

การใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลาย (*Phyllotreta sinauta* Stephen) (Coleoptera: Chrysomelidae) ในกวางตุ้ง

The use of bio-products to control striped flea beetle (*Phyllotreta sinauta* Stephen) (Coleoptera: Chrysomelidae) in Chinese flowering cabbage

เบญจพร ชำนาญ¹, ขวัญฤดี สุวะไกร¹, ทิพย์สุคนธ์ อนุภาพ¹, ทศนีย์ แจ่มจรรยา², นุชรีร์ ศิริ²,
ยุวธิดา ศรีพลแทน^{1,2}, อุบล ตั้งควานิช^{1,2}, และ ประกายจันทร์ นิมกิงรัตน์^{1,2*}

Benjaporn Chamnan¹, Kwanruedee Suwakrai¹, Thipsukon Anupap¹,
Tassanee Jamjanya¹, Nutcharee Siri¹, Yuwatida Sripontan^{1,2}, Ubon Tangkawanit^{1,2}
and Prakaijan Nimkingrat^{1,2*}

¹ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

² National Biological Control Research Center, Upper Northeastern Region, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

³ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

² Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

บทคัดย่อ: ด้วงหมัดผักเป็นแมลงศัตรูสำคัญในกวางตุ้งที่มีรายงานการระบาดรุนแรงและต่อเนื่องในทุกปี การเปลี่ยนกลุ่มสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชเป็นแนวทางที่ควรปฏิบัติเพื่อหลีกเลี่ยงการสร้างความต้านทานของแมลงแต่การใช้สารป้องกันกำจัดแมลงที่ผิดวิธีสามารถส่งผลให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบูรณาการการใช้ชีวภัณฑ์ต่างชนิดเพื่อควบคุมประชากรด้วงหมัดผักในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกผักบ้านโนนเขวา ตำบลตอนหัน อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น ดำเนินการทดสอบในฤดูหนาวซึ่งเป็นช่วงที่มีการระบาดรุนแรง ตั้งแต่เดือน มกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2563 วางแผนการทดลองแบบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม (Two-sample t-test) จำนวน 2 กรรมวิธีฯละ 3 ซ้ำ ได้แก่ แปลงชีวภัณฑ์ (เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* และไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง *Steinernema siamkayai*) และแปลงวิธีปฏิบัติเกษตรกร (สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีพ่นชีวภัณฑ์ก่อนปลูกช่วยส่งเสริมให้เกิดการออกของเมล็ดได้ดีมีค่าเท่ากับ 25.82 ต้น/ตารางเมตร เมื่อเทียบกับแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ที่มีค่าเพียง 12.86 ต้น/ตารางเมตร ขณะที่จำนวนประชากรด้วงหมัดผักที่ได้จากการนับโดยตรงจากต้นและกับดักกาวเหนียวและความเสียหายของใบพืชให้ค่าที่สอดคล้องในทิศทางเดียวกัน แปลงชีวภัณฑ์แสดงค่าเฉลี่ยของประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชและบนกับดักกาวเหนียวอยู่ที่ 0.33 ตัว/ต้น และ 35.06 ตัว/กับดัก และความเสียหายของใบพืชอยู่ที่ระดับ 1 เมื่อเทียบกับแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกรที่มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 0.92 ตัว/ต้น และ 43.59 ตัว/กับดัก และความเสียหายของใบพืชอยู่ที่ระดับ 2 ซึ่งค่าการลดลงของประชากรด้วงหมัดผักในแปลงพ่นชีวภัณฑ์เปรียบเทียบกับแปลงพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชอยู่ที่ 66% อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) ของแปลงพ่นชีวภัณฑ์แสดงค่าอยู่ที่ 1.77 ขณะที่แปลงวิธีปฏิบัติเกษตรกรที่ให้ค่าเพียง 0.26 ซึ่งผลตอบแทนที่ได้รับของแปลงวิธีปฏิบัติเกษตรกรมีค่าน้อยกว่าต้นทุนการผลิต

คำสำคัญ: ชีวภัณฑ์; ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง; ด้วงหมัดผัก; เชื้อราเขียว; กวางตุ้ง

ABSTRACT: The striped flea beetle is a key insect pest in Chinese flowering cabbage and it has been reported for its infestation and crop devastation year after year. Farmers have typically used insecticide rotation as a guideline of resistance; however, misuse of such insecticides can lead to toxic residue on products and within the environment. The objective of this study, therefore, was to study the possibility of bio-products integration to control populations

* Corresponding author: npraka@kku.ac.th

of the striped flea beetle. The experiment was carried out at the Non Kwao village, Don Hun sub-district, Muang Khon Kaen, Khon Kaen, Thailand; at the highest of the striped flea beetle season; Thailand's winter season, January through March 2020. Two-sample t-test was employed with two treatments and three replications; a bio-products (*Metarhizium anisopliae* and *Steinernema siamkayai*) and the customary farmers' practice (insecticide) applications. The results revealed that the bio-products soil treatment promoted a germination rate of 25.82 plant/m² compared to that of the farmers' practice at 12.86 plant/m². The populations of striped flea beetles, as well as the resulting leaf damage, which were determined through direct count and the use of a sticky trap, produced similar results. The bio-products plot from direct count and sticky trap yielded a significantly lower average value of 0.33 insect/plant and 35.06 insects/trap with leaf damage recorded at Level 1; in contrast to the farmers' traditional practice at 0.92 insect/plant, 43.59 insects/trap and Level 2 leaf damage, respectively. Thus, striped flea beetle population reduction in bio-products plot was found at 66%. Furthermore, the Benefit-Cost ratio (B/C ration) from the bio-products plot was 1.77, whereas the farmers' practice produced a lower value of 0.26, indicating that the production cost from farmer's plot was greater than the crop's selling price.

Keyword: bio-products; entomopathogenic nematode; striped flea beetle; green muscardine fungi; Chinese flowering cabbage

บทนำ

กวางตุ้ง (*Brassica rapa* var. *parachinensis*) เป็นผักที่คนนิยมบริโภค เนื่องจากอุดมไปด้วยแคลเซียม วิตามินเอ และซี รวมถึงสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ส่งผลให้พื้นที่ปลูกในปี พ.ศ. 2562 ครอบคลุมมากกว่า 50 จังหวัดทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ หรือประมาณ 27,893.25 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) ถึงแม้ว่าพื้นที่ปลูกผักชนิดนี้จะเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปีเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากปี พ.ศ. 2559 และ 2561 แต่พบว่าปริมาณผลผลิตรวมจาก 63,680 ตัน และ ผลผลิตต่อไร่ 1,350 กิโลกรัม กลับลดลงเหลือเพียง 15,808 ตัน และ 953 กิโลกรัม ตามลำดับ ถึงแม้ว่าปริมาณการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้งจะเพิ่มสูงขึ้นในปี 2562-2563 ที่รายงานปริมาณและมูลค่าสูงถึง 161.07 ตัน คิดเป็นมูลค่า 13.78 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักปลอดภัย บ้านโนนเขวา ตำบล ดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ทำให้ทราบว่าในพื้นที่นี้ด้วงหมัดผักแถบลาย (*Phyllotreta sinuate* Stephen) (Coleoptera: Chrysomelidae) เป็นแมลงศัตรูพืชเพียงชนิดเดียวที่เกษตรกรยังไม่สามารถหาวิธีการป้องกันกำจัดได้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของคณะผู้วิจัย พบว่าด้วงหมัดผักยังคงแพร่ระบาดและสร้างความเสียหายรุนแรงและต่อเนื่องโดยมีสาเหตุมาจากแมลงชนิดนี้สามารถสร้างความเสียหายแก่พืชได้โดยตรงทั้งทั้งต้น (เมล็ด ราก ลำต้น และใบ) และในทุกระยะการเจริญเติบโต (เพาะเมล็ด-เก็บเกี่ยว) กล่าวคือ ในระยะหนอนอาศัยในดินกัดกินในส่วนของเมล็ด รากหรือโคนต้น ส่งผลให้เมล็ดไม่สามารถงอกได้หรือต้นที่งอกได้ก็จะมีอาการเหี่ยวเฉา ชะงักการเจริญเติบโต และยืนต้นตายในที่สุด ขณะที่ตัวเต็มวัยกัดผิวด้านล่างของใบทำให้เกิดรูพรุน และอาจกัดกินผิวลำต้นได้อีกด้วย (กลุ่มบริหารศัตรูพืช และ กลุ่มกีฏและสัตววิทยาสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 2554) วิธีการป้องกันกำจัดที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ คือ การใช้สารป้องกันกำจัดแมลงโดยวิธีพ่นทางใบซึ่งจะสามารถกำจัดได้แต่เพียงระยะตัวเต็มวัยเท่านั้น ขณะที่ระยะตัวหนอนที่อาศัยอยู่ในดินนั้นไม่มีการป้องกันกำจัดใดๆเลยทำให้ตัวหนอนยังมีชีวิตรอดและสามารถสร้างความเสียหายได้อย่างต่อเนื่องและสามารถพัฒนากลับมาเป็นตัวเต็มวัยรื้อนกัดใบได้ นอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมการใช้สารป้องกันกำจัดที่ผิดวิธี (ผสมสารมากกว่าสองชนิด หรือใช้เกินอัตราแนะนำบนฉลาก) และต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานนั้นยังส่งผลให้แมลงสร้างความต้านทาน (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 2553) และเกิดการตกค้างของสารพิษในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (2562) รายงานผลการตรวจสอบสารป้องกันกำจัดแมลงตกค้างที่เกินค่ามาตรฐานกำหนดไว้ โดยพบว่ากวางตุ้งเป็นผักที่พบสารพิษตกค้างสูงเป็นอันดับ 1 จากผักที่นิยมบริโภคทั้งหมด 15 ชนิด ดังนั้นแนวทางในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักโดยชีววิธีไม่เพียงแต่จะไม่ทำให้แมลงสร้างความต้านทานได้แล้ว ผลผลิตยังมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าได้อีกทาง จากรายงานการใช้ชีวภัณฑ์หลากหลายชนิดเพื่อควบคุมด้วงหมัดผัก พบว่าเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) นั้นค่อนข้างมีประสิทธิภาพสูงโดยสามารถทำให้ด้วงหมัดผักในระยะตัวเต็มวัยติดเชื้อได้สูงกว่าร้อยละ 90 และมีแนวโน้มของปริมาณประชากรลดลงต่ำกว่า 1 ตัว/ต้น หากทำการพ่นติดต่อกันทุกสัปดาห์ นาน 8 สัปดาห์ (เสาวนิตย์ และคณะ, 2556; นาวัน และคณะ,

2559) ขณะที่ วิไลวรรณ และคณะ (2556) รายงานการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง *Steinernema riobrave* (Cabanillas, Poinar and Raulston) (Rhabditida: Steinernematidae) ที่อัตรา 2×10^7 ตัว/น้ำ 20 ลิตร ว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมตัวเต็มวัยได้ไม่แตกต่างกับการพ่นสาร fipronil 5% SC อัตรา 40 มล./น้ำ 20 ลิตร หรือ การพ่นสาร prothiofos 50% EC เปรียบเทียบกับไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงที่อัตรา 1×10^6 ตัว/5 ตร.ม. พบว่าหลังพ่นด้วงหมัดผักมีปริมาณลดลง 57.63% และน้ำหนักผลผลิตไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองกรรมวิธี แต่ผลผลิตที่ได้จากกรรมวิธีที่พ่นไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงสามารถนำไปจำหน่ายได้ในราคาที่สูงกว่าการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงถึง 2 เท่า (นุชนารถ และ สารโจน, 2547) จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่มุ่งเน้นการป้องกันกำจัดในระยะตัวเต็มวัยเท่านั้นและยังไม่มีรายงานการผสมผสานการใช้ชีวภัณฑ์ในสภาพไรในพื้นที่ที่มีการระบาดของด้วงหมัดผักอย่างรุนแรง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมร่วมกับไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในวางต้งในสภาพแปลงเกษตรกร บ้านโนนเขว ตำบลดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

วิธีการศึกษา

แปลงทดสอบ

คัดเลือกแปลงเกษตรกรผู้ปลูกผัก บ้านโนนเขว ตำบล ดอนหัน อำเภอ เมือง จังหวัด ขอนแก่น จำนวน 6 ราย ได้แก่ แปลงชีวภัณฑ์ 3 ราย คือ นางสุจี บุญที (16°20'57.7"N 102°52'51.7"E) นายประเสริฐ นิลพันธ์ (16°20'55.1"N 102°52'31.6"E) นางอานันท์ โพธิ์โน (16°19'53.4"N 102°52'31.3"E) และแปลงวิถีปฏิบัติของเกษตรกร จำนวน 3 ราย คือ นางทองเลื่อน ทองจันทร์ (16°20'27.6"N 102°52'44.6"E) นางรุ่งนดี ไชยสิทธิ์ (16°21'24.8"N 102°52'51.2"E) นางคำมาย วงศ์วรรณ (16°21'14.0"N 102°53'06.0"E) โดยพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ที่มีการระบาดของด้วงหมัดผักอย่างรุนแรงและต่อเนื่องในทุกปี ดำเนินงานวิจัยในฤดูหนาว (ซึ่งเป็นช่วงที่สำรวจพบการระบาดมากที่สุด) ระหว่างเดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ. 2563 (ระยะเวลา 3 เดือน) ปลูกวางต้งสายพันธุ์ นวลจันทร์ 94 แบบหวาน ในแปลงขนาด 1.5*15.0 เมตร ให้น้ำทางสายยางวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น ใส่ปุ๋ยคอก 1 ครั้ง เมื่อพืชอายุ 7 วัน และเมื่อพืชอายุ 14 และ 21 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-7-7 และ 40-0-0 ตามลำดับ

ชีวภัณฑ์

เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม *Metarhizium anisopliae*

นำหัวเชื้อราเขียว *M. anisopliae* มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt agar (MA) ในจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. บ่มเชื้อนาน 7-14 วัน ภายใต้ห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80% RH ดำเนินการขยายเชื้อราเขียวบนข้าวสารจ้าว (subculture) โดยใช้ข้าวสารจ้าวน้ำหนัก 375 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกขนาด 8 x 12 นิ้ว เติมน้ำ 150 มล. หลังปิดปากถุงเรียบร้อยแล้วเจาะรู จำนวน 15-20 รู ต่ำกว่าระดับหนึ่งยาง 1 ซม. เพื่อระบายอากาศ แล้วจึงนำไปนิ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 30 นาที ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (ยี่ห้อ Hirayama รุ่น HA-300M ผลิตโดยประเทศญี่ปุ่น) ย้ายหัวเชื้อราริณ้ำหนัก 10 กรัม/ถุง ภายในตู้เชื้อเชื้อ (ยี่ห้อ Haier รุ่น HR1200-IIA2 ผลิตโดยประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน) ปิดปากถุง และคลุกหัวเชื้อให้กระจายทั่วทั้งถุง นำถุงเพาะเชื้อไปบ่มในห้องมีดควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80% RH นาน 7-14 วัน ก่อนนำเชื้อไปใช้ในการทดสอบ ดำเนินการเตรียมสารแขวนลอยของเชื้อรา โดยการนำเชื้อราเขียวปริมาตร 10 กรัม ผสมร่วมกับสารละลาย 0.05% (v/v) Tween 80 (Sigma, St. Louis, MO, USA) ปริมาตร 50 มล. ให้เข้ากันในหลอดทดลอง เขย่าสารด้วยเครื่องเขย่าสาร (ยี่ห้อ Velp Scientifica รุ่น ZX4 ผลิตโดยประเทศอิตาลี) แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น โดยดำเนินการในสภาพปลอดเชื้อ (aseptic technique) ตรวจนับปริมาณสปอร์ต่อปริมาตรด้วย haemocytometer ปรับความเข้มข้นของสารแขวนลอยสปอร์ตามแผนงานที่ตั้งไว้

ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง *Steinernema siamkayai* Stock, Somsook and Reid (Rhabditida: Steinernematidae)

นำไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงมาเพิ่มจำนวนบนหนอนกิ้งมิ่ง (In vivo) เริ่มจากนำกระดาศกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. วางในจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. บรรจุหนอนกิ้งมิ่ง จำนวน 10 ตัว/จานอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วจึงหยดไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง จำนวน 1,000 ตัว (ไส้เดือนฝอย 100 ตัว/หนอน 1 ตัว) ปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยพาราฟิล์ม นำไปบ่มในห้องมืดควบคุมอุณหภูมิ $25 \pm 2^\circ\text{C}$ เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน ย้ายซากหนอนกิ้งมิ่งที่ถูกไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงเข้าทำลายไปวางไว้บนกระดาศกรองชุ่มน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 ซม. ที่วางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. แล้วจึงนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อใบแรกไปวางซ้อนในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ที่มีการหล่อน้ำด้านล่าง เรียกวิธีการแยกไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงออกจากซากแมลงนี้ว่า White trap (White, 1927) นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อย้ายไปบ่มต่อในห้องมืดควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ตัวอ่อนไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงระยะเข้าทำลายวัย 3 เคลื่อนที่ออกจากซากหนอนลงสู่ น้ำ น้ำที่มีไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงล้างในน้ำกลั่นแล้วจึงกรองด้วยตะแกรงกรองความถี่ 30 ไมครอน นำไส้เดือนฝอยที่ได้ไปใช้ในแปลงทดสอบ

การใช้ชีวภัณฑ์เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมร่วมกับไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในการควบคุมด้วงหมัดผัก

แปลงเกษตรกรรมจำนวน 6 ราย ถูกแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ (แปลง) ได้แก่ 1) ชีวภัณฑ์ และ 2) วัฏปฏิบัติเกษตรกร (สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช) โดยทั้ง 2 กรรมวิธี มีวิธีดำเนินการ ดังนี้ ก่อนปลูกไถตากดินจำนวน 2 ครั้ง (ห่างกัน 1 สัปดาห์) ระหว่างการไถตากดินในกรรมวิธีที่ 1 มีการรดเชื้อราเขียว *M. anisopliae* อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (ความหนาแน่นของสปอร์เชื้อรา 10^{10}) จำนวน 2 ครั้ง และพ่นไส้เดือนฝอย *S. siamkayai* อัตรา 24 ล้านตัว/แปลง จำนวน 1 ครั้ง ให้ทั่วแปลง ขณะที่กรรมวิธีที่ 2 ไม่ดำเนินการใดๆ เลย เนื่องจากเป็นวัฏปฏิบัติของเกษตรกร เมื่อพืชเจริญเข้าสู่ระยะกล้า-เก็บเกี่ยว ติดกับดักกาวเหนียว (sticky trap) ให้มีระยะห่าง 2 เมตร ทั่วแปลง รวมเป็น 7 กัดัก/แปลง โดยกรรมวิธีที่ 1 พ่นไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง *S. siamkayai* อัตรา 24 ล้านตัว/แปลง จำนวน 11 ครั้ง ตลอดฤดูปลูก ขณะที่กรรมวิธีที่ 2 มีการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 2-3 ครั้ง/สัปดาห์ จำนวน 19 ครั้ง โดยมีรายละเอียดการจัดการแปลงในแต่ละกรรมวิธีอ้างอิงตาม Table 1 ดำเนินการบันทึกข้อมูลในหัวข้อต่างๆ ดังนี้ 1) เมื่อพืชอายุได้ 7 วัน บันทึกอัตราการงอก โดยใช้ควอดเรต (Quadrat) ขนาด 0.5×0.5 ม. วางบนแปลงทดสอบและสุ่มนับจำนวนต้นที่งอก จำนวน 3 จุดสำรวจ/ซ้ำ 2) ประเมินความเสียหายของใบพืช เมื่อพืชอายุ 14 วัน (เนื่องจากใบพืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่) ดำเนินการสุ่มนับความเสียหาย จำนวน 20 จุดสำรวจ/ซ้ำ โดยใช้เกณฑ์ประเมินค่าความเสียหายของใบ พืชโดยสามารถแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้ ระดับ 1 ใบพืชเกิดความเสียหาย $0 < 25\%$, ระดับ 2 ใบพืชเกิดความเสียหาย $25-50\%$, ระดับ 3 ใบพืชเกิดความเสียหาย $50-75\%$ และระดับ 4 ใบพืชเกิดความเสียหายมากกว่า $> 75\%$ ดังแสดงใน Figure 1 3) บันทึกปริมาณประชากรด้วงหมัดผักโดยตรงบนต้นพืช สัปดาห์ละ 2 ครั้ง จำนวน 40 ต้น/ซ้ำ และบนกับดักกาวเหนียว จำนวน 7 กัดัก/ซ้ำ สัปดาห์ละครั้ง ตลอดฤดูปลูก 4) บันทึกปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น จำนวน 2 ครั้ง/สัปดาห์ ตลอดฤดูปลูก 5) บันทึกต้นทุนการจัดการแปลงทั้งหมดของเกษตรกรทั้ง 2 กรรมวิธี อาทิเช่น ค่าไถแปลง ค่าปุ๋ย ชีวภัณฑ์ในการจัดการศัตรูพืช สารเคมีในการจัดการศัตรูพืช และค่ากับดักกาวเหนียว บันทึกรายได้จากการขายผลผลิตทั้งแปลง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของกรรมวิธีด้วย Student's t-test และหาค่าสหสัมพันธ์ (correlation: r) ของประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืช กับปัจจัยทางกายภาพ และประชากรด้วงหมัดผักบนกับดักกาวเหนียว โดยใช้โปรแกรม Statistix 10 (Statistix, 2018) ต้นทุนและรายรับที่ได้จะถูกนำมาคำนวณค่าผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio) ค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของแมลงในทั้ง 2 กรรมวิธี คำนวณโดยใช้สูตร ดังนี้ (Fleming and Retnakaran, 1985)

$$\text{การลดลงของแมลง (\%)} = \left(1 - \left(\frac{\text{จำนวนแมลงหลังจากกรรมวิธี}}{\text{จำนวนแมลงก่อนกรรมวิธี}} \times \frac{\text{จำนวนแมลงก่อนเริ่มต้นในกรรมวิธีควบคุม}}{\text{จำนวนแมลงสุดท้ายในกรรมวิธีควบคุม}} \right) \right) \times 100$$

(Population reduction)

Table 1 The insect pest management of Chinese flowering cabbage in Khon Kaen province

Developmental stage of Chinese flowering cabbage (Days)	Treatment 1 Bio-products	Frequency of application (time)	Treatment 2 Insecticide plot (farmer's practice)	Frequency of application (time)
Before planting	<i>Metarhizium anisopliae</i>	2	- ^{1/}	-
	<i>Steinernema siamkayai</i>	1		
7	<i>S. siamkayai</i>	2	spinetoram	2
			abamectin	2
			dichlorvos	2
14	<i>S. siamkayai</i>	2	cypermethrin	2
			dichlorvos	2
21	<i>S. siamkayai</i>	2	cypermethrin	2
			abamectin	2
28	<i>S. siamkayai</i>	2	acetamiprid	1
			abamectin	2
35	<i>S. siamkayai</i>	2	fipronil	1
			acetamiprid	1
Total		13		19

^{1/} - no application

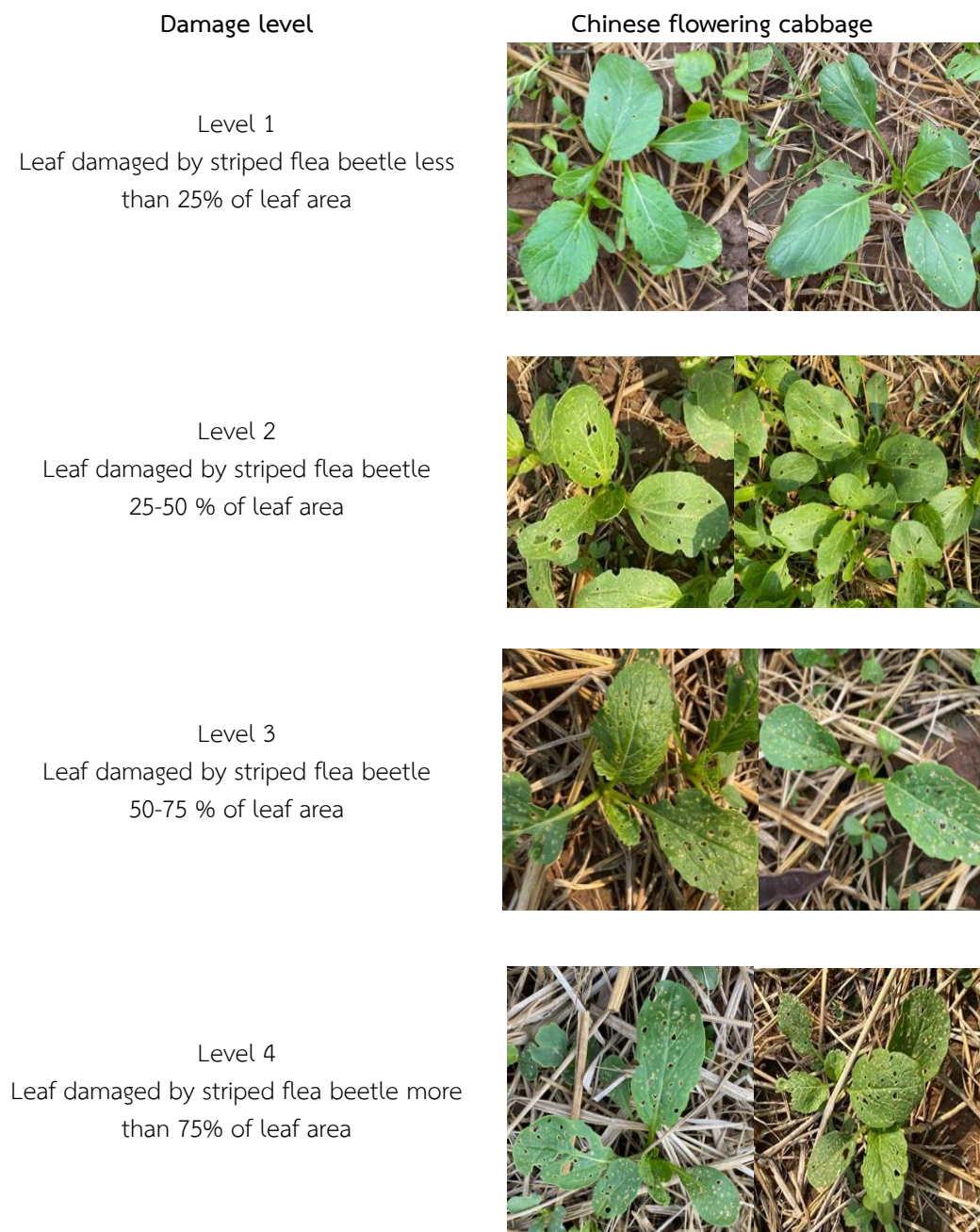


Figure 1 The leaf damage level of Chinese flowering cabbage

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การงอกของเมล็ด

การงอกของเมล็ดกวางตุ้งในแปลงชีวภัณฑ์ มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P < 0.05$) ซึ่งมากกว่าแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช) (Table 2) เนื่องจากในแปลงชีวภัณฑ์นั้นมีการใช้ชีวภัณฑ์ก่อนปลูกพืชในช่วงไถเตรียมแปลง ในขณะที่ไม่มีการจัดการใดๆในแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งการจัดการแปลงก่อนปลูกจะสามารถช่วยลดจำนวนประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงหมัดผักและแมลงในดินได้ดี (นุชนารถ, 2558; Kim, 2020) เนื่องจากระยะตัวหนอนด้วงหมัดผักอาศัยอยู่ในดิน และกัดกินในส่วนของเมล็ดและรากของต้นกล้า ส่งผลให้พบจำนวนต้นกล้าของกวางตุ้งในแปลงชีวภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 25.82 ต้น/ตร.ม. ซึ่งมากกว่าเท่าตัวเมื่อเทียบกับแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ที่มีค่าเพียง 12.86 ต้น/ตร.ม. ผลการทดสอบนี้ให้ผล

คล้ายคลึงกับ Reddy et al. (2014) ที่ทำการรดเชื้อราปฏิภักซ์เพื่อกำจัดหนอนตัวหมัดผัก จำนวน 2 ครั้ง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเสียหายลดต่ำถึง 10% เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่มีการจัดการใดๆ ที่พบว่าสูงกว่า 25% ซึ่งกรรมวิธีพ่นไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงให้ค่าความเสียหายอยู่ที่ประมาณ 10-12.5% ซึ่งหนึ่งในเหตุผลที่ช่วยให้เชื้อราเขียวและไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงประสบความสำเร็จในการควบคุมระยะนี้คือ ความเฉพาะเจาะจงต่อแมลงอาศัย การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของแมลงอาศัย การเคลื่อนที่ของตัวอ่อน หรือสารเคมีที่รากพืชผลิตเพื่อกระตุ้นให้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงเคลื่อนที่เข้าหา (Grewal et al., 1993; Turlings et al., 2012; Reddy et al., 2014; Lewis et al., 2015)

Table 2 The germination rate of Chinese flowering cabbage at 7 days after planting

Treatment	Germination rate (plant/m ²) ^{1/}
Bio-products plot	25.82±5.43a
Insecticide plot (farmer's practice)	12.86±2.61b
T-test	*

^{1/} Means with the different lower-case letters in the same column indicate significant difference (P<0.05; student's t-test)

จำนวนตัวหมัดผักบนต้นกวางตุ้งและบนกั๊กกวางเหนียว

การสำรวจประชากรตัวหมัดผักบนต้นและกั๊กกวางเหนียว ในสภาพแปลงกวางตุ้งของทั้ง 2 กรรมวิธี แสดงให้เห็นว่า เมื่อพืชอายุ 14 วัน พืชเริ่มเข้าสู่ความเสียหายระดับ 1 โดยประชากรตัวหมัดผักบนต้นที่นับได้จากแปลงชีวภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 0.40-0.52 ตัว/ต้น และประชากรที่เก็บจากกั๊กกวางเหนียวมีค่า 31.39-71.79 ตัว/กั๊กกวาง ขณะนี้แปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกร แสดงค่าประชากรตัวหมัดผักบนต้นพืชสูงถึง 0.9-1.35 ตัว/ต้น และประชากรบนกั๊กกวางเหนียวมีค่า 56.21-89.64 ตัว/กั๊กกวาง โดยกวางตุ้งทั้ง 2 แปลง แสดงความเสียหายที่ระดับ 1 นานถึง 7 วัน และพัฒนาเข้าสู่ความเสียหายระดับที่ 2 โดยพบประชากรตัวหมัดผักบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวในแปลงชีวภัณฑ์ ลดต่ำลงอยู่ที่ 0.25-0.34 ตัว/ต้น และ 17.17-29.12 ตัว/กั๊กกวาง ซึ่งที่ระดับความเสียหายนี้มีระยะเวลานานถึง 11 วัน หลังจากนั้นประชากรตัวหมัดผักบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวเริ่มลดลงเหลือเพียง 0.23-0.26 ตัว/ต้น และ 22.08 ตัว/กั๊กกวาง ในระยะการเจริญเติบโตนี้ใบของกวางตุ้งจะขยายใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ระดับความเสียหายลดลง จากระดับ 2 เหลือเพียงระดับ 1 เท่านั้น โดยที่ต้นพืชแสดงความเสียหายที่ระดับ 1 จนกระทั่งเก็บเกี่ยว (42 วันหลังปลูก) เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ความเสียหายเพิ่มขึ้นเป็นระดับ 2 พบประชากรตัวหมัดผักบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวที่ 0.95-1.64 ตัว/ต้น และ 29.77 ตัว/กั๊กกวาง หลังจากนั้น 7 วัน ความเสียหายเพิ่มต่อเนื่องเป็นระดับที่ 3 โดยพบประชากรทั้งบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวอยู่ที่ 0.92 ตัว/ต้น และ 30.80 ตัว/กั๊กกวาง ถึงแม้ประชากรของตัวหมัดผักทั้งบนต้นพืชและกั๊กกวางเหนียวจะคงที่ แต่เนื่องจากช่วงเวลาที่ใบพืชแสดงความเสียหายระดับ 2 พบประชากรตัวหมัดผักมากกว่า 1 ตัว/ต้น (เกินระดับเศรษฐกิจที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้มีการป้องกันกำจัด) ส่งผลให้กวางตุ้งได้รับความเสียหายมากจนไปถึงระดับที่ 3 แต่เมื่อพืชเริ่มเจริญเติบโตและใบพืชเริ่มขยายใหญ่ ส่งผลให้ระดับความเสียหายลดลง เหลือเพียงระดับ 2 จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยพบประชากรตัวหมัดผักบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวในช่วงปลายฤดูการอยู่ที่ 0.51 ตัว/ต้น และ 29.35 ตัว/กั๊กกวาง (Figure 2) งานวิจัยของ Yan et al. (2018) สนับสนุนการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในแปลงเกษตรกรเพื่อควบคุมตัวหมัดผัก โดยแต่ละชนิดของไส้เดือนฝอยควรมีอัตราพ่นที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น *Heterorhabditis bacteriophora* 212-2 ควรพ่นที่อัตรา 1.5×10⁹ ตัว/ 6.25 ไร่ หรือ *S. pakistanense* 94-1 ควรพ่นที่อัตรา 4.5×10⁹ ตัว/ 6.25 ไร่ ซึ่งวัยของตัวหมัดผักก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยร่วม กล่าวคือตัวหนอน วัย 3 และดักแด้ มีความอ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยมากกว่าตัวหนอนวัย 1-2 (Xu et al., 2010) ตลอดระยะการสำรวจประชากรตัวหมัดผัก พบว่าอุณหภูมิบรรยากาศอยู่ระหว่าง 29-35.6 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 51-79% (Figure 3) เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของประชากรแมลงในทั้งสองกรรมวิธี พบว่าประชากรตัวหมัดผักบนกวางตุ้งในแปลงพ่นสารชีวภัณฑ์ลดลงได้สูงถึง 66% เมื่อเทียบกับแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Yan et al. (2013) ที่มีการใช้ไส้เดือนฝอยควบคุมตัวหมัดผักในกะหล่ำปลีที่พบว่าหลังพ่น 14 วัน ตัวหมัดผักมีแนวโน้มที่ลดลงสูงถึง 60% ในขณะที่แปลงควบคุมไม่มีการลดลงของตัวหมัดผักเลย

ค่าสหสัมพันธ์ (r) ของประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืช กับปัจจัยทางกายภาพ คือ อุณหภูมิ และความชื้น และประชากรด้วงหมัดผักบนกับดักกาเหมา พบว่า ประชากรด้วงหมัดผักบนกวางตุ้งมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิ และมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความชื้นและประชากรด้วงหมัดผักบนกับดักกาเหมา ซึ่งความสัมพันธ์ในเชิงบวกของประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชกับประชากรด้วงหมัดผักบนกับดัก แสดงให้เห็นว่า เมื่อประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชมาก ประชากรด้วงหมัดผักบนกับดักกาเหมาจะสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อความสะดวกของเกษตรกรในการสำรวจประชากรด้วงหมัดผักในแปลง เกษตรกรสามารถใช้กับดักกาเหมาเป็นตัวแทนในการสำรวจประชากรด้วงหมัดผักแทนการนับประชากรด้วงหมัดผักบนต้นได้ อีกทั้งยังช่วยลดความเสียหายจากการสัมผัสพืชในการสำรวจหาด้วงหมัดผัก (Table 3)

ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดแมลงของกวางตุ้งมีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองแปลง (Table 4) จากการคำนวณต้นทุนและรายได้ที่ได้จากแปลงปลูกกวางตุ้งขนาด 22.5 ตรม. พบว่าแปลงใช้สารป้องกันกำจัดแมลง (วิธีปฏิบัติของเกษตรกร) มีต้นทุนค่าใช้จ่ายของสารป้องกันกำจัดแมลงสูงถึง 2,680 บาท ขณะที่แปลงพ่นสารชีวภัณฑ์มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการใช้สารชีวภัณฑ์ (*M. anisopliae* และ *S. siamkayai*) เพียง 458 บาท ผลผลิตที่ขายในกรรมวิธีใช้สารชีวภัณฑ์ยังได้ราคาต่อกิโลกรัมที่สูงกว่า โดยสามารถขายได้กิโลกรัมละ 30 บาท เมื่อเทียบกับกวางตุ้งที่ใช้สารป้องกันกำจัดแมลงที่ขายได้ 17 บาทต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ผลผลิตผักกวางตุ้งที่ได้จากแปลงพ่นสารป้องกันกำจัดแมลง (55 กิโลกรัม) ยังน้อยกว่าแปลงพ่นสารชีวภัณฑ์ (80 กิโลกรัม) จึงส่งผลให้แปลงชีวภัณฑ์มีรายได้จากการขายอยู่ที่ 2,400 บาท และแปลงที่ใช้สารป้องกันกำจัดแมลงอยู่ที่ 935 บาท และสุทธิการปลูกผักกวางตุ้งของแปลงสารชีวภัณฑ์ก่อให้เกิดกำไรเท่ากับ 1,042 บาท คิดเป็นค่าผลประโยชน์ต่อค่าการลงทุน (B/C ratio) 1.77 เท่า ขณะที่แปลงพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงเกิดการขาดทุนเป็นเงิน -2,665 บาท คิดเป็นค่าผลประโยชน์ต่อค่าการลงทุน 0.26 เท่า นุชนารถ และสาโรจน์ (2547) คำนวณต้นทุนใส่เดือนฝอยในการควบคุมด้วงหมัดผักในพืชตระกูลกะหล่ำ พบว่า ผลผลิตจากแปลงที่ใช้ใส่เดือนฝอยสามารถขายได้ในราคาที่สูงกว่าแปลงที่มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชถึง 2 เท่า และให้ผลตอบแทนสูงกว่าการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชถึง 105.22 บาท ซึ่ง วิไลวรรณ และคณะ (2556) รายงานผลผลิตที่ได้จากแปลงที่ใช้ใส่เดือนฝอยควบคุมด้วงหมัดผักว่ามากกว่าแปลงใช้สารเคมีถึง 500 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้มีรายได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จะเห็นว่าแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกรและแปลงสารชีวภัณฑ์จะมีค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่อู่ที่การป้องกันกำจัดแมลง โดยในแปลงวิธีปฏิบัติของเกษตรกรมีการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงหลากหลายกลุ่ม ทำให้มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงและผลตอบแทนจากการลงทุนต่ำ ส่วนในแปลงสารชีวภัณฑ์จำเป็นต้องมีการใช้ชีวภัณฑ์ในปริมาณมาก เนื่องจากแปลงเกษตรกรเป็นแปลงที่มีการระบาดของอย่างรุนแรงและต่อเนื่องหลายปี พร้อมทั้งปลูกพืชชนิดเดียวกันติดต่อกันเป็นเวลานาน ยิ่งส่งผลทำให้มีการระบาดของแมลงมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของการใช้ชีวภัณฑ์สูงตามไปด้วย ซึ่งหากเกษตรกรมีรูปแบบการปลูกที่แตกต่างกันออกไป (ปลูกพืชหมุนเวียน) ทางผู้วิจัยคาดว่าจะมีการใช้ชีวภัณฑ์น้อยลง ส่งผลให้ผลตอบแทนจากการลงทุนสูงขึ้นกว่าที่ได้ (Table 4)

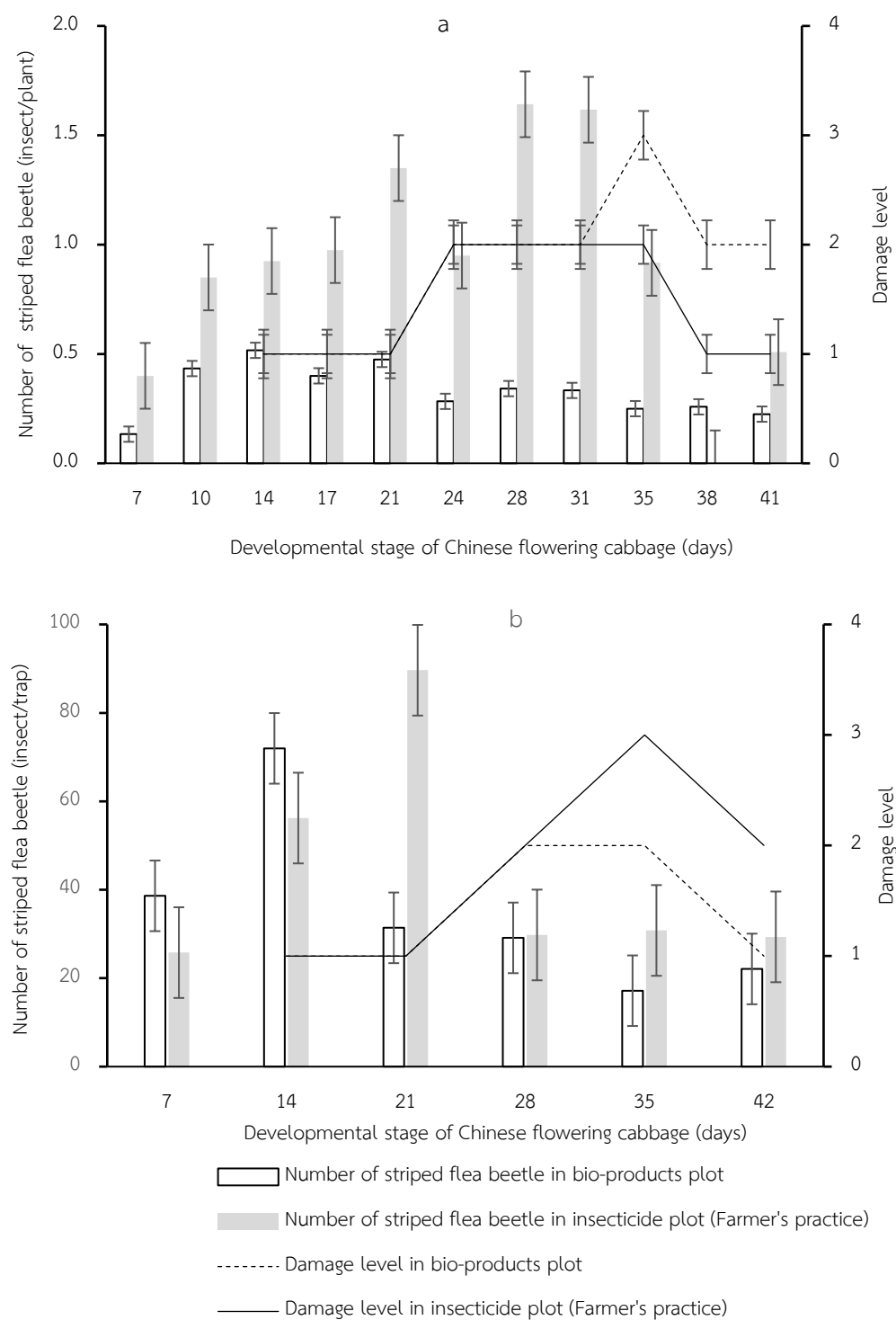


Figure 2 Number of striped flea beetle and damage level in Chinese flowering cabbage: (a) direct count on plant (b) yellow sticky trap

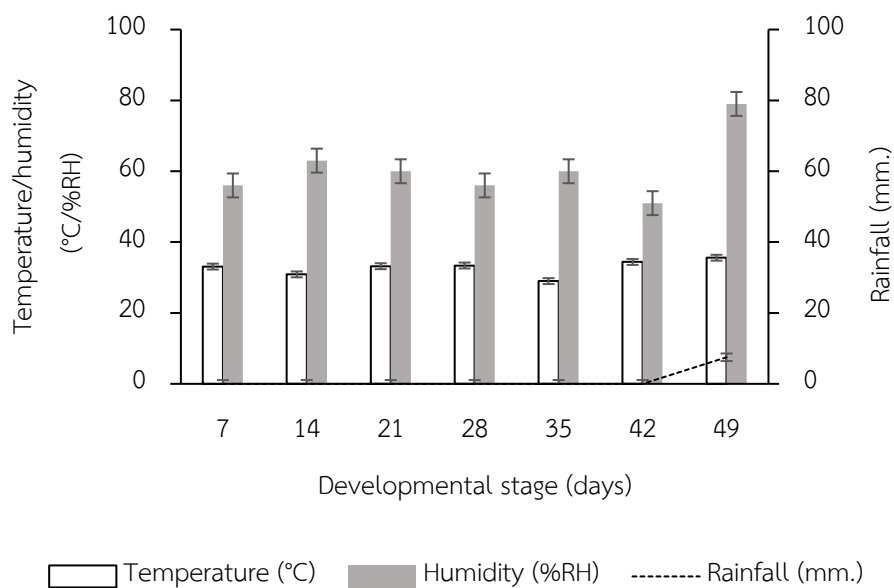


Figure 3 Temperature, humidity and rainfall collected in farmer fields in Khon Kaen province

Table 3 Correlation (r) between population of striped flea beetle with abiotic factors and population of striped flea beetle from yellow sticky trap

Population of striped flea beetle on plant	Correlation (r)
Temperature	-0.06
Humidity	0.45
Population of striped flea beetle on yellow sticky trap	0.60

Table 4 Comparison of Benefit-Cost Ratio between bio-products and insecticide plots

Cost of Production	Treatment 1 Bio-products (Baht)	Treatment 2 Insecticide (Baht)
Seeds	150	150
Manure	30	30
Chemical fertilizer	100	120
Plow	100	100
Sticky trap (10 Baht per trap)	420	420
Weeding	100	100
<i>Metarhizium anisopliae</i>	128	0
<i>Steinernema siamkayai</i>	330	0
Insecticide	0	2,680
Total cost (C)	1,358	3,600
Selling price (Baht/Kilograms)	30	17
Product (Kilograms)	80	55
Benefit (B)	2,400	935
Net profit (loss)	1,042	-2,665
Benefit - Cost Ratio (B/C) (time)	1.77	0.26

สรุปและข้อเสนอแนะ

การใช้เชื้อราเขียวร่วมกับไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงสามารถลดจำนวนประชากรของด้วงหมัดผักได้ตั้งแต่ระยะก่อนปลูกที่ส่งผลต่อการงอกของเมล็ดและเจริญเป็นต้นอ่อน ด้วยวิธีการพ่นลงดินก่อนปลูก อย่างน้อย 2 ครั้งห่างกันหนึ่งสัปดาห์จะช่วยลดประชากรตัวหนอนด้วงหมัดผักได้ และเมื่อพืชเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตการพ่นไส้เดือนฝอย 2 ครั้ง/สัปดาห์อย่างต่อเนื่อง จะช่วยลดประชากรด้วงหมัดผักให้ต่ำกว่าแปลงที่ใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และการใช้กับดักนอกจากจะช่วยในการสุ่มสำรวจประชากรศัตรูพืชแทนการนับบนต้นได้แล้ว ยังเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการกำจัดตัวเต็มด้วงหมัดผักได้ดีอีกด้วย การป้องกันกำจัดประชากรด้วงหมัดผักในพื้นที่ที่มีการระบาดของรุนแรงต่อเนื่องทุกปีมีความจำเป็นต้องใช้ชีวภัณฑ์หลากหลายชนิดและต่อเนื่องตลอดฤดูกาลปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณเป็นไปตามแผนการปลูก จากการดำเนินงานครั้งนี้ พบว่าผู้ปลูกได้กำไรจากการขายเพียงกิโลกรัมละ 2 บาทต่อพื้นที่ 22.5 ตรม. เท่านั้น ดังนั้นหากเกษตรกรมีความจำเป็นปลูกในพื้นที่ที่มีการระบาดเช่นนี้อาจหลีกเลี่ยงไม่ได้เกษตรกรควรมีโรงเรือนปลูกที่มีมิดชิดหรือเพิ่มราคาจำหน่ายให้สูงขึ้นเพื่อให้ได้กำไรต่อหน่วยเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากต้นทุนปัจจัยการผลิตนั้นค่อนข้างสูง

คำขอบคุณ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนวิจัย และกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักบ้านโนนเขวา ตำบลดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เป็นอย่างสูงที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2562. ข้อมูลการผลิตข้าว พืชไร่ พืชผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ สมุนไพรและเครื่องเทศ รายตำบลทั่วประเทศ ในปี 2562. แหล่งข้อมูล: จาก<http://theos.gistda.or.th/tr/dataset/doae0001/resource/ea74928c-84d7-4685-9f4d-4abaff487988>. ค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2564.

- กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูศัตรูพืชปี 2553. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัย พัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.
- กลุ่มบริหารศัตรูพืช และ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชกรมวิชาการเกษตร. 2554. แมลงศัตรูผัก เห็ด และไม้ดอก. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด: นนทบุรี.
- เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2562. ผลการสุ่มตรวจสารพิษตกค้างในผักผลไม้ปี 2562. แหล่งข้อมูล: <https://thaipublica.org/2019/06/thai-pan-26-6-2562/> ค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2564.
- นาวิน สุขเลิศ, จิราพร กุลสาริน, ไสว บรูณพานิช และวีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2559. ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในเบบ้องเต้านพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร. 32(2): 171-180.
- นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2558. การผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงศัตรูพืชแบบทำใช้เอง. กรุงเทพฯ:สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ, กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด และ สารโจน์ ประชาศรีสรเดช. 2547. การใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงสายพันธุ์ไทยกำจัดแมลงศัตรูผักคะน้า. วารสารวิชาการเกษตร. 22(2): 145-156.
- วิไลวรรณ เวชยันต์, สาทิพย์ มาลี, อิศเรศ เทียนทัต และ สมชัย สุวงศ์ศักดิ์ศรี. 2556. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการควบคุมด้วงหมัดผักในคะน้า. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ ควบคุมเพื่อการค้า. แหล่งข้อมูล: <http://oaezone.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH> ค้นเมื่อ 6 สิงหาคม 2564.
- เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์, อิศเรศ เทียนทัต และวิไลวรรณ เวชยันต์. 2556. การทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม; *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin เพื่อป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก; *Phyllotreta sinuata* (Stephens). หน้า 693-703. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Fleming, R., and A. Retnakaran. 1985. Evaluating single treatment data using Abbott's formula with reference to insecticide. Journal of Economic Entomology. 78(6): 1179-1181.
- Grewal, P.S., R. Gaugler, and E.E. Lewis. 1993. Host recognition behavior by entomopathogenic nematodes during contact with insect gut contents. The Journal of Parasitology. 79(4): 495-503.
- Kim, S., J.C. Kim, S.J. Lee, M.R. Lee, S.E. Park, D. Li, S. Baek, and T.Y. Shin. 2020. Soil application of *Metarhizium anisopliae* JEF-314 granules to control, flower chafer beetle, *Protaetia brevitarsis* Seulensis. Mycobiology. 48(2): 139- 147.
- Lewis, E.E., S. Hazir, A. Hodson, and B. Gulcu. 2015. Nematode pathogenesis of insects and other pests. Springer International Publishing, Switzerland.
- Reddy, G.V., P.K. Tangtrakulwanich, S. Wu, J. H. Miller, V. L. Ophus, and J. Prewett. 2014. Sustainable management tactics for control of *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera, Chrysomelidae) on canola in Montana. Journal of Economic Entomology. 107: 661-666.
- Statistix 10 software. 2018. An analytical software of statistix 10. Tallahassee: Analytical Software.
- Turlings, C.J., I. Hiltbold, and S. Rasmann. 2012. The importance of root-produced volatiles as foraging cues for entomopathogenic nematodes. Plant and Soil. 358: 51-60.
- Visalakshi, M., B. Bhavani, and S. G. Rao. 2015. Field evaluation of entomopathogenic fungi against white grub, *Holotrichia consanguinea* Blanch in sugarcane. Journal of Biological Control. 29(2): 103-106.
- White. 1927. A method for obtaining infective nematode larva from cultures. Science. 66: 302-303.

- Xu, C., P.D. Clercq, M. Moens, S. Chen, and R. Han. 2010. Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the striped flea beetle, *Phyllotreta striolata*. *BioControl*. 55: 789–797.
- Yan, X., Y. Lin, Z. Huang, and R. Han. 2018. Characterisation of biological and biocontrol traits of entomopathogenic nematodes promising for control of striped flea beetle (*Phyllotreta striolata*). *Journal of Nematology*. 20(6): 503–518.
- Yan, X., R. Han, and M. Moens. 2013. Field evaluation of entomopathogenic nematodes for biological control of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelide). *Journal of Biological Control*. 58: 247-256.