *litsea salicifolia* (nees). on *aedes aegypti* (L.) mosquito. *j. vect. ecol.* vol.33 (2): 305-312.
- Prathuangwong, S., W. Chuaboon, S. Kasem and J. Thowthampitak. 2007. An IPM program for marketable Chinese kale production. *Proc. 8th National Plant Protection Conference.* pp 403-421.

- Prathuangwong, S. 2007. Impact of international cooperation on development of reduced use pesticides for sustainable agriculture. *In Proc. of 6th International Conference on Global Research and Education*. Sept. 26-30, 2007. Hamamatsu, Japan.
- Prathuangwong, S., S. Kasem, C. Preecha, W. Chuaboon, N. Hiromitsu and K. Suyama. 2006. Biological control and crop improvement against cauliflower diseases with new potential microorganisms and bioproducts. *In Proc. ISSAAS International Congress*. Malaysia. pp 23 - 24.
- Sakunwarin, S., Chandrapatya, A. and G.T. Baker. 2004. Synergism and detoxification mechanism of crude sugar apple seed extract in *tetranychus truncatus* Ehara (Prostigmata: Tetranychidae). *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 38 (3): 340-348.
- Thowthampitak J., N. Nitayapiboon, S. Kasem, and S. Prathuangwong. 2006. Efficacy of mixed beneficial bacteria and plant nutrients on the severity of bacterial pustule on soybean. *Proc. of 44rd Kasetsart University Annual Conference*. Jan 30 - Feb 2, 2007. Bangkok, Thailand.
- Thowthampitak. J., Choochum. P., and Prathuangwong, S. 2009. First Report of Insecticidal Activity of Bacterial Antagonist Strain *Paenibacillus pabuli* SW01/4 on Chinese Kale. *In Proc 9th National Plant Protection Conference*. Nov 24-26, 2009. Ubon Ratchatane, Thailand
- Thowthampitak. J., and Prathuangwong, S. 2009. Thai antagonistic *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 strain induces IAA and GPX for enhanced plant growth and systemic resistance against disease and insect of green soybean. *In Proc The 6th IPM International Symposium*. Portland, Oregon, USA.
- Thowthampitak. J., and Prathuangwong, S. 2009. Insecticidal Activity of Integrated Bacterial Antagonist *Paenibacillus pabuli* SW01/4 with Basil (*Ocimum sanctum*) Extract for Chinese Kale Protection. *In Proc. ISSAAS Conference 2009*. Bangkok, Thailand.

โครงการย่อยที่ 3 ศักยภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2555 จำนวนเงิน 1,718,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ กรกฎาคม 2555 ถึง กรกฎาคม 2556

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร. บงกชรัตน์ ปิตียนต์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์

ดร. วินัย ปิตียนต์ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

รศ.ดร. สุตฤดี ประเทืองวงศ์ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร

ดร. จารุวัฒน์ เกษธรรมพิทักษ์ ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร

บทนำ

การผลิตพืชสวนใหญ่มักประสบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปริมาณผลผลิต รวมถึงคุณภาพของผลผลิตลดลงด้วยเช่นกัน การเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชสามารถเข้าทำลายได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของพืช และการแพร่ระบาดจะรวดเร็วมาก เหตุผลหนึ่งที่ทำให้การจัดการแมลงศัตรูพืชไม่ประสบความสำเร็จ คือการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชอย่างผิดวิธี เช่น มีการใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็นและใช้บ่อยครั้ง จึงทำให้แมลงศัตรูพืชเกิดการพัฒนาภูมิต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลง ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงลดลง และที่สำคัญการใช้สารเคมีกำจัดแมลงจะเกิดการตกค้างและปนเปื้อนในผลผลิต ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ และตลาดคู่ค้าต่างประเทศปฏิเสธการรับซื้อผลผลิตทางการเกษตรจากประเทศไทยมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะในพืชที่ไม่ใช่พืชเศรษฐกิจ (Non-economic crops) เช่นพืช ผักสวนครัวต่างๆ จึงทำให้นักวิจัยต้องคิดค้นวิธีการในการควบคุมแมลงด้วยวิธีที่ปลอดภัยที่สุด คุ่มค่าทางเศรษฐกิจและมีประสิทธิภาพมากที่สุด การใช้สารสกัดพืชที่มีฤทธิ์ทางยามาใช้ยับยั้ง หรือกำจัดแมลงศัตรูพืชจึงเป็นแนวทางเลือกที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการใช้สารสกัดหนอนตาย หยากในการควบคุมแมลงศัตรูของพืชสำคัญหลายชนิด เช่น ผัก และข้าว ซึ่งการใช้สารสกัดดังกล่าวค่อนข้างเป็นวิธีการใหม่ของเกษตรกรและต้องอยู่ในการดูแลของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งวิธีการสกัดให้ได้มาซึ่งสารออกฤทธิ์ของหนอนตายหยากนั้น จำต้องมีเทคนิค วิธีการและรู้จักเลือกชนิดพันธุ์ หรือ ชนิดสารสกัดให้เหมาะสม รวมทั้งควรทราบถึงประสิทธิภาพและระดับความเข้มข้น อัตราการใช้ ความถี่การใช้ที่เหมาะสมต่อศัตรูพืชชนิดนั้นๆ จึงจะส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากวิธีการใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดพืช และปัญหาแมลงศัตรูพืชที่พบ การวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ ความเข้มข้นที่เหมาะสม อัตราการใช้ระยะเวลาการใช้ที่เหมาะสม จะเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อไป และจากการที่โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์และสารสกัดพืชเพื่อควบคุมโรค และแมลง และเพิ่มผลผลิตคุณภาพของพืชผัก ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553 ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูผักคะน้าจำนวน 2 ฤดูปลูก สารสกัดจากหนอนตายหยากมีประสิทธิภาพสูงทัดเทียม

และ/หรือดีกว่าสารเคมี และสามารถลดต้นทุนการผลิตและค่าใช้จ่ายในส่วนของการป้องกันกำจัดแมลงได้ดี นอกจากนี้จากการศึกษาวิจัยในปีที่ 1 เกี่ยวกับประสิทธิภาพของสารสกัดจากรากหนอนตายหยากได้แก่ หนอนตายหยาก ในการควบคุมหนอนกระทู้หอมแมลงศัตรูคะน้าพบว่าสารสกัดจากรากหนอนตายหยากมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชจริง จึงเป็นแนวทางที่ทำให้โครงการทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำสารสกัดจากรากหนอนตายหยากมาศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผักชนิดอื่น และมีแผนที่จะพัฒนาประสิทธิภาพหรือรูปแบบสูตรสารสกัดจากรากหนอนตายหยากให้มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้ของเกษตรกรให้ดียิ่งขึ้น และขยายผลการวิจัยลงสู่ระดับแปลงทดลอง หากสารสกัดจากรากหนอนตายหยากมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผักได้จริง ก็จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถเลือกใช้ได้ และสามารถพัฒนาภูมิปัญญาของเกษตรกรให้มากขึ้นได้ เนื่องจากสารเคมีการเกษตรที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชส่วนใหญ่เป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่มีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การนำสารสกัดจากพืช เรียกว่า Botanical Pesticides มาควบคุมแมลงศัตรูพืชจึงมีความนิยมมากขึ้น สารกลุ่มนี้เป็นกลุ่มหนึ่งที่จะช่วยลดอัตราการสร้างความต้านทานของแมลงได้เนื่องจากสารสกัดจากพืชมีองค์ประกอบอีกมากมาย โดยที่แมลงจะสร้างความต้านทานต่อองค์ประกอบดังกล่าวใช้เวลาานานมาก (Visetson, 2002) ซึ่งวิธีดังกล่าวยังไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศให้เสียไปด้วย หนอนตายหยาก เป็นพืชสมุนไพรที่เกษตรกรนำมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชตามภูมิปัญญาท้องถิ่นในหลายพื้นที่ แต่เนื่องจากในการใช้สารกำจัดศัตรูจากพืชมีการออกฤทธิ์ที่หลากหลาย จึงจำเป็นต้องทราบถึงกลไกการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากรากหนอนตายหยากด้วย เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกการควบคุมและกำจัดแมลงมากขึ้น อนึ่ง จากการศึกษาของ รัตติยา และ พิทยา (2542) พบว่า หนอนตายหยากชนิด *Stemona collinsae* มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินของหนอนกระทู้ผัก ซึ่ง Jiwaiinda et al. (2001) ได้พบว่าหนอนตายหยากชนิด *S. collinsae* มี stemofoline เป็นองค์ประกอบ และสามารถแยกสารอนุพันธ์ 16,17-didehydro -16(E)-stemofoline ซึ่งพบว่ามีฤทธิ์ฆ่าแมลง และยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผัก ได้สูงกว่า stemofoline โดย 16,17-didehydro -16(E)-stemofoline มีการยับยั้งการกินอย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้น 2.5 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในขณะที่ stemofoline ออกฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักอย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร Brem et al. (2002) พบว่า หนอนตายหยากชนิด *S. collinsae* นอกจากจะแสดงความเป็นพิษสูงต่อหนอนกระทู้ผักแล้ว ยังสามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมสูงอีกด้วย และจากผลงานวิจัยในปีที่ 1 พบว่า *S. collinsae* มีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้หอมได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหนอนตายหยาก *S. collinsae* ต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจของพืชกะหล่ำ และศึกษาว่าสารสกัดหนอนตายหยากส่งผลต่อหนอนกระทู้ผักอย่างไร เพื่อให้ทราบถึงกลไกและอวัยวะเป้าหมายของสารสกัดหนอนตาย

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

หนอนตายหยาก เป็นพืชในวงศ์ Stemonaceae มีอยู่ประมาณ 30 สปีชีส์ พบได้ในป่าทั่วไปของประเทศ ฮอลแลนด์ จีน ญี่ปุ่น อินโดจีนมาเลเซีย ลาว ไทย ฯลฯ แต่ที่พบกระจายอยู่ในประเทศแถบเอเชีย คือพม่า กัมพูชา จีน อินเดีย ญี่ปุ่น ลาว มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย และเวียดนาม มีอยู่ประมาณ 20 สปีชีส์ ส่วนทางตอนเหนือของ ออสเตรเลียถูกพบอยู่ 5 สปีชีส์ ได้แก่ *S. australiana* (Benth.) C.H. Wright, *S. curtisii* Hk.f., *S. javanica* (Kunth) Engl., *S. lucida* (R. Brown) Duyfjes และ *S. tuberosa* Lour. (เมธี, 2544) สำหรับประเทศไทยพบ หนอนตายหยากได้ทั่วทุกภาค จากการรวบรวมรายงาน พบพืชสกุล *Stemona* ในประเทศไทย ประมาณ 10 สปีชีส์ และมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามท้องถิ่น เช่น พญาร้อยหัว กระจับปี่ ตันสามสิบกลีบ โป่งมดง่าม สลอดเชียงคํา ฯลฯ ภูมิปัญญาท้องถิ่นใช้ประโยชน์กันมานานทั้งในด้านรักษาโรค และกำจัดแมลงแมลงศัตรูพืชและ เชื้อสาเหตุโรคพืช เช่น *Rhizoctonia solani* และ *Erwinia carotovora* รัตติยาและพิทยา (2542) รายงานว่าหนอนตายหยากชนิด *S. collinsae* มีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินของหนอนกระทู้ผัก วาสนา (2545) พบว่า สารสกัดด้วย dichloromethane มีความเป็นพิษสูงต่อหนอนกระทู้ผักเช่นกัน ค่า LC_{50} ของสาร stemofoline ต่อหนอนกระทู้ผัก เท่ากับ 2.0 mg/l (Kaltenegger *et al.*, 2003) สารออกฤทธิ์ของหนอนตายหยาก ได้แก่ stemofoline, didehydrostemofoline จัดอยู่ในกลุ่ม protostemonine-type alkaloids (Brem *et al.*, 2002; Seger *et al.*, 2004) สาร stemofoline สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner) วัย 2 เท่ากับ 87.9 ± 2.05 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 44.25 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Tikum *et al.*, 2008)

ปัจจุบันสารสกัดจากหนอนตายหยากถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง โดยเกษตรกรจะนำรามาสกัดด้วย แอลกอฮอล์และน้ำเพื่อใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแปลงเกษตรกร รวมถึงการนำมาใช้ในรูปของน้ำหมักชีวภาพ แต่ยังไม่มีการศึกษารายละเอียดอย่างลึกซึ้ง แต่จุดเด่นของโครงการนี้จะพัฒนาสูตรสารสกัดจากหนอนตายหยากให้มีประสิทธิภาพสูง เก็บรักษาได้นาน และมีฤทธิ์ยับยั้งโรคพืชและแมลงอย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาสำคัญที่ทำให้ ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตของพืชผักลดลง คือ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช โดยเป็นปัญหาของเกษตรกร และเกษตรกรมักแก้ปัญหาไม่ถูกต้องซึ่งจะส่งผลเชื่อมโยงทั้งระบบ และเกิดผลเสียจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ มากเกินความจำเป็น โดยแมลงศัตรูที่มีความสำคัญของพืชผักในกลุ่มกะหล่ำ (Brassicaceae) ได้แก่

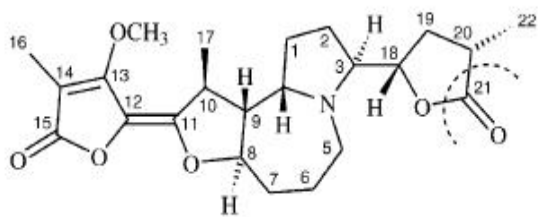
1. หนอนใยผัก หนอนใย หรือตัวจรวด ตัวหนอนเมื่อฟักออกจากไข่จะอาศัยแทะเล็มกัดกินอยู่ผิวใบ เมื่อ หนอนโตขึ้น แผลกัดกินก็จะใหญ่ขึ้น ทำให้ผักเป็นรูพรุนเสียคุณภาพ
2. หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนเจาะสมอฝ้ายอเมริกัน หนอนชนิดนี้ทำลายพืชผักโดยกัดกินแทบทุกส่วนของพืช เช่น ดอก ใบ ภายในลำต้น หน่อ และฝัก ทำให้ผักสูญเสียคุณภาพลดหรือใบหอม หรืออาจจะเข้าไปกัดกินในหัวกะหล่ำ ทำให้ใบผักได้รับความเสียหายมาก

3. หนอนกระพุ่ม หนอนหลอดหอม หนอนหอม หรือหนอนหนังเหนียว หนอนชนิดนี้กินจุและกินอย่างรวดเร็ว ตัวหนอนเมื่อยังเล็กจะอยู่เป็นกลุ่มเกาะกินผิวใบด้านล่างของผัก เมื่อโตขึ้นหนอนมักหลบซ่อนอยู่ตามใต้ใบยอด ซอกกาบใบ กัดกินใน

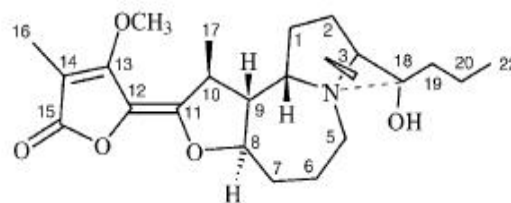
4. ตัวงเต่าแตง เต่าแตงแดง หรือเต่าแตงดำ ตัวอ่อนของด้วงเต่าแตงอาศัยอยู่ในดินและกัดกินรากพืช ส่วนตัวเต็มวัยทำลายยอดแตงโดยแทะกัดกินใบอ่อนในระยะเริ่มงอกจะเหลือแต่ลำต้น เป็นปัญหาารุนแรงกับแตงที่เริ่มงอก

5. แมลงหิวข้าว หรือแมลงหิวข้าวยาสูบ ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบมะเขือเทศ ทำให้ใบเป็นแผล และนอกจากนี้ยังเป็นพาหะนำโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส ทำให้พืชได้รับความเสียหายมาก

สารอัลคาลอยด์ ที่พบในพืชสกุล *stemona* เป็นสารในกลุ่ม stemona alkaloids มีโครงสร้างซับซ้อน โครงสร้างประกอบด้วยวง 6 เหลี่ยมเชื่อมต่อกับวง pyrrolo [1,2-*a*]azepine หรือวง pyridine [1,2-*a*]azepine เป็นแกนหลักของโครงสร้าง (ภาพที่ 19)



Pyrrolo [1,2-*a*] azepine



pyridine [1,2-*a*] azepine

ภาพที่ 19 แกนโครงสร้างทางเคมีของสารกลุ่ม stemona alkaloids

ที่มา: Kaltenecker *et al.* (2003)

งานวิจัยต่างประเทศศึกษาโดย Brem *et al.* (2002) พบว่าสารสเตโมโฟลีนที่สกัดได้จาก *S. collinsae* ด้วยเมทานอลมีความเป็นพิษสัมผัสตายต่อหนอนกระพุ่มผักสูงกว่าสารสกัดจากดอกไพรีทรัม Kaltenecker *et al.* (2003) ได้เปรียบเทียบความเป็นพิษ และการยับยั้งการเจริญเติบโตของสารอัลคาลอยด์ พบใหม่ 8 ชนิดที่สกัดได้จากรากหนอนตายหายากสปีชีส์ต่างๆ กับสารอัลคาลอยด์ 4 ชนิด คือ didehydrostemofoline, stemofoline hydroxystemofoline และ tuberostemonine ที่รายงานโดย Brem *et al.* (2002) ต่อหนอนกระพุ่มผักในวัย neonate (ตารางที่ 13) ซึ่งจะเห็นว่าสาร didehydrostemofoline มีความเป็นพิษกับหนอนกระพุ่มผักสูงสุดโดยมีค่า LC₅₀ เท่ากับ 0.8 พีพีเอ็ม รองลงมาคือ สาร stemofoline มีค่า

LC₅₀ เท่ากับ 2.0 พีพีเอ็ม ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดเป็นสารออกฤทธิ์หลักในหนอนตายหยาก จะเห็นได้ว่าหนอนตายหยากต่างสปีชีส์กัน มีสารออกฤทธิ์หลักในการกำจัดแมลงที่แตกต่างกันไป

ตารางที่ 13 ความเป็นพิษ และการยับยั้งการเจริญเติบโตของสารอัลคาลอยด์ 12 ชนิด ต่อหนอนกระทู้ผักในวัย neonate เปรียบเทียบกับ didehydrostemofoline ที่แยกได้จาก *S. collinsae* จากการทดลองของ Brem *et al.* (2002)

สารอัลคาลอยด์	LC ₅₀ (ppm)	EC ₅₀ (ppm)
Stemokerrin	58	14.1
Methoxystemokerrin-N-oxide	>100	16.3
Oxystemokerrin	5.9	0.7
Oxystemokerrin-N-oxide	12.5	0.4
Pyridostemin	149	96
Protostemonine	17.7	2.2
Dehydroprotostemonine	6.1	0.8
Oxyprotostemonine	159	47
Stemocochinin	170	61
Stemofoline	2.0	1.5
2' -Hydroxystemofoline	30	38
Parvistemonine	>200	163
Didehydrostemofoline	0.8	0.5

สารอัลคาลอยด์ที่พบในหนอนตายหยากสปีชีส์ที่พบในประเทศไทยที่มี pyrido [1,2-] nucleus เป็นแกนหลักได้แก่ stemofoline และ 16,17-didehydro-16(E)-stemofoline โดย 16,17-didehydro-16(E)-stemofoline มีฤทธิ์สูงกว่า stemofoline สารนี้ตรวจพบในหนอนตายหยากชนิด *Stemona collinsae* , *Stemona burkillii* (Jiwajinda *et al.*, 2001; Tikum *et al.*,2008 ; Pitiyont *et al.*, 2009) โดย Jiwajinda *et al.*(2001) รายงานว่าสาร Stemofoline และ 16,17-didehydro-16(E)-stemofoline มีคุณสมบัติในการกำจัดแมลงและยับยั้งการกินอาหารของแมลง โดยมีความเป็นพิษต่อหนอนใยผัก (*Plutella xylostella* L.) วัย 3 ค่า LD₅₀ เท่ากับ 5.50 และ 0.63 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ Pitiyont *et al.* (2008) รายงานว่า สารสกัดไดคลอโรมีเทนจากหนอนตายหยาก *S.burkillii* เก็บตัวอย่างจากจังหวัดน่าน มีความเป็นพิษสูงสุดต่อ

หนอนใยผักกวย 2 มีค่า LC₅₀ เท่ากับ 1.03 % (w/v) ที่ 24 ชั่วโมง โดย Tikum *et al.* (2008) รายงานการศึกษาสารออกฤทธิ์ใน *S.burkillii* เก็บตัวอย่างจากจังหวัดน่าน พบว่า stemofoline เป็นสารออกฤทธิ์หลัก ที่ความเข้มข้น 44.25 µg/cm² และ 17.70 µg/cm² ยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้ 87.9±2.05 % และ 80 ± 1.07 % ตามลำดับ และที่ความเข้มข้น ยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้หอมได้ 83.12 % Phattharaphan *et al.* (2010) แยกส่วนสกัดไดคลอโรมีเทนของหนอนตายหยาก *S. collinsae* เก็บตัวอย่างจากจังหวัดพิษณุโลกให้บริสุทธิ์และพบว่าสาร hydroxystemofoline เป็นสารออกฤทธิ์ต่อหนอนใยผักกวย 3 ที่ผ่านมานักวิจัยและเกษตรกรผลิตสารสกัดจากหนอนตายหยากเพื่อใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กำจัดแมลงศัตรูพืช เช่น หนอนกัตกินใบ และเพลี้ยอ่อน กำจัดเชื้อสาเหตุโรคพืช เช่น *Rhizoctonia solani* และ *Erwinia carotovora* รวมทั้งการกำจัดลูกน้ำยุง ไข้พ่นฆ่าเห็บ หมัด ในฟาร์มปศุสัตว์ ในปัจจุบันมีการขยายพันธุ์และปลูกเลี้ยงหนอนตายหยาก นำมาขายเป็นการค้า โดยนำรากมาสกัดด้วยน้ำหรือแอลกอฮอล์เพื่อใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืช ในแปลงเกษตรกร วุฒิกรณ์ (2539) ได้ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากรากหนอนตายหยากสปีชีส์ *S. kerrii* และสารที่สกัดด้วยวิธีต่างๆกับสารเคมีสังเคราะห์ mevinphos ในระดับภาคสนาม พบว่า สารสกัดจากรากหนอนตายหยากด้วยน้ำ และเอทานอล 95% สามารถลดปริมาณหนอนตระกูลกะหล่ำได้ดีกว่าการใช้สารเคมีสังเคราะห์ mevinphos

Sastraruji (2006) พัฒนาสูตรสารกำจัดแมลงชีวภาพจากหนอนตายหยากสปีชีส์ *S. curtisii* ประกอบด้วย สารสกัดหยาบ *S. curtisii* 30% เอทิลแอลกอฮอล์ 30% เมทิลแอลกอฮอล์ 10% น้ำมันสน 10% น้ำ 10% และ tween-80 10% (w/w) และได้ทดสอบประสิทธิภาพกับหนอนกระทู้ผักในท้องปฏิบัติการ พบว่า สามารถยับยั้งการกินอาหารได้สูง (strong antifeedant) ที่ความเข้มข้น 0.15 เปอร์เซ็นต์ และ ขับไล่แมลง (repellent) ที่ความเข้มข้นมากกว่า 0.03 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองในภาคสนาม พบว่า ปริมาณหนอนใยผักหนอนคืบ และหนอนกระทู้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ชยานนท์ และ บงชรัตน์ (2554) พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์อย่างง่ายจากรากหนอนตายหยากสปีชีส์ *S. burkillii* เพื่อใช้ควบคุมหนอนกระทู้หอม (Beet armyworm: *Spodoptera exigua*) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูสำคัญทางเศรษฐกิจของพืชตระกูลกะหล่ำ ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ stemofoline 0.4% (w/v) ทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางการค้าในระดับเรือนทดลอง โดยการฉีดพ่นบนใบคะน้า พบว่าที่อัตรา 160 มล./ น้ำ 20 ล. ปริมาณหนอนกระทู้หอมเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักสดของคะน้าเฉลี่ย และความเสียหายจากการถูกทำลายเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไซเปอร์เมทริน

จากข้อมูลการศึกษาวิจัยพบว่าสารสกัดจากรากหนอนตายหยากถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง แต่ยังไม่มีการศึกษารายละเอียดอย่างลึกซึ้ง รวมถึงการนำมาใช้ก็จะเป็นในรูปของสารสกัดเป็นส่วนใหญ่ แต่จุดเด่นของโครงการนี้จะพัฒนาสูตรสารสกัดจากรากหนอนตายหยากที่มีประสิทธิภาพสูง เก็บรักษาได้นาน และมีฤทธิ์ยับยั้งโรคพืชและแมลงเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก

จากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารสกัดจากหนอนตายหยากในปีที่ 1 ทดสอบกับหนอนกระทู้หอม ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของสารสกัดจากหนอนตายหยากมีประสิทธิภาพดีในการควบคุมหนอนกระทู้หอม นอกจากนี้จากผลโครงการวิจัยย่อยที่ 1 พบว่า ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดจากหนอนตายหยากมีประสิทธิภาพดีในการควบคุมหนอนใยผัก สำหรับการทดสอบในปีที่ 2 นี้จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นๆ ที่สำคัญเพิ่มเติม โดยการทดสอบประสิทธิภาพต่อแมลงศัตรูพืชจะทำในระดับห้องปฏิบัติการ และในแปลงทดลองเกษตรกร แมลงศัตรูผักที่เลือกมาทดสอบเพิ่มเติมได้แก่ หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) มีรายละเอียดการทดลอง ดังนี้

1.1 การเตรียมสารสกัดรากหนอนตายหยาก นำรากหนอนตายหยากเก็บมาจากจังหวัดกาญจนบุรีล้างให้สะอาด หั่นให้เป็นแผ่นบางๆ และอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นำรากหนอนตายหยากที่อบแห้งแล้วไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช นำมาสกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วน 1 :5 โดยการกวนแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน ด้วยเครื่อง กรองและระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary vacuum evaporator) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดรากหนอนตายหยาก นำมาวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ didehydrostemofoline ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatograph (HPLC)

1.2 การเตรียมหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*)

เก็บหนอนและดักแด่หนอนกระทู้ผักจากแปลงปลูกผักคะน้า จังหวัดสุพรรณบุรี หลังจากนั้นนำมาเลี้ยงในสภาพห้องปฏิบัติการโดยมีขั้นตอนการเลี้ยงดังนี้ หนอนในระยะต่างๆ เลี้ยงในกล่องพลาสติกขนาด 11x22 เซนติเมตร ใช้ใบคะน้าที่ปลูกเอง (ผักปลอดสารพิษ) เป็นอาหาร เปลี่ยนผักให้สดอยู่เสมอ และควรให้มีอาหารเพียงพอกับหนอนตลอด เพราะหากอาหารไม่เพียงพอหนอนจะกินกันเอง เมื่อหนอนใกล้จะเข้าดักแด่ หนอนจะหยุดกินอาหารและเข้าดักแด่ แยกดักแด่ไปเลี้ยงอีกกล่องหนึ่งเพื่อป้องกันหนอนตัวอื่นกิน เมื่อดักแด่ออกเป็นตัวเต็มวัยแยกไปเลี้ยงในกล่องเลี้ยงผีเสื้อให้สำลีที่ชุบน้ำฝึ้งความเข้มข้น 10% เป็นแหล่งอาหารของตัวเต็มวัย และใส่ต้นคะน้าอายุประมาณ 1 เดือนหรือน้อยกว่า ให้ความชื้นโดยวางภาชนะใส่น้ำไว้ ผีเสื้อหนอนกระทู้ผักจะเริ่มวางไข่บนใบคะน้า หลังจากเลี้ยงไปประมาณ 1-2 วัน เมื่อหนอนเริ่มฝักออกจากไข่ ซึ่งใช้เวลา 1-2 วัน นำมาเลี้ยงในกล่องพลาสติกอีกกล่อง ส่วนในกล่องเลี้ยงตัวเต็มวัย ก็นำต้นคะน้าต้นใหม่เข้าไปวางไว้เพื่อให้ผีเสื้อวางไข่ต่อ ใช้หนอนกระทู้ผักวัย 2 ในการทดสอบ

1.3 การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก

เตรียมสารสกัดหนอนตายหยาก 6 ระดับความเข้มข้นคือ 0(control) 2.5 5.0 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ใช้ tween-80 1% ในน้ำเป็นตัวทำละลายและใช้เป็นชุดควบคุมด้วย นำมาทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผัก 2 ดังนี้

1.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดหนอนตายหยากโดยวิธีจุ่มใบ (Leaf dipping)

ทดสอบประสิทธิภาพการกินตายโดยวิธีจุ่มใบ (Leaf dipping) โดย ตัดใบคะน้าที่ปลูกเองเป็นชิ้นกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร นำไปจุ่มในสารสกัดตามความเข้มข้นที่กำหนดเป็นเวลา 30 วินาที ผึ่งให้แห้งแล้วนำไปใส่ในกล่องพลาสติก ปลอ่ยหนอนกระทู้ผัก 2 ลงบนใบคะน้า จำนวน 10 ตัวต่อหนึ่งความเข้มข้น การทดลองวางแผนแบบ CRD ทำการทดสอบความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว นำหนอนทดสอบไปเลี้ยงในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์และช่วงเวลาให้แสง 13:11 (L:D) ตรวจนับการตายที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

1.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดหนอนตายหยากโดยวิธีสัมผัสตาย (Topical application) ดัดแปลงจากวิธีของปาริชาติ (2542) ดังนี้

หยดสารสกัดหนอนตายหยากแต่ละความเข้มข้นลงบนตัวหนอนกระทู้ผัก 2 บริเวณปล้องที่ 3 ด้วยไมโครปิเปต ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ปลอ่ยหนอนทดสอบที่หยดสารทดสอบในถ้วยพลาสติกที่มีใบคะน้าเป็นอาหาร การทดลองวางแผนแบบ CRD ทำการทดสอบความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ต่อความเข้มข้น นำหนอนไปเลี้ยงในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์และช่วงเวลาให้แสง 13:11 (L:D) ตรวจนับการตายที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

1.3.3 การบันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์ทางสถิติ บันทึกการตาย ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง นำข้อมูลการตายที่ได้ ไปคำนวณหาค่า LC_{50} โดยใช้โปรแกรม Probit analysis วิเคราะห์ความแปรปรวนและคำนวณความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดย ANOVA และ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. การทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดรากหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผัก

เตรียมสูตรสารสกัดหนอนตายหยากให้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ didydrostemofoline 1% (วิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ ด้วยเครื่อง HPLC) นำมาทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผัก 2 ดังนี้

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก

ทดสอบด้วยวิธีจุ่มใบ (leaf dipping) ตามวิธีข้อ 1.3.1 และวิธีสัมผัสตาย (topical application) ดัดแปลงจากวิธีของปาริชาติ (2542) ตามวิธีข้อ 1.3.2 โดยมีอัตราการใช้สูตรสารสกัดหนอนตายหยาก 0(control) 40 60 80 100 และ 120 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อการยับยั้งการกินอาหารของแมลง (Antifeedant activity)

ทดสอบแบบไม่ให้ทางเลือก (no-choice test) โดยเตรียมสูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่อัตรา (control) 40 60 80 100 และ 120 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร หลังจากนั้นแช่หนอนกระทู้ผัก วย 2 ที่ให้อาหารเป็นเวลา 30 นาที ลงบนใบคะน้าที่จุ่มสารแล้วใบละ 1 ตัว (ทำการทดสอบ 10 ซ้ำๆละ 1 ตัว) บันทึก พื้นที่ใบคะน้าก่อนและหลังการกินที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด 72 ชั่วโมงจึงนำขึ้นใบมาวัดพื้นที่ใบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการยับยั้งการกินอาหาร วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ใช้หนอนกระทู้ผัก วย 2 ซ้ำๆละ 10 ตัว นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่า antifeedant index ตามวิธีของ Blaney *et al.* (1984) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ศึกษาเปรียบเทียบสูตรสารสกัดหนอนตายหยากกับผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงศัตรูพืชทางการค้า

ผลของอัตราการใช้สูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 1.4 จะนำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก วย 2 ด้วยวิธีจุ่มใบ (leaf dipping) และด้วยวิธีสัมผัสตาย (topical application) ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับสารกำจัดแมลงศัตรูพืชทางการค้า สารไซเปอร์เมทริน 250 Cypermethrin 25% (w/v) EC ในอัตราแนะนำของผลิตภัณฑ์ บันทึกการตายของหนอนหลังการทดสอบ ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง นำข้อมูลไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การตาย วิเคราะห์ความแปรปรวนและความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ one way ANOVA และ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % คำนวณหาค่า LC₅₀ (Lethal Concentration 50) โดยวิธี Probit analysis

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ในระดับแปลงเกษตรกร

นำผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่พัฒนาได้และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดหนอนตายหยาก (จากโครงการย่อยที่ 1) มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูผัก ในระดับแปลงทดลอง ณ พื้นที่ปลูกจังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อศึกษาการนำมาใช้ร่วมในระบบการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน เพื่อลดแรงงาน ต้นทุน และค่าใช้จ่ายของเกษตรกร โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิม และกรรมวิธีที่มีการใช้สารเคมี บันทึกและประเมินผลการทดลองโดยเก็บข้อมูล 2 ลักษณะคือ (1) ข้อมูลการระบาดของแมลง และ (2) ข้อมูลด้านคุณภาพพืชรวม วิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพในการควบคุมแมลง และคุณภาพของผลผลิต

5. ศึกษากลไกความเป็นพิษเบื้องต้นต่อกิจกรรมเอนไซม์ ชนิดต่างๆ

สารกำจัดแมลงจะออกฤทธิ์โดยมีอวัยวะเป้าหมาย (target organs) เช่น สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมท มีตำแหน่งการออกฤทธิ์ที่ระบบประสาทส่วนกลางบริเวณซินแนปส์ โดยมีเป้าหมายคือ เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (acetylcholinesterase) โดยตำแหน่งแรกที่สารกำจัดแมลงเข้าสู่ลำตัวแมลงเรียกว่า ตำแหน่งสัมผัส (site of contact) ซึ่งมีหลายบริเวณด้วยกัน เช่น ส่วนของระยางค์ต่างๆ ได้แก่ หนวด ขา ปีก ระยางค์ หรือผนังลำตัวของแมลง หากแมลงได้รับสารโดยการกินตำแหน่งสัมผัสคือ ระบบทางเดินอาหาร หากแมลงได้รับสารโดยการหายใจตำแหน่งสัมผัสคือ ระบบการหายใจหรือระบบแลกเปลี่ยนก๊าซ ได้แก่ รูหายใจและท่อ

ลม ดังนั้นการที่สารกำจัดแมลงจะออกฤทธิ์ได้นั้น จะต้องเข้าถึงบริเวณตำแหน่งของการออกฤทธิ์ การที่หนอนตายหยากจะนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดศัตรูจากพืชในเชิงการค้าได้สมบูรณ์นั้น ควรต้องทราบกลไกความเป็นพิษของหนอนตายหยากด้วย งานวิจัยนี้จึงศึกษากลไกความเป็นพิษเบื้องต้นของสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญของพืชกะหล่ำ มีรายละเอียดการทดลองดังนี้

5.1 การเตรียมสารสกัดหนอนตายหยาก

นำรากหนอนตายหยากสกัดด้วยเอทานอลในอัตราส่วน 1:5 ด้วยวิธีการกวนต่อเนื่องเป็นเวลา 3 วัน กรองและระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนได้สารสกัดหยาบ (crude extract) เก็บสารสกัดนี้ไว้ในขวดแก้วสีชารอการทดสอบ

5.2 การทดสอบการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหนอนตายหยาก

นำสารสกัดหยาบหนอนตายหยากทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดโดยวิธีผสมในอาหารเทียมที่ความเข้มข้นต่างคือ 1, 3 และ 10 ไมโครลิตร โดยใช้หนอนกระทู้ผัก วัย 4 จำนวน 10 ตัว / ซ้ำ บันทึกอัตราการตายและชั่งน้ำหนักแมลงและอาหารเทียมที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition)

5.3 ศึกษาผลของสารสกัดเอทานอลจากรากหนอนตายหยากต่อกิจกรรมเอนไซม์

การสกัดเอนไซม์จากรากหนอนกระทู้ผัก (ดัดแปลงวิธีการของ Mackness et al., 1983; Visetson et al., 2006) นำหนอนกระทู้ผักวัย 4 จำนวน 5 ตัว มาบดในโกร่งที่แช่เย็น ขณะบดผสม polyvinyl กระทู้ผักวัย 4 จำนวน 5 ตัว มาบดในโกร่งที่แช่เย็น ขณะบดผสม Polyvinyl polypyrrolidone (PVPP) 0.1 กรัม และ ค่อยๆ เติม 0.1 M phosphate buffer ที่ pH 7.5 เมื่อบดละเอียดแล้ว นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 15,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำ supernatant ไปวัดเอนไซม์โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ดังนี้ เอนไซม์เอสเทอเรส (Esterase activity) ใช้วิธี PNPA assay ดัดแปลงจาก Mackness et al. (1983) เอนไซม์กลูตาไทโอน-เอส-ทรานสเฟอเรส (glutathione-S-transferase) ใช้วิธีของ CDNB assay ของ Booth et al. (1961) เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส acetylcholinesterase (AChE activity) ใช้วิธีของ Takeda et al. (2006)

5.4 ศึกษาผลของสารสกัดเอทานอลจากรากหนอนตายหยากต่อกิจกรรมเอนไซม์ carboxylesterase glutathione S-transferase และกิจกรรมเอนไซม์ acetylcholinesterase

ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

1. ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูพืชผัก

1.1 ผลการเลี้ยงและเพิ่มปริมาณแมลงเพื่อใช้ในการทดลอง

ผลการเลี้ยงหนอนกระทู้ผัก พบว่า การวางไข่จะวางเป็นกลุ่มๆ มีขนสีน้ำตาลปกคลุมอยู่ กลุ่มไข่แต่ละกลุ่มจะมีไข่ตั้งแต่ 50 - 300 ฟอง ไข่มีระยะฟัก 4 - 6 วัน หลังฟักไข่เมื่อหนอนโตเต็มที่จะหยุดกินอาหารและลำตัวจะหดสั้นลงเพื่อจะเข้าดักแด้ และเปลี่ยนเป็นตัวเต็มวัย มีระยะตัวหนอน 12 - 15 วัน ดักแด้มีระยะ 7-10 วัน ตัวเต็มวัย เป็นผีเสื้อกลางคืน มีลำตัวยาว 1.5 - 2 เซนติเมตร ระยะตัวเต็มวัยประมาณ 6-9 วัน จากผลการเลี้ยงเพิ่มปริมาณหนอนกระทู้ผัก พบว่ามีความสอดคล้องกับการทดลองของ วราภรณ์ (2507) ซึ่งเลี้ยงหนอนใน petridish หนอนมีระยะไข่ 3 - 6 วัน ระยะหนอน 13 - 17 วัน ระยะ ดักแด้ 7 - 10 วัน และระยะตัวเต็มวัย 7 - 9 วัน ทั้งนี้อาหารที่ใช้เลี้ยง สภาวะต่างๆของห้องที่วางเลี้ยงหนอน ตลอดจนเทคนิคในการเลี้ยงที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตของหนอน

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากรากหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผัก

1.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพการสัมผัสตายโดยวิธี Leaf dipping

ผลการทดสอบสารสกัดจากรากหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีจุ่มใบ แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าที่ 24 ชั่วโมง สารสกัดจากรากหนอนตายหยากที่ระดับความเข้มข้น 10.0% มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้สูงสุด 100 % ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ความเข้มข้น 5 % และ 7.5% มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้ 93.3 และ 96.67 % ตามลำดับ แต่มีผลแตกต่างกันทางสถิติกับระดับความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่ามีอัตราการตายเพิ่มขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้น 5.0 7.5% และ 10.0% มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้ 100% ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ความเข้มข้น 2.5% มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้ 90 % แต่แตกต่างกันทางสถิติกับผลที่ระดับความเข้มข้น 1% และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่า LC_{50} ของสารสกัดหยากหนอนตายหยากที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 1.48 % (w/v) ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 1.15 % (w/v) (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากรากหนอนตายหยาก หลังการทดสอบกับหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยวิธีจุ่มใบ (Leaf – dipping)

ความเข้มข้นสารสกัดจากราก หนอนตายหยาก (%w/v)	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของหนอนกระทู้ผัก	
	ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}
0.0 (Control)	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
1.0	53.33±5.77 ^b	60.00±10.00 ^b
2.5	86.67±5.77 ^c	90.00±17.32 ^c
5.0	93.33±5.77 ^{cd}	100.00±0.00 ^c
7.5	96.67±5.77 ^d	100.00±0.00 ^c

10.0	100.00±0.00 ^d	100.00±0.00 ^c
------	--------------------------	--------------------------

^{1/} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

1.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพการสัมผัสตายโดยวิธี Topical application

ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดหยาบหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผักวัย 2 โดยวิธีการสัมผัสตายแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 0.0 (control) 1.0 2.5 และ 5.0%(w/v) มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้ 0.00±0.00 60.00±5.77 86.67±3.33 และ 96.67 ±3.33% ตามลำดับ ที่ 24 ชั่วโมง โดยที่ระดับความเข้มข้น 7.5 และ 10.0 % มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้สูงสุด 100.00± 0.00% ไม่แตกต่างกับผลที่ระดับความเข้มข้น 5.0 % มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทู้ผัก 96.67 ±3.33% แต่แตกต่างทางสถิติกับระดับความเข้มข้นอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) จากผลการทดลองที่ 24 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบหนอนตายหยากจาก 1.0 เป็น 2.5 % และจาก 2.5 เป็น 5.0 % ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การตายเพิ่มขึ้น 16.67 และ 10 % ตามลำดับ ค่า LC₅₀ ของสารสกัดหยาบหนอนตายหยากที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 1.30 % (w/v) ส่วนผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่าการตายของหนอนเพิ่มขึ้น โดยสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 0.0 (control) 1.0 และ 2.5 % (w/v) มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้ 0.00±0.00 76.00±3.33 และ 96.67±3.33 ตามลำดับ และที่ระดับความเข้มข้น 5.0 7.5 และ 10.0 % มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้ 100.00±0.00% ไม่แตกต่างกับผลที่ระดับความเข้มข้น 2.5% มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้ 96.67±3.33% แต่แตกต่างทางสถิติกับระดับความเข้มข้นอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) จากผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดหยาบหนอนตายหยากจาก 1.0 เป็น 2.5 % โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายเพิ่มขึ้นถึง 30 % ค่า LC₅₀ ของสารสกัดหยาบหนอนตายหยากที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 0.96 % (w/v) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากรากหนอนตายหยาก หลังการทดสอบกับหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยวิธีการสัมผัสตาย (Topical application)

ความเข้มข้นสารสกัดจากราก หนอนตายหยาก (%w/v)	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของหนอนกระทู้ผัก	
	ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}
0.0 (Control)	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
1.0	60.00±5.77 ^b	76.00±3.33 ^b
2.5	86.67±3.33 ^c	96.67±3.33 ^c
5.0	96.67±5.77 ^d	100.00±0.00 ^c
7.5	100.00±0.00 ^d	100.00±0.00 ^c
10.0	100.00±0.00 ^d	100.00±0.00 ^c

^{1/} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2. ประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูพืชหนอนกระทุ้ผัก

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากซึ่งมีปริมาณสารออกฤทธิ์ didehydrostemofoline 1% ต่อหนอนกระทุ้ผัก มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพการกินตายโดยวิธี Leaf dipping

ผลการทดสอบสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทุ้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีจุ่มใบ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ที่อัตรา 0 (control) 40 60 80 100 และ 120 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทุ้ผักได้ 0.00±0.00 56.67±11.55 76.67±5.77 86.67±11.55 93.33±11.55 และ 100.00±0.00 % ตามลำดับ ที่ 24 ชั่วโมง โดยสูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่อัตราการใช้ 120 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทุ้ผักได้สูงสุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่อัตราการใช้ 80 และ 100 มิลลิลิตร แต่แตกต่างทางสถิติกับผลที่อัตราการใช้ อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (p< 0.05) ค่า LC₅₀ ของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 39.41 % (w/v) ส่วนผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่าอัตราการใช้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย สูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่อัตราการใช้ 100 และ 120 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทุ้ผักได้สูงสุด ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้จากอัตราการใช้ 80 มิลลิลิตร แต่แตกต่างทางสถิติกับอัตราการใช้ อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (p< 0.05) ค่า LC₅₀ ของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 43.73% (w/v) ที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 39.41% (w/v) (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก หลังการทดสอบกับหนอนกระทุ้ผักวัยที่ 2 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยวิธีจุ่มใบ (Leaf – dipping)

อัตราการใช้ (มล./น้ำ 20 ล.)	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของหนอนกระทุ้ผัก	
	ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}
0 (Control)	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
40	56.67±11.55 ^b	63.33±11.55 ^b
60	76.67±5.77 ^c	80.00±10.00 ^c
80	86.67±11.55 ^{cd}	93.33±5.77 ^d
100	93.33±11.55 ^d	100.00±0.00 ^d
120	100.00±0.00 ^d	100.00±0.00 ^d

^{1/} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพการกินตายโดยวิธีสัมผัสตาย (topical application)

ผลการทดสอบสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทุ้ฝักวัยที่ 2 โดยวิธีสัมผัสตาย (topical application) แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า ที่อัตรา 0 (control) 40 60 80 100 และ 120 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีฤทธิ์ในการฆ่าหนอนกระทุ้ฝักได้ 0.00 ± 0.00 60.00 ± 10.00 76.67 ± 5.77 90.00 ± 5.77 100.00 ± 0.00 และ 100.00 ± 0.00 % ตามลำดับ ที่ 24 ชั่วโมง โดยสูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่อัตราการใช้ 120 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทุ้ฝักได้สูงสุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่อัตราการใช้ 80 และ 100 มิลลิลิตร แต่แตกต่างทางสถิติกับอัตราการใช้อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่า LC_{50} ของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่ 24 เท่ากับ 41.54% (w/v) ที่ 24 เท่ากับ 41.54% (w/v) ส่วนผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่าอัตราการใช้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย สูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่อัตราการใช้ 100 และ 120 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทุ้ฝักได้สูงสุด ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ได้จากอัตราการใช้ 80 มิลลิลิตร แต่แตกต่างทางสถิติกับอัตราการใช้อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่า LC_{50} ของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 41.54% (w/v) ที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 37.95% (w/v) (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก หลังการทดสอบกับหนอนกระทุ้ฝักวัยที่ 2 ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยวิธีสัมผัสตาย (topical application)

อัตราการใช้ (มล./น้ำ 20 ล.)	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของหนอนกระทุ้ฝัก	
	ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}
0 (Control)	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a
40	60.00 ± 5.77^b	63.33 ± 5.77^b
60	76.67 ± 5.77^c	83.33 ± 5.77^c
80	90.00 ± 5.77^d	100.00 ± 0.00^d
100	100.00 ± 0.00^d	100.00 ± 0.00^d
120	100.00 ± 0.00^d	100.00 ± 0.00^d

^{1/} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการกินอาหาร (antifeedant effect) โดยวิธีแบบไม่ให้ทางเลือก (no-choice test)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทุ้ฝักวัยที่ 2 โดยวิธีการยับยั้งการกินอาหาร แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าที่ 24 และ 48 ชั่วโมง สูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่อัตราการใช้

100 และ 120 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารได้สูงสุดเท่ากับ 100.00±0.00% โดยที่ 24 ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารที่ อัตราการใช้ 80 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารเท่ากับ 89.30±1.03% แตกต่างทางสถิติกับอัตราการใช้อื่นๆอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนผลการทดลองที่ 48 ชั่วโมง พบว่าสูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่อัตราการใช้ 80 มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินได้สูงสุด เท่ากับ 98.26±1.76% ไม่แตกต่างทางสถิติกับอัตราการใช้ 100 และ 120 มิลลิลิตร แต่แตกต่างทางสถิติกับอัตราการใช้อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 อัตรายับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant index, AFI) ของหนอนกระทุ้งก้วยที่ 2 หลังได้สูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ทดสอบแบบไม่ให้ทางเลือก (no-choice test)

อัตราการใช้ (มล./น้ำ 20 ล.)	อัตราการยับยั้งการกินอาหาร (AFI)	
	ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}
(0) Control	00.00±0.00 ^a	00.00±0.00 ^a
40	41.04±2.90 ^b	83.56±1.96 ^b
60	72.62±1.58 ^c	94.28±2.64 ^c
80	89.30±1.03 ^d	98.26±1.76 ^d
100	100.00±0.00 ^e	100.00±0.00 ^d
120	100.00±0.00 ^e	100.00±0.00 ^d

^{1/} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

จากผลการทดสอบหาอัตราการใช้ที่เหมาะสมของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อแมลงทดสอบพบว่า อัตราการใช้ที่ 100 และ 120 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทุ้งก้วย เมื่อทดสอบด้วยวิธีจุ่มใบ (Leaf dipping) และวิธีสัมผัสตาย (topical application) ได้ดีที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผลที่ได้จากอัตราการใช้สูตรสารสกัดหนอนตายหยาก 80 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทุ้งก้วย (สุดฤดี ประเทืองวงศ์ และคณะ, 2555) ส่วนผลยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทุ้งก้วย พบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าหนอนกระทุ้งก้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของรัตติยาและพิทยา (2542) ที่พบว่าสารสกัดจากหนอนตายหยากนอกจากมีฤทธิ์ในการทำให้หนอนตายแล้วยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทุ้งก้วยอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากรากหนอนตายหยากมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญหลายกลุ่ม Ye *et al* (1994) รายงานว่า สารออกฤทธิ์ในรากหนอนตายหยากเป็นสารกลุ่ม Alkaloids และ Jiwajinda *et al* (2001) รายงานว่า หนอนตายหยากชนิด *S. collinsae* มีสาร

alkaloids 2 ชนิดคือ 16,17-didehydro-16(E)-stemofoline และ 16,17-didehydro-4(E)-16(E)-stemofoline ซึ่งมีความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผักและหนอนกระทู้หอม

จากผลการทดลองที่ได้จึงเลือกอัตราการใช้สูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่ 80 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร เป็นอัตราที่เหมาะสมและอัตราการใช้แนะนำของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผัก

3. ทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยากเปรียบเทียบกับสารกำจัดแมลงศัตรูพืชทางการค้า Cypermethrin

ผลการศึกษาเปรียบเทียบสูตรสารสกัดหนอนตายหยากกับผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชทางการค้าต่อหนอนกระทู้ผัก วัย 2 - 3 ด้วยวิธี leaf dipping และ topical application

1.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการกินตายโดยวิธีจุ่มใบ (Leaf dipping)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 โดยวิธีจุ่มใบ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชทางการค้า cypermethrin แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า สูตรสารสกัดที่อัตราการใช้ 80 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักเท่ากับ $86.67 \pm 5.77\%$ ที่ 24 ชั่วโมงและ $93.33 \pm 5.77\%$ ที่ 48 ชั่วโมง ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ทรีทเมนต์ cypermethrin ที่อัตราการใช้ 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ($p < 0.05$) มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้สูงสุดเท่ากับ $93.33 \pm 5.77\%$ ที่ 24 ชั่วโมงและ $96.67 \pm 5.77\%$ ที่ 48 ชั่วโมง ทั้งนี้จากการสังเกตพบว่าเป็นกรณี การใช้สาร cypermethrin หนอนกระทู้ผักจะไม่เข้าใกล้และกินใบคะน้าที่ใช้ทดสอบ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 หลังได้รับทรีทเมนต์ต่างๆที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยวิธีจุ่มใบ (Leaf – dipping)

ทรีทเมนต์	อัตราการใช้ (มล./น้ำ 20 ล.)	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของหนอนกระทู้ผัก	
		ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}
control	0	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a
สูตรสารสกัด	80	86.67 ± 5.77^b	93.33 ± 5.77^b
cypermethrin	10	86.67 ± 5.77^b	96.67 ± 5.77^b

^{1/} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยากโดยวิธี (topical application)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยากต่อหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 ด้วยวิธี สัมผัสตายเพื่อดูฤทธิ์แบบสัมผัสตาย เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชทางการค้า cypermethrin แสดงดังตารางที่

7 พบว่า สูตรสารสกัดที่อัตราการใช้ 80 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักเท่ากับ $90.00 \pm 5.77\%$ และ $93.33 \pm 5.77\%$ ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ทริทเมนต์ cypermethrin ที่อัตราการใช้ 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ($p < 0.05$) มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผักได้สูงสุดเท่ากับ $100.00 \pm 0.00\%$ ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2 หลังได้รับทริทเมนต์ต่างๆที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยวิธีสัมผัสตาย (topical application)

ทริทเมนต์	อัตราการใช้ (มล./น้ำ 20 ล.)	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของหนอนกระทู้ผัก	
		ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}
control	0	0.00 ± 0.00^a	0.00 ± 0.00^a
สูตรสารสกัด	80	90.00 ± 5.77^b	100.00 ± 0.00^b
cypermethrin	10	100.00 ± 0.00^b	100.00 ± 0.00^b

^{1/} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ต่อหนอนกระทู้ผัก วัยที่ 2 และ หนอนกระทู้หอม (ใช้ข้อมูลจากการศึกษาในปีที่ 1) โดยวิธีจุ่มใบ ที่อัตราการใช้ 80 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ในระดับห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กำจัดศัตรูพืชทางการค้า cypermethrin พบว่าสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการในการกำจัดแมลงศัตรูผักคือ หนอนกระทู้หอมและหนอนกระทู้ผักได้มากกว่า 70% โดยเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้หอมและหนอนกระทู้ผักเพิ่มขึ้นหลังการทดสอบที่ 48 ชั่วโมง (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ฝักและหนอนกระทู้หอมวัยที่ 2 หลังได้รับทริทเมนต์ต่างๆที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยวิธีจุ่มใบ (Leaf – dipping)

กรรมวิธี	อัตราการใช้ (มล./น้ำ 20 ล.)	เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของหนอนกระทู้ฝัก			
		หนอนกระทู้หอม		หนอนกระทู้ฝัก	
		ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 24 ชั่วโมง ^{1/}	ที่ 48 ชั่วโมง ^{1/}
control	0	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
สูตรสารสกัด	80	70.00±10.00 ^b	86.67±5.77 ^b	86.67±5.77 ^b	93.33±5.77 ^b
cypermethrin	10	70.00±10.00 ^b	83.33±5.77 ^b	86.67±5.77 ^b	96.67±5.77 ^b

^{1/} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากผลงานวิจัยในปีที่ 1 และ 2 เพื่อดูแนวโน้มประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยากพบว่าสูตรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการในการฆ่าและยับยั้งแมลงศัตรูฝักคือ หนอนกระทู้หอมและหนอนกระทู้ฝักได้อย่างดี จึงเลือกอัตราการใช้ของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ที่อัตรา 80 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร เป็นอัตราการใช้แนะนำสำหรับการทดสอบเพื่อยืนยันผลในระดับแปลงเกษตรกร ต่อไป

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ในระดับแปลงเกษตรกร

นำผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดหนอนตายหยากที่พัฒนาได้และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดหนอนตายหยาก (จากโครงการย่อยที่ 1) มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูฝัก ในระดับแปลงทดลอง ณ พื้นที่ปลูกจังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อศึกษาการนำมาใช้ร่วมในระบบการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน เพื่อลดแรงงานต้นทุน และค่าใช้จ่ายของเกษตรกร โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิม และกรรมวิธีที่มีการใช้สารเคมี บันทึกลงและประเมินผลการทดลองโดยเก็บข้อมูล 2 ลักษณะคือ (1) ข้อมูลการระบาดของแมลง และ (2) ข้อมูลด้านคุณภาพพืชรวม วิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพในการควบคุมแมลง และคุณภาพของผลผลิต ได้ผลดังต่อไปนี้

การทดลองนำสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ที่ผ่านการศึกษาวิจัยในปีที่ 1 ลงทดสอบซ้ำเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูค่น้ำในระดับแปลงเกษตรกร ณ ตำบลทุ่งคอก อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ในฤดูกาลปลูกที่ 2 ช่วงเดือนมีนาคม – พฤษภาคม 2555 โดยรายละเอียดกรรมวิธีดังรายละเอียดในส่วนของแผนโครงการย่อยที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และสูตรจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชเพื่อปรับปรุงสุขภาพพืช เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงที่แน่นอน โดยระหว่างการทำ

การสำรวจประชากรแมลงศัตรูพืชประกอบด้วย ประกอบด้วย หนอนใยผัก(*Plutella xylostella*) หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) และ ตัวงหมัดผัก *sinuata*) โดยใช้วิธีการสำรวจโดยใช้กรอบไม้ขนาด 50x50 เซนติเมตร และตรวจนับประชากรแมลงในกรอบไม้นั้น นอกจากนั้นยังมีการติดตั้งกับดักกาวเหนียว โดยใช้พื้นพลาสติกสีเหลืองทากาวเหนียวดักแมลงแล้วปักไว้กลางแปลงในแต่ละกรรมวิธี เพื่อสำรวจการระบาดของแมลงศัตรูพืช และเพื่อเป็นประโยชน์ในการเตรียมการก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืช

4.1 ผลการสำรวจแมลงตั้งแต่เริ่มปลูกคะน้าในแปลงเกษตรกร แสดงดังภาพที่ 1

เมื่อคะน้าอายุ 7 วัน สัปดาห์ที่ 1 จากการสำรวจโดยใช้กรอบไม้และสำรวจประชากรแมลง ผลการวิจัยพบว่า ยังไม่พบการระบาดของแมลงศัตรูพืช

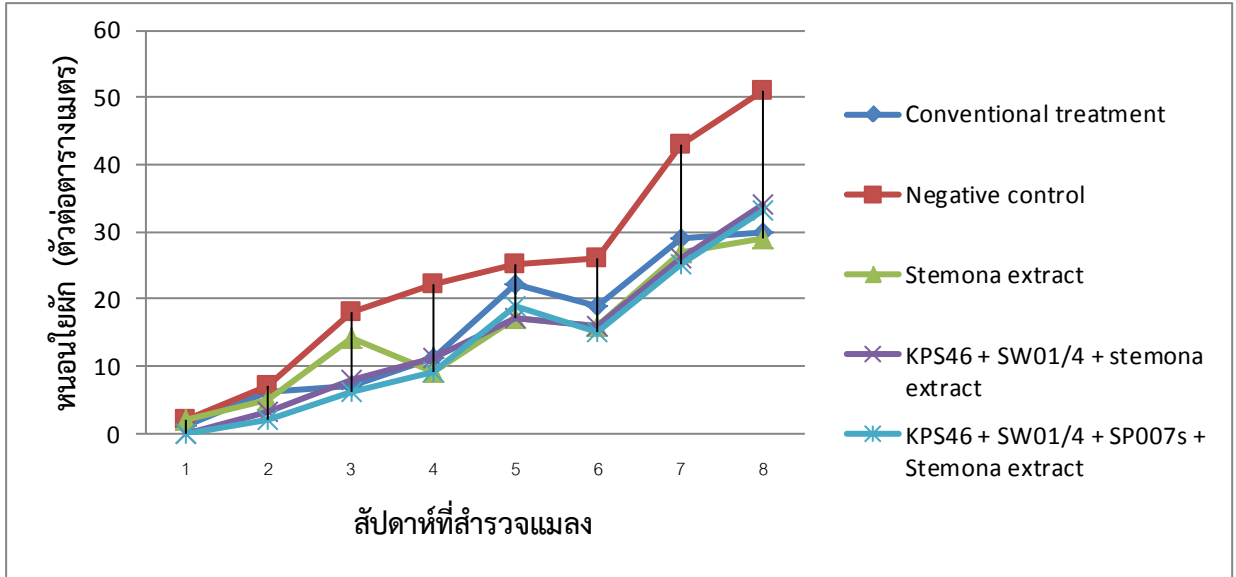
เมื่อคะน้าอายุ 14 วัน พบว่ามีประชากรของตัวงหมัดผักและหนอนใยผักเล็กน้อย

เมื่อคะน้าอายุ 21 และ 28 วัน พบว่ามีประชากรของหนอนใยผักมากขึ้น พบตัวงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอมและรวมในแปลงที่ใช้สารเคมีโดยพบมากในกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ

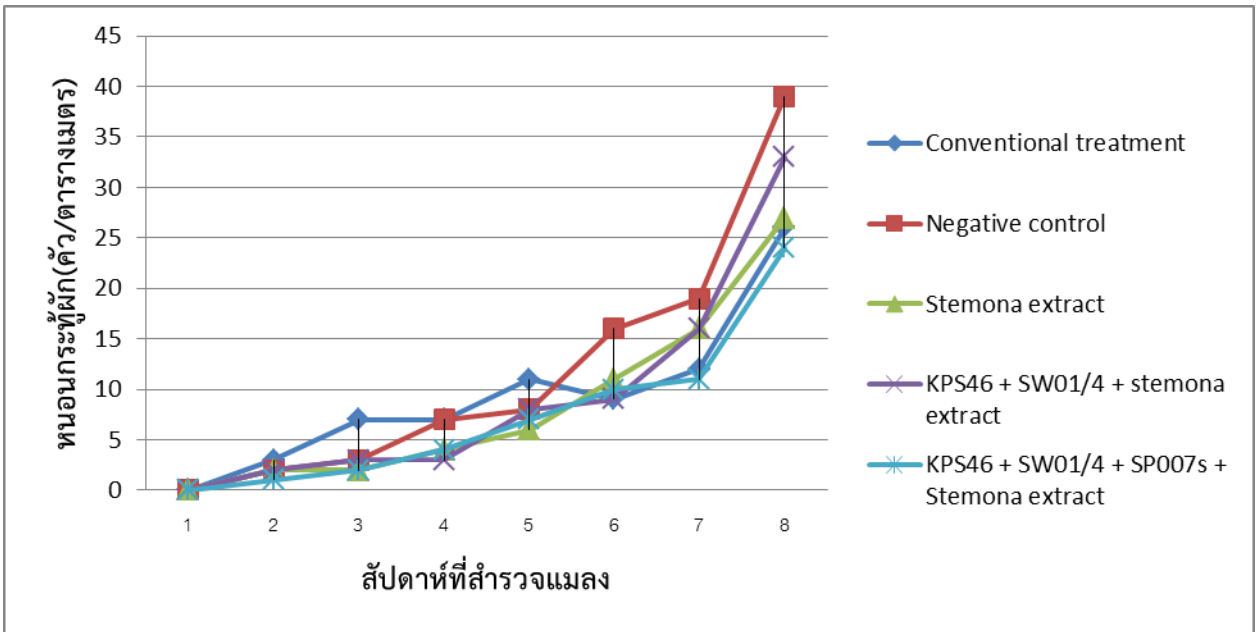
เมื่อคะน้าอายุ 35 และ 42 วัน พบว่ามีประชากรของหนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม และตัวงหมัดผัก ระบาดแต่พบมากในกรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ

เมื่อคะน้าอายุ 48 วัน พบว่ามีประชากรของหนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม และตัวงหมัดผัก ระบาด โดยแปลงที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ เลย พบการระบาดของหนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม และตัวงหมัดผัก ระบาดเฉลี่ย 51, 39, 17 และ 46 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดหนอนตายหยากและผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดหนอนตายหยากเปรียบเทียบกับการใช้กรรมวิธีดั้งเดิม และกรรมวิธีที่มีการใช้สารเคมี ในช่วงคะน้าอายุ 42-48 วัน พบว่าประชากรแมลงศัตรูคะน้าในแปลงที่มีการพ่นผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดหนอนตายหยากและผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดหนอนตายหยาก ยังคงมีการระบาดของแมลงศัตรูพืชในปริมาณที่ใกล้เคียงกับการใช้สารเคมีสังเคราะห์ แต่น้อยกว่าแปลงที่ไม่มีการใช้ปัจจัยใดๆ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดหนอนตายหยากมีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูคะน้าได้ และเมื่อนำไปใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติที่ดีในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชก็ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชได้เพิ่มขึ้น นอกจากกลไกการทำงานที่ดีแล้วยังคงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายให้เกษตรกรได้ด้วยเช่นกัน

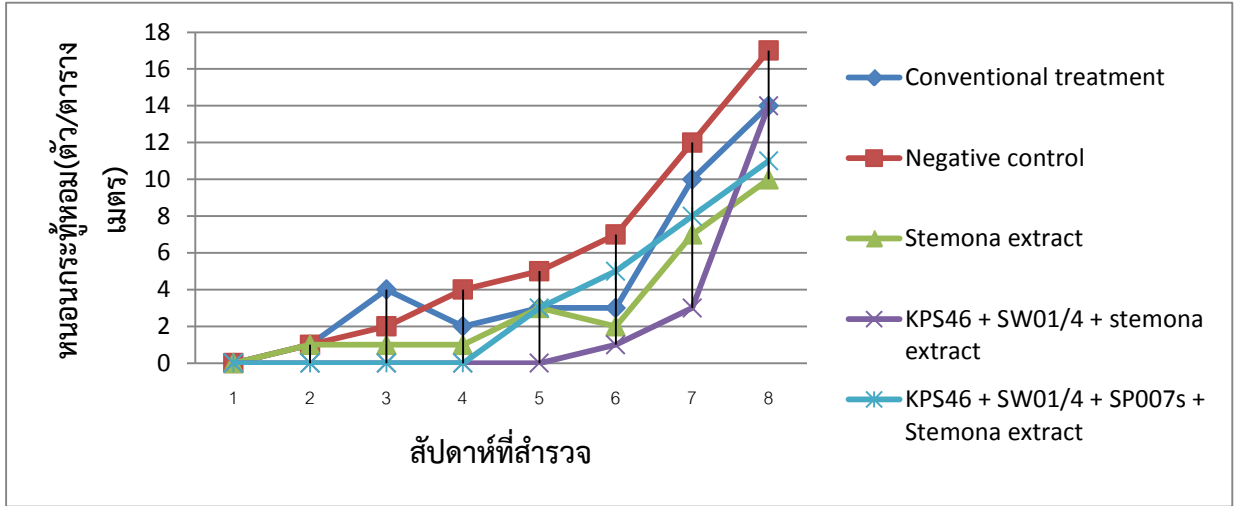


หนอนใยฝัก

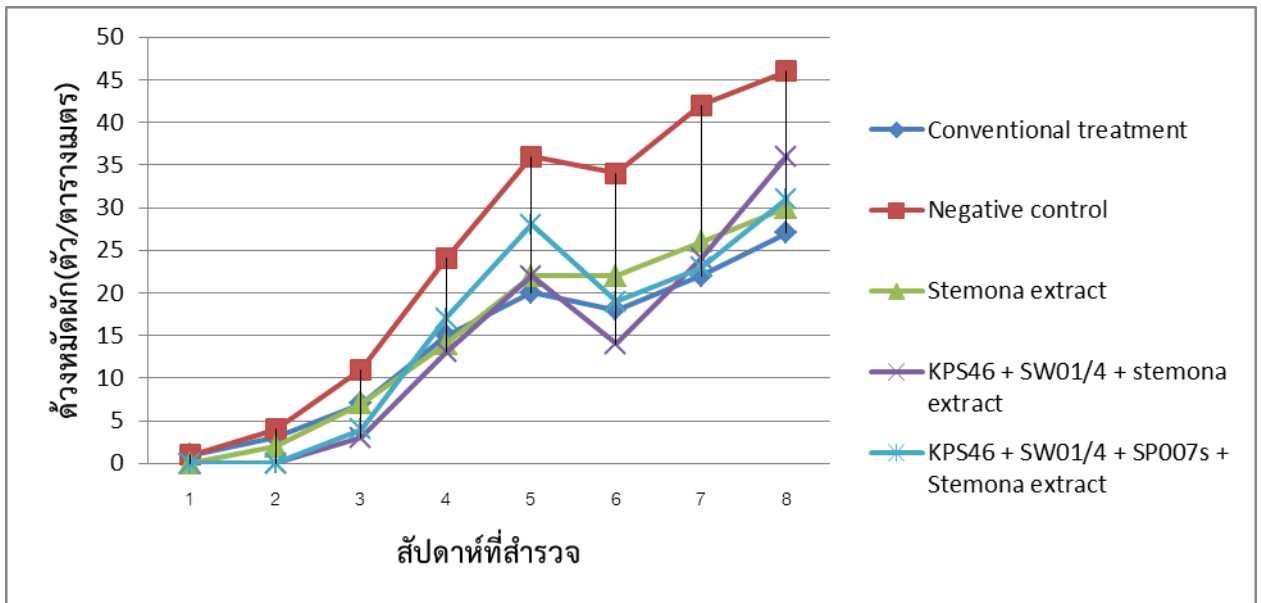


หนอนกระพุ่มฝัก

ภาพที่ 20 ปริมาณแมลงที่สำรวจประกอบด้วย หนอนใยฝัก หนอนกระพุ่มฝัก หนอนกระพุ่มหอม และ ด้วงหมัดฝัก ในแต่ละอาทิตย์ที่พบในแต่ละกรรมวิธี ที่ใช้สูตรสารสกัดหนอนตายหยากเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีดั้งเดิม การใช้สารเคมี และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ร่วมกับสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก



หนอนกระตุ้ม



ตัวหนัดฝัก

ภาพที่ 20 (ต่อ) ปริมาณแมลงที่สำรวจประกอบด้วย หนอนใยฝัก หนอนกระตุ้ม หนอนกระตุ้ม และ ตัวหนัดฝักในแต่ละอาทิตย์ที่พบในแต่ละกรรมวิธี ที่ใช้สูตรสารสกัดหนอนตายหยากเปรียบเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิม การใช้สารเคมี และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ร่วมกับสูตรสารสกัดหนอนตายหยาก

4.2 คุณภาพพีชรวม

พบว่าทุกกรรมวิธีหรือทรีตเมนต์มีค่าคุณภาพพีชรวมลดลงในอาทิตย์ที่ 3-4 ทั้งนี้เนื่องมาจากแมลงศัตรูพืชคือด้วงหมัดผัก หนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก เริ่มเข้าทำลาย ส่วนคุณภาพพีชรวมในช่วงการเก็บผลตั้งแต่อาทิตย์ที่ 5 -8 มีค่าค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นช่วงที่ผักมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่จำนวนแมลงและการเข้าทำลายอยู่ในระดับเกือบคงที่จึงทำให้คุณภาพพีชรวมมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง โดยแปลงทดลองที่ใช้ทรีตเมนต์ Cypermethrin และ สูตรสารสกัดหนอนตายหยากมีคุณภาพพีชรวมสูงที่สุดเท่ากับ 390.67 และ 390.36 ตามลำดับ

4.3 คุณลักษณะของผักคะน้า

ผลจากการใช้ทรีตเมนต์ต่างๆในการฉีดพ่นในแปลงผักคะน้า พบว่าแปลงทดลองที่ใช้ทรีตเมนต์ Cypermethrin ใบผักจะมีสีเขียวเข้มและที่ผิวใบจะมีสารสีครีมเคลือบอยู่ แปลงทดลองที่ใช้ทรีตเมนต์สูตรสารสกัดหนอนตายหยาก ใบผักจะมีสีเขียวเข้มแต่ที่ผิวใบจะมีสารสีครีมเคลือบอยู่ในปริมาณน้อย ส่วนแปลงทดลองชุดควบคุม คุณลักษณะของใบจะเหมือนกันกับแปลงทดลองที่ใช้ทรีตเมนต์ Cypermethrin แต่บริเวณใบจะมีรูพรุนที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชมากกว่าอย่างชัดเจน



ก



ข



ค

ภาพที่ 21 ลักษณะของผักคะน้าจากแปลงทดลองที่ฉีดพ่นด้วยทรีตเมนต์ต่างๆ

(ก) Negative control

(ข) Cypermethrin

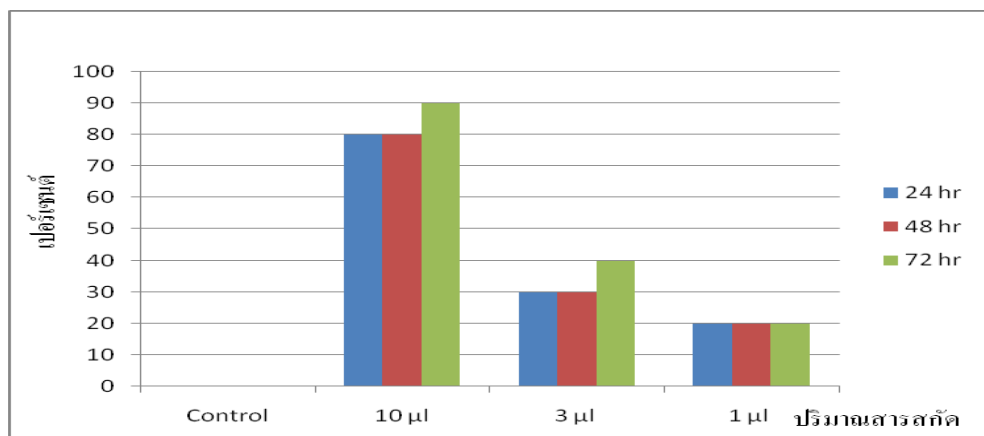
(ค) สูตรสารสกัดหนอนตายหยาก

5. ศึกษากลไกความเป็นพิษเบื้องต้นต่อกิจกรรมเอนไซม์ ชนิดต่างๆ

5.1 ผลการศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหนอนตายหยากต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 4 โดยใช้อาหารเทียม

ผลการผสมสารสกัดหนอนตายหยากกับอาหารเทียม พบว่า ทั้ง 3 ความเข้มข้นให้อัตราการตายแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่ 24 ชั่วโมง การให้อาหารเทียมที่ผสมสารสกัดหนอนตายหยาก 10 ไมโครลิตรมีอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 4 สูงสุด 80 เปอร์เซ็นต์ และที่ 72 ชั่วโมง อัตราการตายเพิ่มเป็น 90% แสดงดังภาพที่ 3 ทั้งนี้น้ำหนักเฉลี่ยของหนอนกระทู้ผักวัย 4 หลังได้รับสารสกัดหนอน

ตายหยากที่ระยะเวลาต่างๆพบว่า ชุดการทดลองที่มีสารสกัดหนอนตายหยากในอาหารเทียม หนอนกระทุ้ฝักมี น้ำหนักลดลงหรือเพิ่มขึ้นน้อยมาก ชุดอาหารเทียมที่มีการผสมสารสกัดหนอนตายหยาก หนอนกระทุ้ฝักมีน้ำหนัก เพิ่มขึ้นน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยที่ 72 ชั่วโมงอาหารเทียมที่ผสมสารสกัดหนอนตายหยาก 1 และ 3 ไมโครลิตร หนอนกระทุ้ฝักมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 กรัม อาหารเทียมที่ผสมสารสกัดหนอนตายหยาก 10 ไมโครลิตร หนอนกระทุ้ฝักมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 0.01 กรัม ส่วนชุดควบคุม มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.11 กรัม ค่า LD₅₀ ที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 2.529 ไมโครลิตร



ภาพที่ 22 เปอร์เซนต์การตายของหนอนกระทุ้ฝักวัย 4 หลังการให้อาหารเทียมผสมสารสกัดหนอนตายหยากที่ ระยะเวลาต่างๆ

5.2 ผลของสารสกัดรากหนอนตายหยากต่อระดับเอนไซม์ต่างๆ ในหนอนกระทุ้ฝักวัย 4

ผลของสารสกัดหนอนตายหยากต่อเอนไซม์เอสเทอเรส เอนไซม์กลูตาไทโอนเอสทรานเฟอเรส และ เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส ในหนอนกระทุ้ฝักวัย 4 พบว่า สารสกัดรากหนอนตายหยากไม่ทำให้ระดับของ เอนไซม์แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงดังตารางที่ 22 เมื่อนำสารสกัดหนอน ตายหยากมาทดสอบกับเอนไซม์ที่สกัดได้จากหนอนกระทุ้ฝัก วัย 4 พบว่าสารสกัดหนอนตายหยากไม่มีผลในการ ยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการ detoxification ของแมลง ซึ่งได้แก่ เอนไซม์เอสเทอเรส (Esterase), และ เอนไซม์กลู ตาไทโอนเอสทรานเฟอเรส (Gluthatione S-transferase) ในขณะเดียวกันสารสกัดหนอนตายหยากก็ไม่มีผลต่อ สารสื่อประสาท ซึ่งได้แก่เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase: AchE) ทำให้พิสูจน์ได้ว่า สารสกัดหนอนตายหยากไม่ได้ส่งผลกระทบต่อระบบประสาทของแมลง

ตารางที่ 22 ระดับเอนไซม์ต่างๆเมื่อทดสอบด้วยสารสกัดหนอนตายหยากที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ชุดการทดลอง	Mean of EST activity (n mole/min/mg protein)	Mean of GST (n mole/min/mg protein)	Mean of AchE activity (n mole/min/mg protein)
ชุดควบคุม	136.063a ^{1/}	34.600a	47.119a
สารสกัดหนอนตายหยาก เจือจาง 500 เท่า	129.415a	31.825a	45.452a
สารสกัดหนอนตายหยาก เจือจาง 1000 เท่า	117.651a	33.993a	45.177a
สารสกัดหนอนตายหยาก เจือจาง 2000 เท่า	123.533a	32.826a	45.234a

^{1/}ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

จากผลการทดลองสารสกัดรากหนอนตายหยาก *Stemona collinsae* ต่ออัตราการเจริญเติบโตของหนอนกระทุ้ผักวัย 4 พบว่า น้ำหนักของอาหารเทียมในแต่ละวันของทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ผลของน้ำหนักของหนอนกระทุ้ผักวัย 4 ในแต่ละวันพบว่า ชุดการทดลองที่มีสารสกัดหนอนตายหยากในอาหารเทียมมีน้ำหนักลดลงหรือเพิ่มขึ้นน้อยมาก ซึ่งอาจเกิดจากฤทธิ์ของสารสกัดหนอนตายหยากที่อาจส่งผลกับระบบย่อยอาหารหรือเกี่ยวกับการบล็อกเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ของประสาทให้แมลงไม่สามารถทานอาหารได้หรือทานอาหารได้ลดลง และเมื่อนำสารสกัดรากหนอนตายหยากมาทดสอบกับเอนไซม์ที่สกัดได้จากหนอนกระทุ้ผัก วัย 4 พบว่าสารสกัดหนอนตายหยากไม่มีผลในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการ detoxification ของแมลง ซึ่งได้แก่ เอนไซม์เอสเทอร์เอส และ เอนไซม์กลูตาไทโอนเอสทรานเฟอเรส ในขณะที่เดียวกันสารสกัดหนอนตายหยากก็ไม่มีผลต่อสารสื่อประสาท ซึ่งได้แก่เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอร์เอส ดังนั้นกลไกการออกฤทธิ์ของสารสกัดหนอนตายหยากน่าจะส่งผลต่อระบบการย่อยอาหารมากกว่า ซึ่งเป็นสาเหตุให้หนอนกระทุ้ผักตายหรือมีการกินอาหารที่ลดลงหรือไม่สามารถกินอาหารได้นั่นเอง

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลิตภัณฑ์สูตรสารสกัดหนอนตายหยากจากรากหนอนตายหยาก *Stemona collinsae* มีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงและมีฤทธิ์ในการยับยั้งการกินอาหาร เมื่อทดสอบในสภาพแปลงเกษตรกรมีประสิทธิภาพใกล้เคียง

กับการใช้สารเคมีสังเคราะห์ cypermethrin ในการควบคุมหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) หนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura*) และหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua*) จากการทดลองศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของสารสกัดหนอนตายหยาก ต่อการควบคุมหนอนกระทู้ผัก โดยผสมกับอาหารเทียมมีอัตราการตายสูงสุดเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่า LD₅₀ ที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 2.529 ไมโครลิตร สารสกัดหนอนตายหยากไม่สามารถยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการ detoxification ได้แก่ เอนไซม์เอสเทอเรส เอนไซม์กลูตาไทโอนเอสเทอเรส และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารได้แก่ เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส แต่มีความเป็นไปได้ที่สารสกัดหนอนตายหยาก จะส่งผลต่อระบบย่อยอาหารส่วนกลางของหนอนกระทู้ผักอย่างรุนแรงเป็นผลทำให้หนอนกระทู้ผักตายหรือกินอาหารได้ลดลง ซึ่งทำให้น้ำหนักตัวลดลง ซึ่งควรศึกษาลักษณะทางมิชฌูวิทยา (Histology) ของระบบย่อยอาหารส่วนกลาง (midgut) ของหนอนกระทู้ผักต่อไป เพื่อยืนยันฤทธิ์ของสารสกัดหนอนตายหยากว่าสารสกัดหนอนตายหยากส่งผลต่อระบบย่อยอาหารส่วนกลางของหนอนกระทู้ผักหรือไม่ ซึ่งเป็นสาเหตุให้หนอนกระทู้ผักตายหรือมีการกินอาหารที่ลดลงหรือไม่สามารถกินอาหารได้นั่นเอง

บรรณานุกรม

- Blaney, W.M., M.S.J. Simmonds, S.V. Evans and L.E. Fellows. 1984. The role of the secondary plant compound 2,5-dihydroxymethyl 3,4 dihydroxypyrrolidine as a feeding inhibitor for insects. Entomol. Exp. Appl. 36: 209–216.
- Booth , J. , E. Boyland and P. Sims. 1961. An enzyme from rat liver catalyzing conjugation with Glutathione. J. Biochem . 83(3): 516-524.
- Brem, B., C. Seger, T. Pacher, O. Hofer, S. Vajrodaya and H. Greger. 2002. Feeding deterrence and contact toxicity of *Stemona* alkaloids – A source of potent natural insecticides. J. Agric. Food Chem. 50: 6383-6388.
- Jiwajinda, S., N. Hirai, K. Watanabe, V. Santisopasri, N. Chuengsamarnyart, K. Koshimizu and H. Ohigashi, 2001. Occurrence of the insecticidal 16, 17-didehydro-16(E)-stemofoline in *Stemona collinsae*. Phytochemistry 56: 693-695.
- Mackness, M.I. , C.h. walker, D.G. Rowlands and N.R. price. 1983. Esterase activity in homogenates of three strains of the red rust flour beetle (*Tribolium castaneum*. Herbst). Comp. Biochem. Physiol.
- Takeda T., Y. Nakamatsu, and T. Takeda. 2006. Parasitization by *Cotesia plutellae* enhances detoxifying enzyme activity in *Plutella xylostella*. J. Pesticide Biochemistry and Physiology. 86 :15-22

Tikum N., B. Pityont, K. Shimomura and K. Ohsawa. 2008. Insecticidal Activity and Chemical Compositions of *Stemona burkilli* against *Spodoptera exiqua* and *Spodoptera litura*, pp. 91. In The ISSAAS International Congress 2008 (Agriculture for the 3 Es: Economy, Environment, and Energy). The International Society for Southeast Asia Agricultural Sciences in collaboration with Kasetsart University, Thailand.

Ye, Y. and R.F. Velten. 2003. Semi-syntheses of new stemofoline derivatives. Tetrahedron letters 44: 7171-7173.

รัตติยา นวลหล้า และ พิทยา สรวมศิริ. 2542. การคัดเลือกสมุนไพรป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก. วารสารเกษตร 15 (2): 192-202.

สุรพล วิเศษสรรค์. 2546. ใน เอกสารประกอบการสอนวิชา 423581 กลไกของสารพิษในสัตว์. ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและประเมินผลการดำเนินงานถ่ายทอดเทคโนโลยี

1. ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

โครงการการพัฒนาและถ่ายทอดผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชสำหรับผลิตพืชผักปลอดภัยและใช้ในชุมชน มีแผนการปฏิบัติงานทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ เรือนทดลอง สภาพแปลงเกษตรกร และมีแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีการการใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชว่ามีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตพืชผัก รวมทั้งการควบคุมการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชผัก นอกจากนี้การอบรมเชิงปฏิบัติการดังกล่าวจะทำให้เกษตรกรมีความเข้าใจอย่างถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์ของโครงการตามหลักวิชาการ มีความเข้าใจชัดเจน และสามารถใช้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดปัญหาหรือข้อจำกัดทางการค้าเรื่องการตกค้างของสารพิษ ตลอดจนสร้างความเชื่อมั่นให้กับเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องในชุมชน ทางโครงการจึงกำหนดแผนให้มีการฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีรวม 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ ซึ่งการถ่ายทอดเทคโนโลยีพบว่ามีผู้สนใจในผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช โดยจะต้องเป็นไปตามเป้าหมายของโครงการคือ 1) ส่งเสริมสนับสนุนการใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชในระบบการปลูกผัก 2) ลดการใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชโดยใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชทดแทนหรือใช้สลับควบคู่กัน และ 3) ถ่ายทอดเทคโนโลยี เทคนิคและวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชแก่เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง

2. วิธีการดำเนินงาน

การฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีของโครงการ โครงการ การพัฒนาและถ่ายทอดผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชสำหรับผลิตพืชผักปลอดภัยและใช้ในชุมชน ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555 ที่ประกอบด้วย

1. การคัดเลือกเกษตรกรผู้นำที่จะเป็นสื่อกลางในการนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีไปถ่ายทอดสู่กลุ่มเกษตรกรเป้าหมาย โดยจัดทำแปลงสาธิตการใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นจากการศึกษาสภาพพื้นที่ปลูก ชนิดพืช ระบบการปลูกพืช สภาพทางเศรษฐกิจ และสังคม โดยเก็บข้อมูลโดยตรงในแปลงปลูกพืชพร้อมทำแบบสอบถามโดยเกษตรกร โดยดำเนินการส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างความเข้าใจให้กับเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ทดลอง ณ ต. ทุ่งคอก จ. สุพรรณบุรี และขยายผลสู่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองแจง อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์โดยศึกษาวิจัยและควบคุมเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทุกขั้นตอนการผลิต และเกษตรกรดังกล่าวสามารถร่วมเป็นวิทยากรเสริมและเป็นพี่เลี้ยงของชุมชนต่อไป

2. จัดทำสื่อต่างๆ ประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยี นำเสนอข้อมูล และฝึกอบรม ทั้งในภาคบรรยาย และภาคนิทรรศการ ทั้งในรูปแบบแผ่นพับ โปสเตอร์ ที่เป็นการเผยแพร่ข้อมูลองค์ความรู้และเทคโนโลยีการวิจัยสู่ กลุ่มเกษตรกรเป้าหมาย นักเรียน เจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้อง และหน่วยงานเอกชนที่สนใจ ตลอดจนการจัด นิทรรศการแสดงโปสเตอร์ความสำคัญ ประโยชน์ การใช้และวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช มีเจ้าหน้าที่ของโครงการสาธิตกระบวนการผลิตและวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชเพื่อให้ผู้สนใจเกิดความรู้และเข้าใจ ถูกต้องสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

3. จัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อให้ความรู้พื้นฐานของการใช้ผลิตภัณฑ์สูตรผสมจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชร่วมในการระบบการผลิตพืชผักเพื่อให้เกษตรกร และผู้สนใจมีความรู้ความ เข้าใจ และทราบถึงประโยชน์ของการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้เพื่อลดผลกระทบจากการใช้สารเคมีที่เกษตรกร ปฏิบัติกันมาก่อน ด้วยวิธีการบรรยายประกอบสื่อต่างๆ

3. ผลการวิจัย/ข้อค้นพบ

เนื่องจากโครงการนี้มีแผนการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจผลิตภัณฑ์สูตรผสม จุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช เพื่อการนำไปใช้อย่างถูกต้องปลอดภัย และ ประหยัดรายจ่ายของเกษตรกรและเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับผู้ประกอบการรายย่อย ดังนั้นจึงมีการจัดการ อบรมเชิงปฏิบัติการประกอบด้วยการบรรยาย การสาธิต และการจัดนิทรรศการ และมีการร่วมแสดงความคิดเห็น ร่วมกันระหว่างวิทยากรและผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการ โดยประสานงานกับเกษตรกรอำเภอบึงสามพัน จังหวัด เพชรบูรณ์ เพื่อประสานงานกับผู้นำเกษตรกรที่จะเป็นสื่อกลางในการนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีไปถ่ายทอดสู่ กลุ่มเกษตรกรเป้าหมาย โดยมีแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นจากแบบสอบถามเกี่ยวกับหัวข้อที่เกษตรกรให้ ความสนใจ และคัดเลือกเกษตรกรจะทำงานร่วมกันกับคณะนักวิจัยเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ และวางแผน ประชาสัมพันธ์ เพื่อให้เกษตรกรรับทราบข้อมูลและเข้าร่วมการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการตามที่กำหนดไว้ โดยทาง โครงการวางแผนการจัดฝึกอบรมระยะเวลาฝึกอบรม 1 วัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

รายละเอียดกิจกรรม

9.00 – 9.30	ลงทะเบียน พร้อมรับเอกสารประกอบการฝึกอบรม
9.30 – 9.45	พิธีเปิดการฝึกอบรม
9.45 – 10.30	- ลดโลกร้อนและแล้งด้วยแบคทีเรียควบคุมโรคที่ร่วมให้ปุ๋ยและฮอร์โมนพืช
10.30 – 10.45	พักรับประทานอาหารว่าง
11.45 – 11.25	- แผลงศัตรูพืชของพืชผักและการควบคุม
	- โรคที่สำคัญของพืชผักและการควบคุม
	- การพัฒนาสูตรสารสกัดหนอนตายหยากในการควบคุมแมลงศัตรูผัก
12.00 – 13.00	- พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00 – 14.00	- สาธิตการผลิตและการใช้เชื้อจุลินทรีย์ควบคุมพืชผัก
14.00 – 15.00	- สรุปผลการฝึกอบรม ประเมินผลการฝึกอบรม และพิธีปิด

จากการสำรวจความคิดเห็นของเกษตรกรเพื่อประเมินผลหลังจากการฝึกอบรมครั้งที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้ ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2556 ณ ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลหนองแวง อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์โครงการได้ผลิตคู่มือเกษตรกรรวม 1 เล่ม คือการพัฒนาและถ่ายทอดผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืชสำหรับผลิตพืชผักปลอดภัยและใช้ในชุมชน (ภาพที่ 10) มีผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสิ้นจำนวน 50 คน เป็นเพศชาย 23 คน เพศหญิง 27 คน แบ่งเป็นช่วงอายุ น้อยกว่า 20 ปี 1 คน, 20-30 ปี 3 คน, 31-40 ปี 10 คน, 41-50 ปี 19 คน, 51-60 ปี 12 คน และ 61 ปีขึ้นไป 5 คน คิดเป็น 2, 6, 20, 38, 24 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระดับการศึกษา ป. 4-ป. 6 , ม. 1-ม. 6, ระดับปริญญาตรี คิดเป็น 46, 50, และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพ เกษตรกรรับจ้างทั่วไป แม่บ้าน และธุรกิจส่วนตัว (ค้าขาย) คิดเป็น 68, 24, 4 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง ต่ำกว่า 5,000 บาท, 5,000 - 10,000 บาท, และ 20,000 บาทขึ้นไป คิดเป็น 40, 46 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสมาชิกในครอบครัวอยู่ในช่วง 1 - 3 คน, 4-6 คน, มากกว่า 6 คน คิดเป็น 28, 68 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ พบว่าผู้เข้ารับการอบรมทราบข่าวการฝึกอบรมจาก หนังสือพิมพ์, วิทยุ มก., รายการ เกษตรศาสตร์น่าไทย, ลูก/หลานเรียนที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, อินเทอร์เน็ต, แผ่นพับ, รายการวิทยุ AM/FM, และรายการโทรทัศน์ คิดเป็น 46.25, 25, 6.25, 6.25, 2.5, 7.5 และ 6.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการวัดระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมนั้นมีความพึงพอใจในการจัดการฝึกอบรมในระดับ 4 มากที่สุด/พึงพอใจมากที่สุด คิดเป็น 87.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นระดับ 3 มาก/พึงพอใจมาก เท่ากับ

แบบประเมินการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
โครงการเรื่อง การพัฒนาและถ่ายทอดผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จหลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ผสมสารสกัดพืช
สำหรับผลิตพืชผักปลอดภัยและใช้ในชุมชน
วันที่ 18 มีนาคม 2556 ณ ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลหนองแจง
อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

N = 50

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

1. เพศ ชาย = 23 คน หญิง = 27 คน

2. อายุ น้อยกว่า 20 ปี = 1 คน 20-30 ปี = 3 คน 31-40 ปี = 10 คน 41-50 ปี = 19 คน
51-60 ปี = 12 คน 61 ปีขึ้นไป = 5 คน

3. ระดับการศึกษา ป. 4-ป. 6 = 23 คน ม. 1-ม. 6 = 25 คน ระดับปริญญาตรี = 2 คน
สูงกว่าปริญญาตรี = 0 คน

4. อาชีพ เกษตรกร 34 คน รับจ้างทั่วไป 12 คน รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ 0 คน
แม่บ้านเกษตรกร 2 คน พนักงานบริษัท/เอกชน 0 คน อื่น ๆ (ธุรกิจส่วนตัว) 2 คน

5. รายรับต่อเดือน ต่ำกว่า 5,000 บาท = 20 คน 5,000 - 10,000 บาท = 23 คน
10,001 - 20,000 บาท = 7 คน 20,000 บาทขึ้นไป = 0 คน

6. สมาชิกในครอบครัว 1-3 คน = 14 คน 4-6 คน = 34 คน มากกว่า 6 คน = 2 คน

7. ท่านรู้จักคณะเกษตร หรือผลงานด้านการเกษตรของอาจารย์คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จากสื่อใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
หนังสือพิมพ์ = 37 คน วิทยุ มก. = 20 คน รายการ เกษตรศาสตร์นำไทย = 5 คน
ลูก/หลานเรียนที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ = 5 คน อินเทอร์เน็ต = 2 คน แผ่นพับ = 0 คน
รายการวิทยุ AM/FM = 6 คน รายการโทรทัศน์ = 5 คน
อื่น ๆ = 0 คน

ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจต่อโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด โดยระดับความพึงพอใจมี ดังนี้ 4 – พึงพอใจมากที่สุด 3 – พึงพอใจมาก 2 – พึงพอใจปานกลาง 1 – ไม่พึงพอใจ

ประเด็น/ความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น			
	4	3	2	1
1. ท่านได้รับความรู้ทางด้านการใช้จุลินทรีย์เพื่อการผลิตข้าวอย่างปลอดภัยดังกล่าวตามความคาดหวังมากน้อยเพียงใด	87.50	12.50	-	-
2. ความรู้ที่ได้รับเป็นความรู้ใหม่และเป็นประโยชน์ต่อท่าน หรือกิจกรรมของท่านมากน้อยเพียงใด	87.50	12.50	-	-
3. ท่านคิดว่าความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปปรับใช้ในการประกอบอาชีพ หรือกิจการ หรือชีวิตประจำวันมากน้อยเพียงใด	75.00	25.00	-	-
4. ท่านคิดว่าความรู้ที่ได้หลังการฝึกอบรมสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและรายได้ให้แก่ครอบครัวมากน้อยเพียงใด	75.00	25.00	-	-
5. ท่านมีความพึงพอใจในการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรมากน้อยเพียงใด	93.75	6.25	-	-
5.1 เรื่อง “ลดโลกร้อนและแล้งด้วยแบคทีเรียควบคุมโรคที่ร่วมให้ปุ๋ยและฮอร์โมนพืช” โดย รองศาสตราจารย์ ดร. สุธฤดี ประเทืองวงศ์ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (มก.)				
5.2 เรื่อง “โรคที่สำคัญของพืชผักและการควบคุม” โดย ดร. สุพจน์ กาเซ็ม ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มก.	90.63	9.37	-	-
5.3 เรื่อง “แมลงศัตรูพืชของพืชผักและการควบคุม” โดย ดร. จารุวัฒน์ เถาธรรมพิทักษ์ ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มก.	93.75	6.25	-	-
5.4 เรื่อง “สาธิตวิธีการผลิตและการใช้เชื้อจุลินทรีย์ควบคุม	87.50	12.50	-	-

ศัตรูพืชผัก” โดย นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มก.				
6. ช่วงระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด	71.88	28.12	-	-
7. จำนวนผู้เข้ารับการอบรมมีความเหมาะสมเพียงใด	78.13	21.87	-	-
8. ความเหมาะสมของเอกสารและ/หรือวัสดุอุปกรณ์ในการฝึกอบรม	78.13	21.87	-	-
9. ท่านมีความพึงพอใจโดยรวมต่อโครงการมากน้อยเพียงใด	87.50	12.50	-	-
10. หลังจากการอบรม ท่านรู้จักมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มากน้อยเพียงใด	90.63	9.37	-	-

สรุปผลจากการประเมินแบบสอบถามการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง องค์ความรู้แบบที่เรียสุภาพพืชเพื่อใช้ชักนำข้าวให้ต้านทานต่อโรคและแมลงในสภาวะแล้ง

วันที่ 18 มีนาคม 2556 ณ ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลหนองแจง

อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

ผลการดำเนินงาน

1. คณะผู้วิจัยสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเรื่อง องค์ความรู้แบบที่เรียสุภาพพืชเพื่อใช้ชักนำข้าวให้ต้านทานต่อโรคและแมลงในสภาวะแล้งแก่เกษตรกรและผู้สนใจ โดยสามารถนำไปปรับใช้ในระบบการผลิตพืชของตนเองได้
2. จำนวนเกษตรกรที่เข้าอบรมทั้งหมด 50 คน จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 50 ชุด คิดเป็น 100 % ของจำนวนผู้เข้าร่วมรับฝึกอบรมทั้งหมดในครั้งนี้อมาจาก อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์
3. ผลการประเมินความคิดเห็นจากผู้เข้ารับการฝึกอบรมสรุปว่าผลการจัดฝึกอบรมให้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับพึงพอใจมากและพึงพอใจมากที่สุด (ผลการประเมินระดับ 3-4) โดยผู้เข้าอบรมมีความสนใจและร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ ข้อคิดเห็นและประสบการณ์กับคณะผู้จัดฝึกอบรมและซักถามวิทยากรผู้บรรยายในทุกหัวข้อ พร้อมทั้งตั้งใจลงมือปฏิบัติอย่างจริงจังตามกำหนดการที่ตั้งไว้

4. ข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดฝึกอบรมครั้งต่อไปหัวข้อ พร้อมทั้งตั้งใจลงมือปฏิบัติอย่างจริงจังตามกำหนดการที่ตั้งไว้

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

- การอบรมในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาและถ่ายทอดผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ผสมสารสกัดพืชสำหรับผลิตพืชผักปลอดภัยและใช้ในชุมชน เป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรมีแปลงสาธิตควบคู่ เพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักตัดสินใจและปฏิบัติตาม
- การอบรมในครั้งนี้คณะผู้วิจัยสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาและถ่ายทอดผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ผสมสารสกัดพืชสำหรับผลิตพืชผักปลอดภัยและใช้ในชุมชนเพื่อลดการใช้สารเคมีอย่างถูกต้อง โดยสามารถนำไปปรับใช้ในระบบการผลิตพืชของตนเองได้
- ควรมีการนำเกษตรกรที่นำไปใช้จริงแล้วประสบผลสำเร็จมาบรรยาย
- ควรเพิ่มเวลาในช่วงสาธิตเพื่อที่จะได้ซักถามข้อสงสัยในการใช้จุลินทรีย์
- จำนวนผู้เข้ารับการอบรมและสถานที่เหมาะสม

ภาพการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1
โครงการเรื่อง การพัฒนาและถ่ายทอดผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ และจุลินทรีย์
ผสมสารสกัดพืชสำหรับผลิตพืชผักปลอดภัยและใช้ในชุมชน
วันที่ 18 มีนาคม 2556
ณ ห้องประชุมองค์การบริหารส่วนตำบลหนองแวง อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์



บรรยากาศการลงทะเบียน





บรรยายภาคภายในห้องบรรยาย

สาธิตการเตรียมผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ควบคุมโรคพืช





ถ่ายภาพหมู่ร่วมกัน

