รายงานการค้นคว้าอิสระ (แผน ข)
ระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน
คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* ควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย ในพื้นที่ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

The Possibilities for Using Entomopathogenic Nematodes, *Steinernema siamkayai* to Control Striped Flea Beetle (*Phyllotreta striolata*) (Coleoptera: Chrysomelidae) at Phaphai, Sansai, Chiang Mai

วิยะดา แก้วเคียงคำ, รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย[1], ผานิตย์ นาขยัน[1], และ ระวี คเณชาบริรักษ์[1]

[1] สาขาวิชาการพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[1] Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University

บทคัดย่อ

ด้วงหมัดผักแถบลายเป็นศัตรูสำคัญของผักกวางตุ้งที่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจสูง ขณะที่เกษตรกรยังคงพึ่งพาสารเคมีซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ไส้เดือนฝอย *Steinernema siamkayai* และการใช้ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยสลับกับเชื้อราเมตาไรเซียมในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย 2) วิเคราะห์ต้นทุนและอัตราผลตอบแทนต่อการลงทุน (BCR) และ 3) ศึกษาทัศนคติของเกษตรกรต่อการใช้ชีวภัณฑ์ ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 ราย วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) 4 กรรมวิธี เก็บข้อมูลจำนวนประชากรแมลงต่อต้น ระดับความเสียหายของใบพืชตาม Ohio scale ต้นทุนการผลิต และ BCR วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Paired-samples t-test ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธีที่ใช้ ชีวภัณฑ์ทุกกรรมวิธีสามารถลดจำนวนประชากรด้วงหมัดผักแถบลายและความเสียหายของใบพืชได้ดีกว่า ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยหลังพ่น 28 วัน พบประชากรเฉลี่ย 2.32 ± 1.29 ถึง 3.18 ± 1.95 ตัวต่อต้น ขณะที่ชุดควบคุมพบ 5.12 ± 4.88 ตัวต่อต้น คิดเป็นการลดลงร้อยละ 37.9–54.7 โดยประสิทธิภาพระหว่างกรรมวิธีชีวภัณฑ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของใบพืชไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านเศรษฐศาสตร์การใช้เชื้อราเมตาไรเซียมเพียงอย่างเดียวมีต้นทุนต่ำที่สุดและให้ค่า BCR สูงสุด ขณะที่การใช้ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยหรือการใช้แบบสลับมีต้นทุนสูงกว่าแต่ให้ประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน เกษตรกรมีทัศนคติเชิงบวกต่อชีวภัณฑ์ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.00) โดยเฉพาะด้านความปลอดภัย และมีความพร้อมในการนำไปใช้เพื่อลดการพึ่งพาสารเคมี อย่างไรก็ตามยังต้องการการสนับสนุนด้านองค์ความรู้ ทักษะ และการเข้าถึงชีวภัณฑ์จากภาครัฐ เพื่อส่งเสริมการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

คำสำคัญ: ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (*Steinernema siamkayai*), ด้วงหมัดผักแถบลาย, ผักกวางตุ้ง

Abstract

The striped flea beetle (*Phyllotreta striolata*) is a major pest of Chinese kale (Brassica rapa var. parachinensis), causing substantial economic losses, while control relies heavily on chemical insecticides with negative impacts on human health and the environment. This study aimed to (i) evaluate the efficacy of the entomopathogenic nematode *Steinernema siamkayai*, applied alone or alternated with *Metarhizium anisopliae*., against *P. striolata,* (ii) assess production costs and benefit–cost ratio (BCR), and (iii) examine farmers' attitudes toward biocontrol agents. Field experiments were conducted in farmer-managed plots in Pa Phai, Sansai, Chiang Mai, Thailand (n = 5) using a randomized complete block design (RCBD) with four treatments. Beetle density per plant, foliar damage (Ohio scale), production costs, and BCR were recorded, and treatment effects were analyzed using paired-samples t-tests. All biocontrol treatments significantly reduced beetle populations compared with the untreated control ($P < 0.05$). At 28 days after application, densities ranged from 2.32 ± 1.29 to 3.18 ± 1.95 individuals per plant versus 5.12 ± 4.88 in the control, representing a 37.9–54.7% reduction. No significant differences were observed among biocontrol treatments ($P > 0.05$), and foliar damage did not differ significantly from the control. Economically, Metarhizium alone yielded the lowest cost and highest BCR, whereas nematode-based and alternating treatments incurred higher costs without additional efficacy. Farmers showed high positive attitudes toward biocontrol (mean = 4.00), particularly regarding safety, and expressed willingness to reduce chemical inputs. Overall, biocontrol agents show potential for managing P. striolata within integrated pest management (IPM); however, broader adoption requires support in training, knowledge transfer, and access to biocontrol agents during early implementation.

Keywords: Entomopathogenic nematode (*Steinernema siamkayai*), Striped flea beetle (*Phyllotreta striolata*), Flowering Chinese cabbage

บทนำ

ด้วงหมัดผักแถบลาย *Phyllotreta striolata* เป็นศัตรูพืชสำคัญในพืชตระกูลกะหล่ำของประเทศไทย โดยก่อความเสียหายทั้งในระยะตัวอ่อนที่ทำลายระบบรากและระยะตัวเต็มวัยที่กัดกินใบ ส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดสุราษฎร์ธานี, 2566; นาวิน สุขเลิศ และคณะ, 2559) แม้ว่าการใช้สารเคมีจะสามารถควบคุมการระบาดได้รวดเร็วและตอบโจทย์เชิงการค้า แต่ก่อให้เกิดปัญหาสารตกค้าง ความเสี่ยงต่อสุขภาพ การดื้อยา และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567ก; ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดเชียงใหม่, 2567ก) ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวโน้มการผลิตอาหารปลอดภัยและเกษตรยั่งยืน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552, 2560) ในระดับสากล การลดการใช้สารเคมีและส่งเสริมชีวภัณฑ์หรือการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (IPM) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555) ยังสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ในมิติความมั่นคงทางอาหาร การผลิตที่รับผิดชอบ คุณภาพน้ำ และการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations, 2015; Food and Agriculture Organization [FAO], 2018, 2022; World Bank, 2020) จากผลการศึกษาวิจัย เกิดหลักฐานเชิงประจักษ์ชี้ว่า ชีวภัณฑ์โดยเฉพาะไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (entomopathogenic nematodes: EPNs) และเชื้อราเมตาไรเซียม (*Metarhizium anisopliae*) มีศักยภาพสูงในการควบคุม ด้วงหมัดผัก โดย EPNs เช่น *Steinernema carpocapsae*, *S. siamkayai* และ *Heterorhabditis indica* สามารถเข้าทำลายแมลงได้ทุกระยะ โดยเฉพาะระยะตัวอ่อนในดินซึ่งมีความไวต่อการเข้าทำลาย (Noosidum et al., 2021; Yan et al., 2013; Price et al., 2023) ขณะที่ *M. anisopliae* มีประสิทธิภาพสูงต่อตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัย และให้ผลไม่แตกต่างจากสารเคมีในสภาพแปลง (นาวิน สุขเลิศ และคณะ, 2559) ที่สำคัญ การใช้ชีวภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดร่วมกันสามารถเกิดผลเสริมฤทธิ์ เพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืช (จุรีพร สุคติภูมิ, 2564) และในระดับแปลงเกษตรกรพบว่าสามารถลดประชากรแมลงและความเสียหายของพืช พร้อมเพิ่มอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุนเมื่อเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (เบญจพร ชำนาญ และคณะ, 2565)

อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญของชีวภัณฑ์คือความจำเป็นในการใช้ในอัตราสูงและความถี่ในการใช้ที่มากเพื่อให้เกิดประสิทธิผล ซึ่งเพิ่มต้นทุนการผลิต (ปาริชาติ หนูบุญ, 2562; ปาริชาติ จำรัสศรี และคณะ, 2567) อีกทั้งประสิทธิภาพยังขึ้นกับปัจจัยแวดล้อม เช่น ความชื้นและสภาพดิน (Noosidum et al., 2021) รวมถึงข้อจำกัดด้านการเข้าถึงและความสะดวกในการใช้งาน ส่งผลให้เกษตรกรยังคงพึ่งพาสารเคมี แม้จะรับรู้ถึงประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ (Gangadhar et al., 2012) โดยการยอมรับของเกษตรกรมีความสัมพันธ์กับความรู้ ทัศนคติ และการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างมีนัยสำคัญ (ศุภกิจ สิทธิวงค์ และคณะ, 2564)นอกเหนือจากมิติทางชีวภาพและเศรษฐศาสตร์ งานวิจัยด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีชี้ให้เห็นว่า “กระบวนการเรียนรู้ของเกษตรกร” เป็นปัจจัยกำหนดความสำเร็จของการนำชีวภัณฑ์ไปใช้จริง โดยการสาธิต (demonstration) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการเห็นและการปฏิบัติจริง ทำให้เข้าใจขั้นตอนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ (ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร, ม.ป.ป.; ปาริชาติ หนูบุญ, 2562; Kaur & Kaur, 2018) ขณะเดียวกัน แนวคิดการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติ (learning by doing) ช่วยเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง (นิตติยา จันทาคีรี, 2566) และสอดคล้องกับ ทฤษฎีการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ (andragogy) ซึ่งเน้นการเรียนรู้ที่อิงประสบการณ์ การแก้ปัญหาในชีวิตจริง และแรงจูงใจภายใน (มารุต พัฒผล, ม.ป.ป.; นันทวัฒน์ ภัทรกรนันท์, 2558) แนวคิดเหล่านี้ชี้ว่า การส่งเสริมการใช้ชีวภัณฑ์จำเป็นต้องออกแบบกระบวนการเรียนรู้ที่ให้เกษตรกร “มีส่วนร่วม ลงมือทำ และตัดสินใจด้วยตนเอง” จึงจะนำไปสู่การยอมรับและการใช้จริง เมื่อสังเคราะห์องค์ความรู้ร่วมกัน พบช่องว่างสำคัญคือ การขาดการศึกษาแบบบูรณาการที่เชื่อมโยง (1) ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ (2) ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และ (3) การยอมรับของเกษตรกร ในบริบทแปลงเกษตรกรจริง ควบคู่กับการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ ที่เหมาะสม ดังนั้น การนำหลักการทรงงาน ได้แก่ “เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา” “ภูมิสังคม” และ “การมีส่วนร่วม” (สำนักงาน กปร., 2560) มาใช้เป็นกรอบวิจัย จึงมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับบริบทชุมชน และส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติผ่านกระบวนการสาธิตและการมีส่วนร่วมของเกษตรกรภายใต้กรอบแนวคิดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่ง (1) ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* และการใช้แบบสลับร่วมกับเชื้อราเมตาไรเซียมในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในพื้นที่ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (2) วิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางดังกล่าว และ (3) ประเมินทัศนคติของเกษตรกรต่อการใช้ชีวภัณฑ์ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสาธิตและการลงมือปฏิบัติแบบมีส่วนร่วม ทั้งนี้ คาดว่าการใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* แบบสลับร่วมกับเชื้อราเมตาไรเซียม จะสามารถลดต้นทุนการจัดการศัตรูพืชและเพิ่มความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้มากกว่า

การใช้ไส้เดือนฝอยเพียงอย่างเดียว อันจะนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการจัดการศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ประกอบด้วยการวิจัยเชิงปริมาณในสภาพไร่ และการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการยอมรับของเกษตรกรต่อการใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* และการใช้ร่วมกับเชื้อรา M. anisopliae ในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย ในพื้นที่ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

แปลงศึกษาทดสอบ

ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกรจำนวน 5 แปลง ในตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยกำหนดพิกัดภูมิศาสตร์ในรูปแบบองศาทศนิยม (Decimal Degrees; DD) ดังนี้

แปลงที่ 1: 18.910813N, 99.029688E

แปลงที่ 2: 18.890234N, 99.053656E

แปลงที่ 3: 18.888692N, 99.052511E

แปลงที่ 4: 18.895322N, 99.057328E

แปลงที่ 5: 18.898972N, 99.059822E

คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแบบเจาะจงจำนวน 5 ราย ซึ่งปลูกพืชผักแบบผสมผสาน ประสบปัญหาการระบาดของด้วงหมัดผัก และมีความสนใจในการใช้ชีวภัณฑ์ทดแทนสารเคมี การออกแบบการทดลอง (เชิงปริมาณ) โดยจัดการทดลองในรูปแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้เกษตรกรเป็นบล็อก (block) เกษตรกรแต่ละรายประกอบด้วย 4 กรรมวิธี รวม 20 หน่วยทดลอง ขนาดแปลง 1 × 2 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 2 เมตร เตรียมแปลงโดยการไถพรวนและตากดิน 7 วัน หลังจากผ่านไป 7 วัน ฉีดพ่นชีวภัณฑ์ตามกรรมวิธีต่าง ๆ ก่อนปลูกผักกวางตุ้งในสัปดาห์ถัดไป โดยฉีดพ่นหลังช่วงเวลา 15.30 น. เป็นต้นไป และให้น้ำในแปลงก่อนฉีดพ่น วัดอุณหภูมิดินหลังให้น้ำก่อนการฉีดพ่น ปลูกผักกวางตุ้งโดยใช้ระยะปลูก 15 × 15 ซม. จำนวน 78 ต้นต่อแปลง

กรรมวิธีทดลอง

1. ชุดควบคุม (Control)
2. ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* สัปดาห์ละ 1 ครั้ง (อัตราตามฉลากแนะนำ ตั้งแต่ก่อนปลูก – เก็บเกี่ยว)
3. ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* สลับเชื้อรา *M. anisopliae* สัปดาห์เว้นสัปดาห์ (ตั้งแต่ก่อนปลูก – เก็บเกี่ยว)
4. เชื้อรา *M. anisopliae* สัปดาห์ละ 1 ครั้ง (200 กรัม/น้ำ 5 ลิตร) (ตั้งแต่ก่อนปลูก – เก็บเกี่ยว)

ดำเนินการฉีดพ่นช่วงเวลาเย็นหลัง 15:30 น. จำนวน 4 ครั้ง (18, 25 มกราคม และ 1, 8 กุมภาพันธ์ 2568) ในช่วงปลายฤดูหนาวต่อเนื่องต้นฤดูแล้ง โดยอุณหภูมิดินเฉลี่ยก่อนพ่นอยู่ที่ 29.0–29.4°C

การเตรียมชีวภัณฑ์ : เชื้อรา *M. anisopliae*

เชื้อรา *M. anisopliae* ถูกนำมาเพิ่มปริมาณและเตรียมเป็นชีวภัณฑ์พร้อมใช้ โดยเริ่มจากการฟื้นฟูเชื้อ (refresh) จากหัวเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 25 – 28°C เป็นเวลา 7–10 วัน เพื่อให้เส้นใยและสปอร์เจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการ

ก่อโรค (virulence enhancement) ของเชื้อ ทำการติดเชื้อในแมลงเป้าหมาย (ด้วงหมัดผักแถบลาย) (Phyllotreta striolata) โดยนำแมลงที่ผ่านการฆ่าเชื้อพื้นผิวด้วยแอลกอฮอล์ มาสัมผัสกับสปอร์บนอาหาร PDA ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ และเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 – 28°C จนแมลงแสดงอาการติดเชื้อและตายภายใน 7–14 วัน หลังจากนั้นทำการแยกเชื้อกลับจากซากแมลง โดยฆ่าเชื้อพื้นผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 0.5% เป็นเวลา 1 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 2–3 ครั้ง และเพาะเลี้ยงใหม่บนอาหาร PDA เพื่อคัดเลือกเชื้อที่มีการเจริญเติบโตดี สีของสปอร์สม่ำเสมอ และปราศจากการปนเปื้อนทำการผลิตหัวเชื้อขั้นต้น (primary inoculum production) โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ผ่านการแช่น้ำ ต้ม และนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121°C เป็นเวลา 15 – 20 นาที จากนั้นทำการเขี่ยเชื้อภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ โดยใช้ชิ้นวุ้น (agar plug) ที่มีเส้นใยเชื้อจากอาหาร PDA ลงในเมล็ดข้าวฟ่าง และบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 25°C เป็นเวลา 10 – 14 วัน โดยมีการเขย่าภาชนะเป็นระยะเพื่อให้เชื้อกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ผลิตเชื้อพร้อมใช้ (mass production) นำหัวเชื้อจากข้าวฟ่างไปขยายต่อในข้าวสารเจ้าที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ (121°C นาน 30 นาที) โดยบ่มในสภาวะควบคุมอุณหภูมิ และกระตุ้นการสร้างสปอร์ด้วยการเขย่าภาชนะหลังจากบ่ม 3 วัน จากนั้นบ่มต่ออีก 7 – 10 วัน จนได้เชื้อที่มีการกระจายตัวของสปอร์อย่างทั่วถึงในวัสดุเพาะ ควบคุมคุณภาพของเชื้อ (quality control) โดยตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เพื่อยืนยันความถูกต้องของชนิดเชื้อและตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อื่นร่วมด้วย นอกจากนี้ ทำการประเมินความเข้มข้นของสปอร์ ซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.5×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการทดลองและการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร

การเตรียมชีวภัณฑ์ : ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai*

ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *S. siamkayai* ใช้ในรูปแบบผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์จากกรมวิชาการเกษตร (ความเข้มข้น 1.5×10^7 ตัวต่อถุง) โดยทำการตรวจสอบความมีชีวิต (viability) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ก่อนการใช้งาน ทำการเตรียมสารแขวนลอยของไส้เดือนฝอยในอัตรา 1.5×10^7 ตัวต่อน้ำ 5 ลิตร ($\approx 6.7 \times 10^5$ ตัว/ม²) และฉีดพ่นให้ครอบคลุมทั้งส่วนเหนือดินและผิวดิน (foliar and soil application) ภายหลังการให้น้ำในแปลง เพื่อรักษาระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการคงสภาพการมีชีวิตและประสิทธิภาพในการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย

การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ดำเนินการให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลเชิงปริมาณ ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ และข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1: การประเมินประสิทธิภาพ ดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนประชากรด้วงหมัดผัก แถบลาย (*P. striolata*) เป็นรายสัปดาห์ เริ่มตั้งแต่ 7 วันหลังปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยการสุ่มตัวอย่างพืชจำนวน 10 ต้นต่อแปลง และนับจำนวนตัวเต็มวัยต่อต้น (number of adults per plant) โดยรายงานค่าเฉลี่ยต่อกรรมวิธีในแต่ละช่วงเวลา

ความเสียหายของใบถูกประเมินจากพืชตัวอย่างชุดเดียวกัน โดยใช้การประเมินด้วยสายตา (visual assessment) เพื่อคำนวณร้อยละพื้นที่ใบที่ถูกทำลาย (% foliage feeding damage; 0–100%) จัดระดับความรุนแรงตามเกณฑ์ Ohio scale (Zaman et al., 2019) ด้วยระดับ 1 – 6 ได้แก่

ระดับ 1: ไม่มีความเสียหาย

ระดับ 2: ความเสียหายเล็กน้อย (<10%)

ระดับ 3: ความเสียหายเล็กน้อยถึงปานกลาง (10–25%)

ระดับ 4: ความเสียหายปานกลางถึงรุนแรง (26–50%)

ระดับ 5: ความเสียหายรุนแรง (51–75%)

ระดับ 6: ความเสียหายรุนแรงมาก (>75%)

วัตถุประสงค์ที่ 2: การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการบันทึกต้นทุนและผลตอบแทนของแต่ละกรรมวิธีตลอดช่วงการผลิต โดยครอบคลุมต้นทุนชีวภัณฑ์และต้นทุนการผลิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องผลผลิตถูกประเมินโดยการชั่งน้ำหนักผลผลิตรวมต่อแปลง (กิโลกรัม) ณ ระยะเก็บเกี่ยว และบันทึกราคาจำหน่ายจริงในพื้นที่ (บาทต่อกิโลกรัม) จากนั้นคำนวณรายได้รวมและกำไรสุทธิ เพื่อใช้เปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างกรรมวิธี

วัตถุประสงค์ที่ 3: การศึกษาทัศนคติและการยอมรับ (เชิงคุณภาพ) ถูกรวบรวมโดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่งโครงสร้าง (in-depth semi-structured interviews) กับเกษตรกรที่เข้าร่วมศึกษาวิจัยเพื่อประเมินทัศนคติและการยอมรับต่อการใช้ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยและเชื้อราเมตาไรเซียมในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย ประเด็นการศึกษาครอบคลุม (1) ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับศัตรูพืชและวิธีการควบคุม (2) ความรู้และประสบการณ์ในการใช้ชีวภัณฑ์ (3) แหล่งที่มาของข้อมูล (4) ปัญหาและอุปสรรคในการใช้งาน (5) ความสะดวกในการเข้าถึงและการใช้งาน (6) ความเชื่อมั่นและการยอมรับในประสิทธิภาพ และ (7) ความต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐ ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) เพื่อสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่สะท้อนปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ชีวภัณฑ์ในระบบการผลิตจริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติอนุมาน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ และการยอมรับของเกษตรกรต่อการใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* และเชื้อรา *M. Anisopliae* โดยข้อมูลจากการทดลองภาคสนาม (field experiments) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักแถบลาย (*P. striolata*) ระหว่างกรรมวิธีและช่วงเวลาการสำรวจในแต่ละแปลงทดลอง ขณะที่การเปรียบเทียบระหว่างชุดควบคุมและชุดทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน วิเคราะห์โดยใช้ Paired – samples t – test เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของประชากร *P. striolata* ภายหลังการใช้ชีวภัณฑ์ในช่วง 14, 21 และ 28 วันหลังปลูก ผลกระทบของกรรมวิธีต่อคุณภาพของผักกวางตุ้ง ซึ่งประเมินจากระดับความเสียหายของใบตาม Ohio scale (1–6) ถูกเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Tukey's honestly significant difference (HSD) test ที่ระดับนัยสำคัญ P = 0.05 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ดำเนินการโดยคำนวณอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit–Cost Ratio; BCR) จากต้นทุนการผลิตและรายรับของแต่ละกรรมวิธี เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ชีวภัณฑ์ (เบญจพร ชำนาญ และคณะ, 2565) ข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ การจัดอันดับ และมาตรวัดแบบช่วงอันดับ (interval scale) เพื่ออธิบายระดับความรู้ ประสบการณ์ การเข้าถึงชีวภัณฑ์ ปัญหาและอุปสรรคในการใช้งาน ความกังวล ทัศนคติ การยอมรับ ตลอดจนความต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐ การวิเคราะห์ระดับความรู้ใช้แบบทดสอบความรู้แบบปรนัยและแปลผลคะแนนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ (0 – 59%) ระดับปานกลาง (60 – 79%) และระดับสูง (80 – 100%) ตามเกณฑ์ของ Gbogbo et al. (2024) สำหรับการประเมินทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการใช้ชีวภัณฑ์ ใช้มาตรวัดแบบช่วงอันดับ 4 ระดับ ได้แก่ 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 2 = ไม่เห็นด้วย, 3 = เห็นด้วย และ 4 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง เพื่อสะท้อนระดับความคิดเห็นและการยอมรับเทคโนโลยี ชีวภัณฑ์ในระบบการผลิตจริง

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของการใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* ร่วมกับเชื้อราเมตาไรเซียมในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ชีวภัณฑ์ทุกกรรมวิธีสามารถลดจำนวนประชากรด้วงหมัดผักแถบลาย (*P. striolata*) ได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แตกต่างกันตามช่วงเวลาหลังการพ่น ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 19–22 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 63–74% ภายหลังการพ่นชีวภัณฑ์ 14 วัน พบว่า กรรมวิธีการฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ให้ผลดีที่สุด โดยมีจำนวนด้วงหมัดผักแถบลายเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.54 ± 0.97 ตัวต่อต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมและกรรมวิธีการใช้เชื้อราเมตาไรเซียมเพียงอย่างเดียว สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการเข้าทำลายแมลงอย่างรวดเร็วของไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงในระยะต้นของการปลูก เมื่อประเมินที่ระยะ 21 วันหลังการพ่น พบว่า กรรมวิธีการใช้ไส้เดือนฝอย S. *siamkayai* สลับกับเชื้อราเมตาไรเซียมให้ผลดีที่สุด โดยมีจำนวนด้วงหมัดผักแถบลายเฉลี่ยเพียง 2.34 ± 0.75 ตัวต่อต้น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าการใช้ชีวภัณฑ์ร่วมกันสามารถรักษาระดับการควบคุมประชากรศัตรูพืชได้อย่างต่อเนื่องในระยะกลางของการผลิต ในระยะ 28 วันหลังการพ่น กรรมวิธีการใช้เชื้อราเมตาไรเซียมเพียงอย่างเดียวให้ผลในการควบคุมประชากรด้วงหมัดผักแถบลายดีที่สุด โดยมีจำนวนเฉลี่ย 2.32 ± 1.29 ตัวต่อต้น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม สะท้อนให้เห็นถึงเสถียรภาพของเชื้อราเมตาไรเซียมในการควบคุมแมลงศัตรูพืชภายใต้สภาพแวดล้อมจริงในระยะปลายของการปลูก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนด้วงหมักผักที่พบในแปลงผักกวางตุ้งหลังการพ่นชีวภัณฑ์วิธีต่าง ๆ ณ ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568)

กรรมวิธี	จำนวนด้วงหมัดผัก (ตัวต่อต้น) /1 หลังพ่นชีวภัณฑ์ (วัน)		
	14	21	28
1. ชุดควบคุม (Control)	2.76 ± 1.69 (b)	5.88 ± 2.43 (b)	5.12 ± 4.88 (b)
2. ฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. siamkaya* สัปดาห์ละ 1 ครั้ง (อัตราตามฉลากแนะนำ ตั้งแต่ก่อนปลูก - เก็บเกี่ยว)	1.54 ± 0.97 (a)	3.48 ± 2.63 (a)	3.18 ± 1.95 (a)
3. ฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. siamkaya* สลับกับ การฉีดพ่นเชื้อราเมตาไรเซียม (สัปดาห์เว้นสัปดาห์ ตั้งแต่ก่อนปลูก – เก็บเกี่ยว)	2.12 ± 1.91(ab)	2.34 ± 0.75 (a)	2.72 ± 1.72 (a)
4. ฉีดพ่นเชื้อราเมตาไรเซียม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง (อัตรา 200 กรัม/น้ำ 5 ลิตร ตั้งแต่ก่อนปลูก–เก็บเกี่ยว)	2.76 ± 2.39 (b)	2.42 ± 1.90 (a)	2.32 ± 1.29 (a)
CV (%)	34.82	36.0	55.7

1/ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวเลขเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Tukey's HSD test (P = 0.05)

ผลการประเมินความเสียหายของพื้นที่ใบโดยใช้เกณฑ์ Ohio Scale ตามแนวทางของ Zaman et al. (2019) พบว่า ในระยะ 14 วันหลังการพ่น กรรมวิธีที่ใช้ไส้เดือนฝอย S. siamkayai สลับกับเชื้อราเมตาไรเซียมมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายต่ำที่สุด (22.80 ± 22.04%) อยู่ในระดับคะแนน 3 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความเสียหายเล็กน้อยถึงปานกลาง แตกต่างอย่างชัดเจนจากชุดควบคุมที่มีระดับความเสียหายอยู่ในระดับคะแนน 5 อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ระยะ 21–28 วันหลังการพ่น พบว่าทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเกิดความเสียหายเพิ่มขึ้น โดยในระยะ 28 วัน ทุกกรรมวิธีมีความเสียหายของพื้นที่ใบมากกว่า 75% และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) สะท้อนให้เห็นว่าการระบาดของด้วงหมัดผักแถบลายในสภาพแปลงเกษตรจริงยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีพืชอาศัยของด้วงหมัดผักอยู่โดยรอบแปลงทดลอง นอกจากนี้ ยังพบว่าลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่และระบบการปลูกพืชของเกษตรกรมีผลต่อความหนาแน่นและความแปรปรวนของประชากรด้วงหมัดผักแถบลายอย่างชัดเจน โดยแปลงที่อยู่ใกล้พื้นที่ปลูกพืชตระกูลกะหล่ำหรือมีการปลูกพืชต่อเนื่องตลอดปี มีแนวโน้มพบการระบาดของด้วงหมัดผักสูงกว่าแปลงที่อยู่ห่างจากพื้นที่เกษตรกรรมหลักหรือมีสิ่งกีดขวางทางกายภาพ

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของด้วงหมัดผักในแปลงผักกวางตุ้งหลังการพ่นสารชีวภัณฑ์วิธีต่าง ๆ ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568)

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลาย (%) [1/] หลังพ่นชีวภัณฑ์ (วัน)		
	14	21	28
1. ชุดควบคุม (Control)	68.00 ± 20.92 (b)	84.20 ± 27.39 (b)	86.60 ± 15.53 (a)
2. ฉีดพ่นไส้เดือนฝอย S. siamkaya สัปดาห์ละ 1 ครั้ง (อัตราตามฉลากแนะนำ ตั้งแต่ก่อนปลูก - เก็บเกี่ยว)	34.80 ± 18.14 (a)	71.60 ± 43.51 (ab)	82.00 ± 39.69 (a)
3. ฉีดพ่นไส้เดือนฝอย *S. siamkaya* สลับกับการฉีดพ่นเชื้อราเมตาไรเซียม (สัปดาห์เว้นสัปดาห์ ตั้งแต่ก่อนปลูก – เก็บเกี่ยว)	22.80 ± 22.04 (a)	73.40 ± 38.79 (ab)	80.40 ± 41.05 (a)
4. ฉีดพ่นเชื้อราเมตาไรเซียม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง (อัตรา 200 กรัม/น้ำ 5 ลิตร ตั้งแต่ก่อนปลูก – เก็บเกี่ยว)	28.30 ± 16.58 (a)	63.00 ± 33.64 (a)	75.80 ± 41.90 (a)
CV (%)	35.3	12.9	17.4

[1/] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวเลขเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Tukey's HSD test (P = 0.05)

2. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit–Cost Ratio: B/C ratio) มากกว่า 1 แสดงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน อย่างไรก็ตาม ระดับความคุ้มค่าแตกต่างกันตามชนิดชีวภัณฑ์และต้นทุนการผลิต กรรมวิธีการใช้เชื้อราเมตาไรเซียมเพียงอย่างเดียวให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด โดยมีต้นทุนการผลิต 8,820 บาทต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด 1,310.32 กิโลกรัมต่อไร่ มีรายได้รวม 26,206.40 บาทต่อไร่ กำไรสุทธิ 17,386.40 บาท และค่า B/C ratio สูงสุดเท่ากับ 2.97 แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับเกษตรกรรายย่อย ในขณะที่การใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* เพียงอย่างเดียวมีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด (13,380 บาทต่อไร่) เนื่องจากต้นทุนชีวภัณฑ์และความถี่ในการใช้ ส่งผลให้มีค่า B/C ratio ต่ำที่สุด (1.93) แม้จะสามารถเพิ่มผลผลิตและราคาจำหน่ายได้ก็ตาม สำหรับกรรมวิธีการใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* สลับกับเชื้อรา เมตาไรเซียม พบว่ามีต้นทุนการผลิตอยู่ในระดับปานกลาง (11,100 บาทต่อไร่) และมีค่า B/C ratio เท่ากับ 2.32 สะท้อนถึงความสมดุลระหว่างประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืชและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่า แม้ความเสียหายของพื้นที่ใบในระยะปลายการปลูกจะไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธี แต่กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์สามารถรักษาการเจริญเติบโตของพืชในระยะต้นถึงระยะกลางของการปลูกได้ดีกว่า ส่งผลให้พืชมีน้ำหนักสด คุณภาพทางการค้า และราคาจำหน่ายสูงกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สรุปค่าใช้จ่ายต้นทุนการผลิตของแต่ละกรรมวิธี และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit–Cost Ratio: B/C ratio)

ต้นทุนการผลิต (Cost of Production) (บาท)	กรรมวิธี ที่ 1	กรรมวิธี ที่ 2	กรรมวิธี ที่ 3	กรรมวิธี ที่ 4
1. ค่าต้นพันธุ์ (กระป๋องละ 100 บาท 1000 เมล็ด) 35 กระป๋อง	3,500	3,500	3,500	3,500
2. ค่าจ้างเหมาไถเตรียมดิน ขึ้นแปลง วันละ 800 บาท/ไร่ จำนวน 1 วัน (8 ชม.)	800	800	800	800
3. ค่าจ้างแรงงานปลูก วันละ 300 บาท จำนวน 1 วัน (8 ชม.) จำนวน 6 ราย	1,800	1,800	1,800	1,800
4. ค่าน้ำ (น้ำคลอง จ่ายค่าบำรุงต่อปี ปีละ 100 บาท)	100	100	100	100
5. ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 ใส่จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 10 กิโลกรัม ๆ ละ 20 บาท	400	400	400	400
6. ค่าชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง 1,620 บาท/ครั้ง	-	6,480	3,240	-
7. ค่าชีวภัณฑ์เชื้อราเมตาไรเซียม 480 บาท/ครั้ง	-	-	960	1,920
8. ค่าแรงงานเก็บเกี่ยว จำนวน 2 ราย ๆ ละ 150 บาท (ครึ่งวัน)	300	300	300	300

ตารางที่ 3 สรุปค่าใช้จ่ายต้นทุนการผลิตของแต่ละกรรมวิธี และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit–Cost Ratio: B/C ratio) (ต่อ)

ต้นทุนการผลิต (Cost of Production) (บาท)	กรรมวิธี ที่ 1	กรรมวิธี ที่ 2	กรรมวิธี ที่ 3	กรรมวิธี ที่ 4
ต้นทุนรวม (Total cost (C))	**6,900**	**13,380**	**11,100**	**8,820**
ราคาขาย (Selling price (Baht/Kilograms))	15	20	20	20
ผลผลิต (Product (Kilograms))	1,243.55	1,293.63	1,285.28	1,310.32
รายได้รวม (Benefit (B))	18,653.25	25,872.60	25,705.60	26,206.40
กำไรสุทธิ (Net profit (loss))	11,753.25	12,492.60	14,605.60	17,386.40
อัตราส่วนผลตอบแทน (Benefit - Cost Ratio (B/C) (time)	**2.70**	**1.93**	**2.32**	**2.97**

หมายเหตุ ราคาขายอ้างอิงจากตลาดเมืองใหม่ (เมืองใหม่ผักสด) ณ วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2568

3. ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการใช้ชีวภัณฑ์

ผลการศึกษาทัศนคติของเกษตรกรในตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ก่อนเข้าร่วมการศึกษาวิจัย เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับด้วงหมัดผักแถบลายในระดับสูงจากประสบการณ์ภาคสนาม แต่ยังมีความรู้เกี่ยวกับชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงและเชื้อราเมตาไรเซียมในระดับต่ำ โดยเกษตรกรร้อยละ 80 ไม่เคยมีความรู้หรือประสบการณ์เกี่ยวกับชีวภัณฑ์ดังกล่าวมาก่อน ภายหลังการทดลองใช้ชีวภัณฑ์ในแปลงจริง เกษตรกรทุกคนรับรู้ถึงการลดลงของประชากรด้วงหมัดผักในระดับเล็กน้อยถึง ปานกลาง และมีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้ชีวภัณฑ์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะด้านความปลอดภัยต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังคงมีข้อกังวลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ในกรณีที่เกิดการระบาดรุนแรง รวมถึงต้นทุนการผลิตและความสะดวกในการเข้าถึงชีวภัณฑ์ สะท้อนให้เห็นว่า การยอมรับเทคโนโลยีชีวภัณฑ์ในระดับเกษตรกรยังต้องอาศัยการสนับสนุนด้านองค์ความรู้ การติดตามให้คำปรึกษา และการพัฒนาตลาดรองรับผลผลิตปลอดภัยควบคู่กันไป

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *S. siamkayai* ทั้งแบบเดี่ยวและแบบใช้สลับร่วมกับเชื้อราเมตาไรเซียม สามารถลดประชากรด้วงหมัดผักแถบลายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p < 0.05$) โดยเฉพาะการใช้แบบสลับชีวภัณฑ์ซึ่งให้ผลการควบคุมสม่ำเสมอในช่วง 21–28 วันหลังพ่น สะท้อนถึงศักยภาพของการใช้ชีวภัณฑ์ร่วมกันในระบบการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (IPM) สอดคล้องกับการรายงานของ Nguyen and Smart (1992) และ นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด, (2558) ที่ว่าไส้เดือนฝอยสามารถเข้าทำลายแมลงผ่านช่องเปิดตามธรรมชาติและปล่อยแบคทีเรียร่วมอาศัยที่สร้างสารพิษในระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้แมลงตายอย่างรวดเร็ว ขณะที่เชื้อราเมตาไรเซียมเข้าทำลายผ่านการงอกของสปอร์และเส้นใยบนผิวลำตัวแมลง ซึ่งต้องอาศัยความชื้นและระยะเวลาในการออกฤทธิ์ (ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดเชียงใหม่, 2567ข) กลไกที่

แตกต่างกันดังกล่าวอาจก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์แบบเสริมฤทธิ์ (synergism) ระหว่างชีวภัณฑ์ สอดคล้องกับรายงานของ เบญจพร ชำนาญ และคณะ (2565), Noosidum et al. (2021), จุรีพร สุคติภูมิ (2564), Yan et al. (2013), นาวิน สุขเลิศ และคณะ (2559) และ Shapiro-Ilan et al. (2012) ที่รายงานว่าการใช้ไส้เดือนฝอยร่วมกับเชื้อรากำจัดแมลง สามารถลดประชากรด้วงหมัดผัก ลดความเสียหายของพืช และเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม แม้จำนวนประชากรด้วงหมัดผักลดลง แต่เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของพื้นที่ใบในระยะปลายการปลูกยังสูงและไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกกรรมวิธี สะท้อนว่าด้วงหมัดผักแม้มีจำนวนต่ำก็ยังสามารถสร้างความเสียหายเชิงคุณภาพได้สูง ตามการรายงานของ Knodel (2017) และ Chen et al. (2022) นอกจากนี้ ความแปรปรวนของความเสียหายยังสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมของแปลงและการเคลื่อนย้ายของแมลงจากพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งส่งผลต่อความหนาแน่นของประชากรด้วงหมัดผักและระดับการเข้าทำลายในแต่ละช่วงเวลา ประเด็นดังกล่าวมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานของ ทัศนัย ชัยเพ็ชร และคณะ (2550) รวมถึง Cranshaw (2006) ที่ระบุว่า ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและการแพร่กระจายของแมลงจากพื้นที่โดยรอบ เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อการระบาดและความรุนแรงของการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชในแปลงปลูก

ในด้านเศรษฐศาสตร์การผลิต แม้กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์จะมีต้นทุนสูงกว่าชุดควบคุม แต่สามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิต น้ำหนักผลผลิต และราคาจำหน่ายได้ โดยเฉพาะกรรมวิธีใช้เชื้อราเมตาไรเซียมเพียงอย่างเดียวซึ่งให้ค่า B/C ratio สูงที่สุด สะท้อนว่าความคุ้มค่าของชีวภัณฑ์มิได้เกิดจากการลดความเสียหายในระยะปลายเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการรักษาศักยภาพการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่ระยะต้น ส่งผลให้เกิดการสะสมชีวมวลและผลผลิตเชิงพาณิชย์ที่สูงกว่า สอดคล้องกับ Lamb (1984) และ กรมส่งเสริมการเกษตร (2567ข) ที่ระบุว่าความเสียหายในระยะต้นกล้ามีผลโดยตรงต่อศักยภาพผลผลิตในระยะยาว

ด้านทัศนคติและการยอมรับ พบว่าเกษตรกรมีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* และเชื้อราเมตาไรเซียม แต่การยอมรับยังอยู่ในลักษณะ “การยอมรับแบบมีเงื่อนไข” โดยยังกังวลเรื่องความรวดเร็วและความสม่ำเสมอของประสิทธิภาพเมื่อเกิดการระบาดรุนแรง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Gangadhar et al. (2012) และ ศุภกิจ สิทธิวงค์ และคณะ (2564) ที่รายงานว่าความรู้ ประสบการณ์ และการสนับสนุนชีวภัณฑ์อย่างต่อเนื่องมีผลต่อการยอมรับชีวภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาครั้งนี้ยังสะท้อนว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบมีส่วนร่วม การสาธิตในแปลงจริง และกระบวนการเรียนรู้จากการปฏิบัติ (Learning by Doing) ตามแนวคิดของ Malcolm Knowles และ John Dewey สามารถเพิ่มความเชื่อมั่นและแนวโน้มการยอมรับของเกษตรกรได้อย่างชัดเจน (นิตติยา จันทาคีรี, 2566; มารุต พัฒผล, ม.ป.ป.) อีกทั้งยังสอดคล้องกับหลัก “เข้าใจ เข้าถึง พัฒนา” และ “ระเบิดจากข้างใน” ตามแนวพระราชดำริ (สำนักงาน กปร., 2560; 2563)

ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาที่เริ่มจากการเข้าใจบริบท ปัญหา และความต้องการของเกษตรกรในพื้นที่ ก่อนถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยเปิดโอกาสให้เกษตรกรได้มีส่วนร่วมในการทดลองและเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงในสภาพแปลงจริง จนเกิดความเชื่อมั่นและการยอมรับเทคโนโลยีจากแรงจูงใจภายใน มากกว่าการยอมรับจากการบังคับหรือการส่งเสริมแบบบนลงล่าง

สรุปผลการศึกษา

การใช้ไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* ทั้งแบบเดี่ยวและแบบสลับร่วมกับเชื้อราเมตาไรเซียม สามารถลดประชากรด้วงหมัดผักแถบลายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยการใช้แบบสลับร่วมกันให้ประสิทธิภาพการควบคุมที่ต่อเนื่องและมีความสมดุลระหว่างประสิทธิภาพกับต้นทุนการผลิต จึงมีความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการใช้ในพื้นที่ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ แต่เมื่อพิจารณาด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าการใช้เชื้อราเมตาไรเซียมเพียงอย่างเดียวให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด นอกจากนี้เกษตรกรมีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้ชีวภัณฑ์ โดยเฉพาะเมื่อได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมและการสาธิตในแปลงจริง สะท้อนให้เห็นว่า การใช้ชีวภัณฑ์มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อการจัดการด้วงหมัดผักแถบลายในระดับเกษตรกร อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมการใช้ ชีวภัณฑ์ในระดับพื้นที่ควรพิจารณาแนะนำการใช้เชื้อราเมตาไรเซียมเป็นแนวทางหลัก และบูรณาการร่วมกับแนวทางการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน (IPM) อื่นและการสนับสนุนอย่างต่อเนื่องทั้งด้านการผลิตชีวภัณฑ์ การถ่ายทอดเทคโนโลยี และการพัฒนาตลาดรองรับผลผลิตปลอดภัย เพื่อส่งเสริมการลดการพึ่งพาสารเคมี อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหาร อันจะนำไปสู่ระบบการผลิตผักที่ปลอดภัยและยั่งยืนในระดับพื้นที่ ตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรส่งเสริมการใช้ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอย และเชื้อราเมตาไรเซียมร่วมกับแนวทาง IPM เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการควบคุมสูงสุด ลดการพึ่งพาสารเคมี และเพิ่มความยั่งยืนของระบบการผลิตผัก
2. ควรสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการเข้าถึงชีวภัณฑ์ในระดับชุมชน เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่น ลดต้นทุน และส่งเสริมการใช้ชีวภัณฑ์อย่างต่อเนื่องในระดับเกษตรกร

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ชีวภัณฑ์ในระยะยาวและในหลายฤดูการผลิต เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความยั่งยืนของการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายภายใต้สภาพแวดล้อมจริง
2. ควรพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์และระบบการใช้ชีวภัณฑ์ให้สะดวกและเหมาะสมต่อการใช้งานของเกษตรกร เพื่อเพิ่มอัตราการยอมรับและการใช้จริงในระดับฟาร์ม

กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย, ผานิตย์ นาขยัน และ ระวี คเณชาบริรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะทางวิชาการตลอดการดำเนินงานวิจัย ขอขอบพระคุณเกษตรกรในพื้นที่ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ดำเนินการวิจัยภาคสนาม มีส่วนร่วมและให้ความร่วมมือในการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี และขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยทุกท่านที่สนับสนุนการดำเนินงานภาคสนามและการเก็บรวบรวมข้อมูล จนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. **เกษตรกรรมยั่งยืนตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง**. กรุงเทพฯ: กลุ่มจัดการฟาร์มและเกษตรกรรมยั่งยืน กองวิจัยและพัฒนางานส่งเสริมการเกษตร.

_____. 2555. **การจัดการศัตรูพืช**. เอกสารคำแนะนำ. สมุทรสาคร: บริษัท ยูไนเต็ด โปรดักชั่นเพรส จำกัด.

_____. 2560. **การใช้เชื้อจุลินทรีย์ (ชีวภัณฑ์) ในการควบคุมศัตรูพืช**. เอกสารคำแนะนำ. กรุงเทพฯ: นิวธรรมดาการพิมพ์ (ประเทศไทย) จำกัด.

_____. 2567ก. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://production.doae.go.th/site/login (15 ตุลาคม 2567).

_____. 2567ข. **การปลูกพืชตามสถานการณ์ในช่วงฤดูแล้ง (พืชผัก)**. เอกสารคำแนะนำ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://mediatank.doae.go.th/medias/file_upload/ 03-2024/18-1794831059260322.pdf (14 ตุลาคม 2567).

จุรีพร สุคติภูมิ. 2564. **การประยุกต์ใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงร่วมกับชีวภัณฑ์ชนิดอื่นในการควบคุมแมลงวันแตง (*Zeugodacus cucurbitae* Coquillett)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทัศนัย ชัยเพ็ชร, กรุง สีตะธนี และวิทยา เศรษฐวิทยา. 2550. การศึกษาพฤติกรรมการระบาดและวิธีการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักด้วยวิธีกลและชีววิธี. น. 50-56. ใน **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 4**. 6-7 ธันวาคม 2550 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

นันทวัฒน์ ภัทรกรนันท์. 2558. แนวคิดและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ของผู้ใหญ่. **วารสารศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยศิลปากร**, 12(1, 2), 18 – 29.

นาวิน สุขเลิศ, จิราพร กุลสาริน, ไสว บรูณพานิชพันธุ์ และวีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2559. ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในเบบี้ฮ่องเต้บนพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่. **วารสารเกษตร**, 32(2), 171 – 180.

นิตติยา จันทาคีรี. 2566. **หลักปรัชญาของ จอห์น ดิวอี้. รายงานวิชาจิตวิทยาสำหรับครู หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพครู**. อุดรธานี: คณะศึกษาศาสตร์ วิทยาลัยสันตพล.

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2558. การผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงศัตรูพืชไว้ใช้เอง. ผลงานวิจัยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร.

เบญจพร ชำนาญ, ขวัญฤดี สุวะไกร, ทิพย์สุคนธ์ อนุภาพ, ทัศนีย์ แจ่มจรรยา, นุชรีย์ ศิริ, ยุวธิดา ศรพลแท่น, อุบล ตังควานิช และประกายจันทร์ นิ่มกิ่งรัตน. 2565. การใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย (Phyllotreta sinauta Stephen) (Coleoptera: Chrysomelidae) ในกวางตุ้ง. **วารสารแก่นเกษตร**, 50(4), 932 – 944.

ปาริชาติ จำรัสศรี, อัจฉรียา นิจจรัลกุล, อิศเรส เทียนทัด, ช่ออ้อย กาฬภักดี และ เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์. 2567. ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง (NEMA DOA 50 WP) ควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในผักกาดหัว. **วารสารเกษตรรำไพ**, 2(1), 13-21.

ปาริชาติ หนูบุญ. 2562. **การจัดการเรียนรู้แบบสาธิตเพื่อพัฒนาทักษะการปฏิบัติท่ารำมือและเท้าให้ถูกต้องตามแบบแผนท่ารำนาฏศิลป์ไทย ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.) วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พณิชยการ**. กรุงเทพฯ: รายงานวิจัย วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พณิชยการ.

ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร. ม.ป.ป. **สรุปบทเรียนที่ 6 การติดต่อสื่อกสารการเกษตร : การส่งเสริมแบบกลุ่ม**. เชียงใหม่: ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มารุต พัฒผล. ม.ป.ป. **การสร้างความยึดมั่นผูกพันในการเรียนรู้. เอกสารประกอบการเรียนรู้รายวิชา การโค้ชเพื่อการรู้คิด**. กรุงเทพฯ: สาขาพหุวิทยาการ สหวิทยาการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศุภกิจ สิทธิวงค์, ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล, วรทัศน์ อินทรัคคัมพร และพัชรินทร์ ครุฑเมือง. 2564. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่. **วารสารผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้**, 3(3), 93 – 104.

ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดเชียงใหม่. 2567ก. **การจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสผสาน. เอกสารประกอบการบรรยายถ่ายทอดความรู้ สัมมนาเชิงปฏิบัติการพัฒนาศักยภาพวิทยากรพี่เลี้ยงกระบวนการโรงเรียนเกษตรกรระดับพื้นที่**. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

_____. 2567ข. การผลิตขยายสารชีวภัณฑ์และแมลงศัตรูธรรมชาติ. เอกสารประกอบการสอนการผลิตขยายเชื้อจุลินทรีย์. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืชจังหวัดสุราษฎร์ธานี. 2566. **ด้วงหมัดผักแถบเหลืองหรือด้วงหมัดผักแถบลาย (Striped Flea Beetle)**. ข่าวเตือนการระบาดศัตรูพืช. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pmc07.doae.go.th/home/index.php/2023/03/10/173/ (14 ตุลาคม 2567).

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.). 2560. **หลักการทรงงาน**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://shorturl.asia/zDyZ3 (26 ตุลาคม 2567).

_____. 2563. **หลักการทรงงาน ครั้งที่ 3 ปีงบประมาณ 2563**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.).

Chen, D., Yan, R., Xu, Z., Qian, J., Yu, Y., Zhu, S., Wu, H., Zhu, G. & Chen, M. 2022. Silencing of dre4 Contributes to Mortality of Phyllotreta striolata. **Insects**, 13(11), 1072.

Cranshaw, W. S. 2006. **Flea Beetles, Fact Sheet No.5.592**. Colorado: Colorado State University Extension, Department of Agriculture and Colorado Counties Cooperating.

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2018. **Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs**. [Online]. Available https://www.fao.org/agroecology/database/detail/en/c/1187167/?utm_source (January 23, 2026).

_____. 2022. **FAO and the** 2030 **Agenda for Sustainable Development**. [Online]. Available https://www.fao.org/sustainable-development-goals (January 23, 2026).

Gangadhar, B., Kumaresan, P., Somaprakash, D. S. & Qadri, S. M. H. 2012. Adoption of biocontrol methods for the control of mealy bug and uzifly in sericulture. **Journal of Biopesticides**, 5(Supplementary), 199-201.

Gbogbo, S., Axame, W. K., Wuresah, I., Gbogbo, E., Klutse, P., Makam, C., Owusu, A. K., Boateng, I., Nelson, P. E., Mantey, S. O., Kugbey, N., Doku, V. C. K., Hennegan, J., Baiden, F. E. & Binka, F. N. 2024. Knowledge, Perception and Sociocultural Beliefs on Menstruation: Evidence from Adolescent High School Boys in the Volta Region, Ghana. **Adolescents**, 4(4), 605-619.

Kaur, K. & Kaur, D. 2018. Agricultural Extension Approaches to Enhance the Knowledge of Farmers – A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 7(2), 2367-2376.

Knodel, J. J. 2017. Flea beetles (*Phyllotreta* spp.) and their management. **Integrated Management of Insect Pests on Canola and Oother *Brassica* Oilseed Crops**, 1–12.

Lamb, R. J. 1984. Effects of flea beetles (*Phyllotreta* spp.) on the survival, growth, seed yield and quality of canola, rape and yellow mustard. **The Canadian Entomologist**, 116(2), 269-280.

Nguyen, K. B. & Smart, G. C. 1992. Life Cycle of *Steinernema scapterisci* Nguyen &Smart, 1990. **Journal of Nematology**, 24(1), 160-169.

Noosidum, A., Mangtab, S. & Lewis, E. E. 2021. Biological control potential of entomopathogenic nematodes against the striped flea beetle, *Phyllotreta sinuata* Stephens (Coleoptera: Chrysomelidae). **Crop Protection**, 141, 105448.

Price, C., Campbell, H. & Pope, T. 2023. Potential of Entomopathogenic Nematodes to Control the Cabbage Stem Flea Beetle *Psylliodes chrysocephala*. **Insects**, 14(7), 665; https://doi.org/610.3390/insects14070665.

Shapiro-Ilan, D. I., Han, R. & Dolinksi, C. 2012. Entomopathogenic nematode production and application technology. **Journal of Nematology**, 44(2), 206-217.

United Nations. 2015. **Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development**. [Online]. Available https://sdgs.un.org/2030agenda (January 23, 2026).

World Bank. 2020. **Sustainable Development Goals**. [Online]. Available https://www.worldbank.org/en/topic/sustainabledevelopment (January 23, 2026).

Yan, X., Han, R., Moens, M., Chen, S. & De Clercq, P. 2013. Field evaluation of entomopathogenic nematodes for biological control of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae). **BioControl**, 58(2), 247-256.

Zaman, F., Jackson, K. & Gilrein, D. 2019. **Foliar Insecticides for Control of Crucifer Flea Beetles in Pak choy -** 2019. [Online]. Available https://www.umass.edu/agriculture-food-environment/sites/default/files/pdf-doc-ppt/research_report_fb_2019-ua.pdf (January 23, 2026).

สืบค้นข้อมูลเล่มการค้นคว้าอิสระฉบับสมบูรณ์
ได้ที่ เว็บไซต์ .....
Link: http://.....

การพัฒนาภูมิสังคมอย่างยั่งยืน
Geosocial Based Sustainable Development