

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, นุชรีร์ย 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

² 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 ตำบลดอนหัน อำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น ดำเนินการทดสอบในฤดูหนาวซึ่งเป็นช่วงที่มีการระบาดรุนแรง ตั้งแต่เดือน มกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2563 วางแผนการทดลองแบบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม (Two-sample t-test) จำนวน 2 กรรมวิธีฯละ 3 ซ้ำ ได้แก่ แปลงชีวภัณฑ์ (เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* และไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง *Steinernema siamkaya*) และแปลงวิถีปฏิบัติเกษตรกร (สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีพ่นชีวภัณฑ์ก่อนปลูกช่วยส่งเสริมให้เกิดการงอกของเมล็ดได้ดีมีค่าเท่ากับ 25.82 ต้น/ตารางเมตร เมื่อเทียบกับแปลงวิถีปฏิบัติของเกษตรกร ที่มีค่าเพียง 12.86 ต้น/ตารางเมตร ขณะที่จำนวนประชากรด้วงหมัดผักที่ได้จากการนับโดยตรงจากต้นและกับดักกาวเหนียวและความเสียหายของใบพืชให้ค่าที่สอดคล้องในทิศทางเดียวกัน แปลงชีวภัณฑ์แสดงค่าเฉลี่ยของประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชและบนกับดักกาวเหนียวอยู่ที่ 0.33 ตัว/ต้น และ 35.06 ตัว/กับดัก และความเสียหายของใบพืชอยู่ที่ระดับ 1 เมื่อเทียบกับแปลงวิถีปฏิบัติของเกษตรกรที่มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 0.92 ตัว/ต้น และ 43.59 ตัว/กับดัก และความเสียหายของใบพืชอยู่ที่ระดับ 2 ซึ่งค่าการลดลงของประชากรด้วงหมัดผักในแปลงพ่นชีวภัณฑ์เปรียบเทียบกับแปลงพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชอยู่ที่ 66% อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) ของแปลงพ่นชีวภัณฑ์แสดงค่าอยู่ที่ 1.77 ขณะที่แปลงวิถีปฏิบัติเกษตรกรที่ให้ค่าเพียง 0.26 ซึ่งผลตอบแทนที่ได้รับของแปลงวิถีปฏิบัติเกษตรกรมีค่าน้อยกว่าต้นทุนการผลิต

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

Received: date; August 9, 2021 Accepted: date; November 24, 2021 Published: date; April 1, 2022

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 anisoplaie* 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 และซีรวมถึงสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ส่งผลให้พื้นที่ปลูกในปี พ.ศ. 2562 ครอบคลุมมากกว่า 50 จังหวัดทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ หรือประมาณ 27,893.25 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) ถึงแม้ว่าพื้นที่ปลูกผักชนิดนี้จะเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปีเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากปี 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 ที่รายงานปริมาณและมูลค่าว่าสูงถึง 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 ในระยะหอนอาศัยในดินกัดกินในส่วนของเมล็ด รากหรือโคนต้น ส่งผลให้เมล็ดไม่สามารถงอกได้หรือต้นที่งอกได้ก็จะมีอาการเหี่ยวเฉา ชะงักการเจริญเติบโต และยืนต้นตายในที่สุด ขณะที่ตัวเต็มวัยกัดผิวด้านล่างของใบทำให้เกิดรูพรุน และอาจกัดกินผิวลำต้นได้อีกด้วย (กลุ่มบริหารศัตรูพืช และ กลุ่มกีฏและสัตววิทยาสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 2554) วิธีการป้องกันกำจัดที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ คือ การใช้สารป้องกันกำจัดแมลงโดยวิธีพ่นทางใบซึ่งจะสามารถกำจัดได้แต่เพียงระยะตัวเต็มวัยเท่านั้น ขณะที่ระยะตัวหอนที่อาศัยอยู่ในดินนั้นไม่มีการป้องกันกำจัดใดๆเลยทำให้ตัวหอนยังมีชีวิตรอดและสามารถสร้างความเสียหายได้อย่างต่อเนื่องและสามารถพัฒนากลับมาเป็นตัวเต็มวัยรื้อนกัดใบได้ นอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมการใช้สารป้องกันกำจัดที่ผิดวิธี (ผสมสารมากกว่าสองชนิด หรือใช้เกินอัตราแนะนำบนฉลาก) และต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานนั้นยังส่งผลให้แมลงสร้างความต้านทาน (กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 2553) และเกิดการตกค้างของสารพิษในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (2562) รายงานผลการตรวจสอบสารป้องกันกำจัดแมลงตกค้างที่เกินค่ามาตรฐานกำหนดไว้ โดยพบว่ากวางตุ้งเป็นผักที่พบสารพิษตกค้างสูงเป็นอันดับ 1 จากผักที่นิยมบริโภคทั้งหมด 15 ชนิด ดังนั้นแนวทางในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักโดยชีววิธีไม่เพียงแต่จะไม่ทำให้แมลงสร้างความต้านทานได้แล้ว ผลผลิตยังมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและเพิ่มมูลค่าได้อีกทาง จากรายงานการใช้ชีวภัณฑ์หลากหลายชนิดเพื่อควบคุมด้วงหมัดผัก พบว่าเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม *Metarhizium anisoplaie* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) นั้นค่อนข้างมีประสิทธิภาพสูงโดยสามารถทำให้ด้วงหมัดผักในระยะตัวเต็มวัยติดเชื้อได้สูงกว่าร้อยละ 90 และมีแนวโน้มของปริมาณประชากรลดลงต่ำกว่า 1 ตัว/ต้น หากทำการพ่นติดต่อกันทุกสัปดาห์ นาน 8 สัปดาห์ (เสาวนิตย์ และคณะ, 2556; นาวิณ 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. พบว่าหลังพ่นด้วงหมัดฝักมีปริมาณลดลง 57.63% และน้ำหนักผลผลิตไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองกรรมวิธี แต่ผลผลิตที่ได้จากกรรมวิธีที่พ่นไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงสามารถนำไปจำหน่ายได้ในราคาที่สูงกว่าการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงถึง 2 เท่า (นุชนารถ และ สาโรจน์, 2547) จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่มุ่งเน้นการป้องกันกำจัดในระยะตัวเต็มวัยเท่านั้นและยังไม่มีรายงานการผสมผสานการใช้ชีวภัณฑ์ในสภาพไรในพื้นที่ที่มีการระบาดของด้วงหมัดฝักอย่างรุนแรง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมร่วมกับไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในการควบคุมด้วงหมัดฝักทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในวางตั้งในสภาพแปลงเกษตรกร บ้านโนนเขวา ตำบลดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

วิธีการศึกษา

แปลงทดสอบ

คัดเลือกแปลงเกษตรกรผู้ปลูกฝัก บ้านโนนเขวา 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) โดยพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ที่มีการระบาดของด้วงหมัดฝักอย่างรุนแรงและต่อเนื่องในทุกปี ดำเนินงานวิจัยในฤดูหนาว (ซึ่งเป็นช่วงที่สำรวจพบการระบาดมากที่สุด) ระหว่างเดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ. 2563 (ระยะเวลา 3 เดือน) ปลูกวางตั้งสายพันธุ์ 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) ย้ายหัวเชื้อราน้ำหนัก 10 กรัม/ถุง ภายในตู้เชื้อเชื้อ (ยี่ห้อ Haier รุ่น HR1200-IIA2 ผลิตโดยประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน) ปิดปากถุง และคลุกหัวเชื้อให้กระจายทั่วทั้งถุง นำถุงเพาะเชื้อไปบ่มในห้องมีควบคุมอุณหภูมิ 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) ตรวจสอบปริมาณสปอร์ต่อปริมาตรด้วย haemocytometer ปรับความเข้มข้นของสารแขวนลอยสปอร์ตามแผนงานที่ตั้งไว้

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

นำไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงมาเพิ่มจำนวนบนหนอนกินรังผึ้ง (In vivo) เริ่มจากนำกระดาศกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. วางในจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. บรรจุหนอนกินรังผึ้ง จำนวน 10 ตัว/จานอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วจึงหยดไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลง จำนวน 1,000 ตัว (ไส้เดือนฝอย 100 ตัว/หนอน 1 ตัว) ปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยพาราฟิล์ม นำไปบ่มในห้องมืดควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 °C เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน ย้ายชากหนอนกินรังผึ้งที่ถูกไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงเข้าทำลายไปวางไว้บนกระดาศกรองชุ่มน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 ซม. ที่วางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. แล้วจึงนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปวางซ้อนในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ที่มีการหล่อน้ำด้านล่าง เรียกวิธีการแยกไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงออกจากชากแมลงนี้ว่า White trap (White, 1927) นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อย้ายไปบ่มต่อในห้องมืดควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ตัวอ่อนไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงระยะเข้าทำลายวัย 3 เคลื่อนที่ออกจากชากหนอนลงสู่ น้ำ น้ำที่มีไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงล้างในน้ำกลั่นแล้วจึงกรองด้วยตะแกรงกรองความถี่ 30 ไมครอน นำไส้เดือนฝอยที่ได้ไปใช้ในแปลงทดสอบ

การใช้ชีวภัณฑ์เชื้อราเขียวเมตาไรเซียร่วมกับไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงใน การควบคุมด้วงหมัดผัก

แปลงเกษตรกรจำนวน 6 ราย ถูกแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ไร่ (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 กบดัก/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/ไร่ 2) ประเมินความเสียหายของใบพืช เมื่อพืชอายุ 14 วัน (เนื่องจากใบพืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่) ดำเนินการสุ่มนับความเสียหาย จำนวน 20 จุดสำรวจ/ไร่ 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/ไร่ และบนกบดักกาวเหนียว จำนวน 7 กบดัก/ไร่ สัปดาห์ละครั้ง ตลอดฤดูปลูก 4) บันทึกปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น จำนวน 2 ครั้ง/สัปดาห์ ตลอดฤดูปลูก 5) บันทึกต้นทุนการจัดการแปลงทั้งหมดของเกษตรกรทั้ง 2 กรรมวิธี อาทิเช่น ค่าไถแปลง ค่าปุ๋ย ชีวภัณฑ์ในการจัดการศัตรูพืช สารเคมีในการจัดการศัตรูพืช และค่ากบดักกาวเหนียว บันทึกภายใต้จากการขายผลผลิตทั้งแปลง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของกรรมวิธีด้วย Student's t-test และหาค่าสหสัมพันธ์ (correlation: r) ของประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืช กับปัจจัยทางกายภาพ และประชากรด้วงหมัดผักบนกบดักกาวเหนียว โดยใช้โปรแกรม Statistix 10 (Statistix, 2018) ต้นทุนและรายรับที่ได้จะถูกนำมาคำนวณค่าผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (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

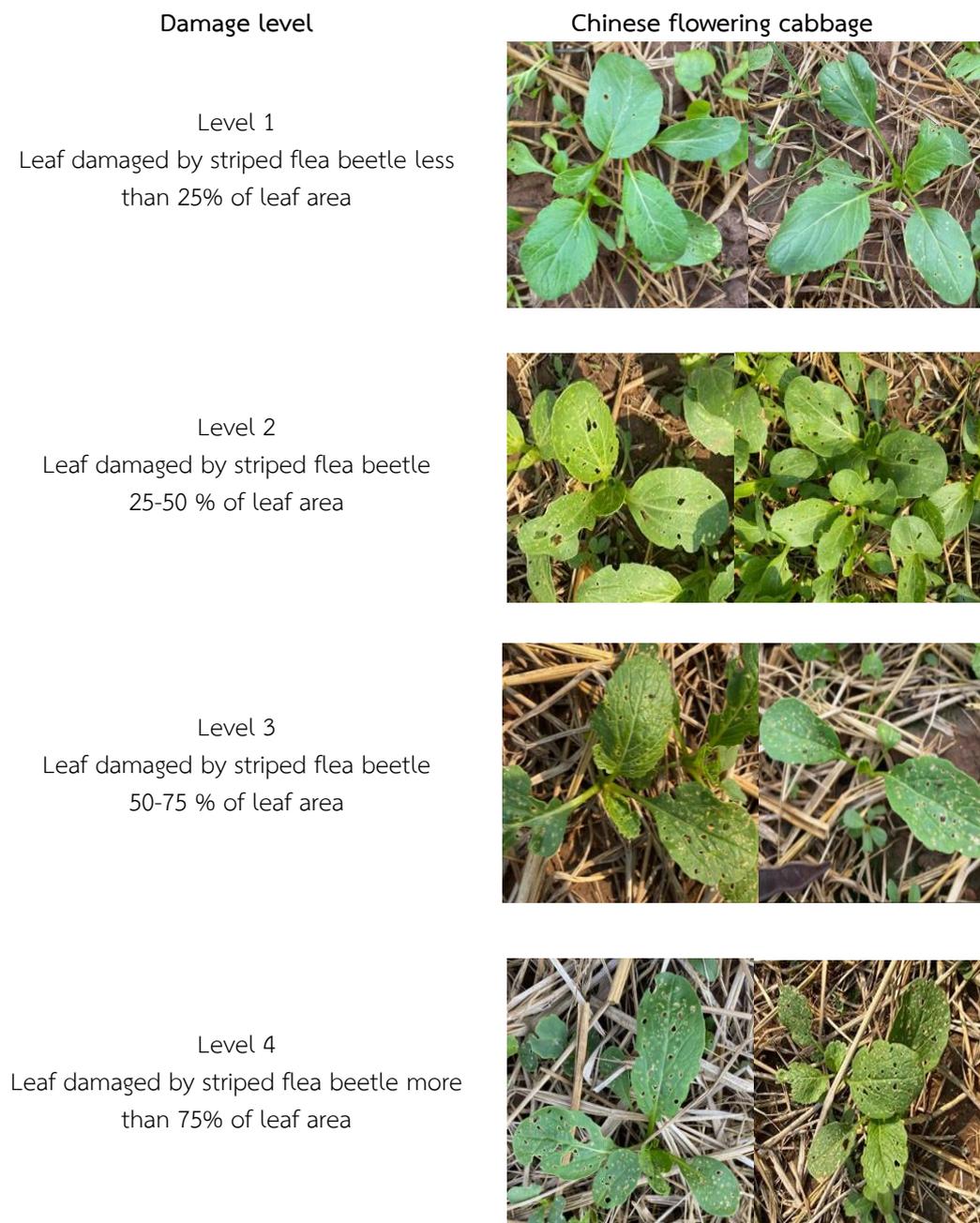


Figure 1 The leaf damage level of Chinese flowering cabbage

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การรอกของเมล็ด

การรอกของเมล็ดกวางตุ้งในแปลงชีวภัณฑ์ 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) ที่ทำการรดเชื้อราปฏิภักษ์เพื่อกำจัดหนอนด้วงหมัดผัก จำนวน 2 ครั้ง ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเสียหายลดต่ำถึง 10% เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่มีการจัดการใดๆ ที่พบว่าสูงกว่า 25% ซึ่งกรรมวิธีพ่นไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงให้ค่าความเสียหายอยู่ที่ประมาณ 10-12.5% ซึ่งหนึ่งในเหตุผลที่ช่วยให้เชื้อราเขียวและไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงประสบความสำเร็จในการควบคุมระยะนี้คือ ความเฉพาเจาะจงต่อแมลงอาศัย 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)

จำนวนด้วงหมัดผักบนต้นกวางตุ้งและบนกั๊กกวางเหนียว

การสำรวจประชากรด้วงหมัดผักบนต้นและกั๊กกวางเหนียว ในสภาพแปลงกวางตุ้งของทั้ง 2 กรรมวิธี แสดงให้เห็นว่า เมื่อพืชอายุ 14 วัน พืชเริ่มเข้าสู่ความเสียหายระดับ 1 โดยประชากรด้วงหมัดผักบนต้นที่นับได้จากแปลงชีวภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 0.40-0.52 ตัว/ต้น และประชากรที่เก็บจากกั๊กกวางเหนียวมีค่า 31.39-71.79 ตัว/กั๊กกวาง ในขณะที่แปลงวิถีปฏิบัติของเกษตรกร แสดงค่าประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชสูงถึง 0.9-1.35 ตัว/ต้น และประชากรบนกั๊กกวางเหนียวมีค่า 56.21-89.64 ตัว/กั๊กกวาง โดยกวางตุ้งทั้ง 2 แปลง แสดงความเสียหายที่ระดับ 1 นานถึง 7 วัน และพัฒนาเข้าสู่ความเสียหายระดับที่ 2 โดยพบประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวในแปลงชีวภัณฑ์ ลดต่ำลงอยู่ที่ 0.25-0.34 ตัว/ต้น และ 17.17-29.12 ตัว/กั๊กกวาง ซึ่งที่ระดับความเสียหายนี้มีระยะเวลาจนถึง 11 วัน หลังจากนั้นประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวเริ่มลดลงเหลือเพียง 0.23-0.26 ตัว/ต้น และ 22.08 ตัว/กั๊กกวาง ในระยะการเจริญเติบโตนี้ใบของกวางตุ้งจะขยายใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ระดับความเสียหายลดลง จากระดับ 2 เหลือเพียงระดับ 1 เท่านั้น โดยที่ต้นพืชแสดงความเสียหายที่ระดับ 1 จนกระทั่งเก็บเกี่ยว (42 วันหลังปลูก) เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงวิถีปฏิบัติของเกษตรกร ความเสียหายเพิ่มขึ้นเป็นระดับ 2 พบประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวที่ 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 ถึงแม้ประชากรของด้วงหมัดผักทั้งบนต้นพืชและกั๊กกวางเหนียวจะคงที่ แต่เนื่องจากช่วงเวลาที่ใบพืชแสดงความเสียหายระดับ 2 พบประชากรด้วงหมัดผักมากกว่า 1 ตัว/ต้น (เกินระดับเศรษฐกิจที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้มีการป้องกันกำจัด) ส่งผลให้กวางตุ้งได้รับความเสียหายมากจนไปถึงระดับที่ 3 แต่เมื่อพืชเริ่มเจริญเติบโตและใบพืชเริ่มขยายใหญ่ ส่งผลให้ระดับความเสียหายลดลง เหลือเพียงระดับ 2 จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยพบประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชและบนกั๊กกวางเหนียวในช่วงปลายฤดูกาลอยู่ที่ 0.51 ตัว/ต้น และ 29.35 ตัว/กั๊กกวาง (Figure 2) งานวิจัยของ Yan et al. (2018) สนับสนุนการใช้ไส้เดือนฝอยก่อโรคแก่แมลงในแปลงเกษตรกรเพื่อควบคุมด้วงหมัดผัก โดยแต่ละชนิดของไส้เดือนฝอยควรมีอัตราพ่นที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น *Heterorhabditis bacteriophora* 212-2 ควรพ่นที่อัตรา 1.5x10⁹ ตัว/ 6.25 ไร่ หรือ *S. pakistanense* 94-1 ควรพ่นที่อัตรา 4.5x10⁹ ตัว/ 6.25 ไร่ ซึ่งวัยของด้วงหมัดผักที่เป็นอีกหนึ่งปัจจัยร่วม กล่าวคือตัวหนอน วัย 3 และดักแด้ มีความอ่อนแอต่อไส้เดือนฝอยมากกว่าตัวหนอนวัย 1-2 (Xu et al., 2010) ตลอดระยะเวลาการสำรวจประชากรด้วงหมัดผัก พบว่าอุณหภูมิบรรยากาศอยู่ระหว่าง 29-35.6 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 51-79% (Figure 3) เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของประชากรแมลงในทั้งสองกรรมวิธี พบว่าประชากรด้วงหมัดผักบนกวางตุ้งในแปลงพ่นสารชีวภัณฑ์ลดลงได้สูงถึง 66% เมื่อเทียบกับแปลงวิถีปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Yan et al. (2013) ที่มีการใช้ไส้เดือนฝอยควบคุมด้วงหมัดผักในกะหล่ำปลีที่พบว่าหลังพ่น 14 วัน ด้วงหมัดผักมีแนวโน้มที่ลดลงสูงถึง 60% ในขณะที่แปลงควบคุมไม่มีการลดลงของด้วงหมัดผักเลย

ค่าสหสัมพันธ์ (r) ของประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืช กับปัจจัยทางกายภาพ คือ อุณหภูมิ และความชื้น และประชากรด้วงหมัดผักบนกับดักกาวเหนียว พบว่า ประชากรด้วงหมัดผักบนกวางตุ้งมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิ และมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความชื้นและประชากรด้วงหมัดผักบนกับดักกาวเหนียว ซึ่งความสัมพันธ์ในเชิงบวกของประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชกับประชากรด้วงหมัดผักบนกับดัก แสดงให้เห็นว่า เมื่อประชากรด้วงหมัดผักบนต้นพืชมาก ประชากรด้วงหมัดผักบนกับดักกาวเหนียวจะสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อความสะดวกของเกษตรกรในการสำรวจประชากรด้วงหมัดผักในแปลง เกษตรกรสามารถใช้กับดักกาวเหนียวเป็นตัวแทนในการสำรวจประชากรด้วงหมัดผักแทนการนับประชากรด้วงหมัดผักบนต้นได้ อีกทั้งยังช่วยลดความเสียหายจากการสัมผัสพืชในการสำรวจหาด้วงหมัดผัก (Table 3)

ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดแมลงของกวางตุ้งมีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองแปลง (Table 4) จากการค้าต้นทุนและรายได้ที่ได้จากแปลงปลูกกวางตุ้งขนาด 22.5 ตรม. พบว่าแปลงใช้สารป้องกันกำจัดแมลง (วิถีปฏิบัติของเกษตรกร) มีต้นทุนค่าใช้จ่ายของสารป้องกันกำจัดแมลงสูงถึง 2,680 บาท ขณะที่แปลงพ่นสารชีวภัณฑ์มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการใช้สารชีวภัณฑ์ (*M. anisopliae* และ *S. siamkaya*) 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 จะเห็นว่าแปลงวิถีปฏิบัติของเกษตรกรและแปลงสารชีวภัณฑ์จะมีค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่อยู่ที่การป้องกันกำจัดแมลง โดยในแปลงวิถีปฏิบัติของเกษตรกรมีการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงหลากหลายกลุ่ม ทำให้มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงและผลตอบแทนจากการลงทุนต่ำ ส่วนในแปลงสารชีวภัณฑ์จำเป็นต้องมีการใช้ชีวภัณฑ์ในปริมาณมาก เนื่องจากแปลงเกษตรกรเป็นแปลงที่มีการระบาดของรุนแรงและต่อเนื่องหลายปี พร้อมทั้งปลูกพืชชนิดเดียวกันติดต่อกันเป็นเวลานาน ยิ่งส่งผลทำให้มีการระบาดของแมลงมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของการใช้ชีวภัณฑ์สูงตามไปด้วย ซึ่งหากเกษตรกรมีรูปแบบการปลูกที่แตกต่างกันออกไป (ปลูกพืชหมุนเวียน) ทางผู้วิจัยคาดว่า จะมีการใช้ชีวภัณฑ์น้อยลง ส่งผลให้ผลตอบแทนจากการลงทุนสูงขึ้นกว่าที่ได้ (Table 4)

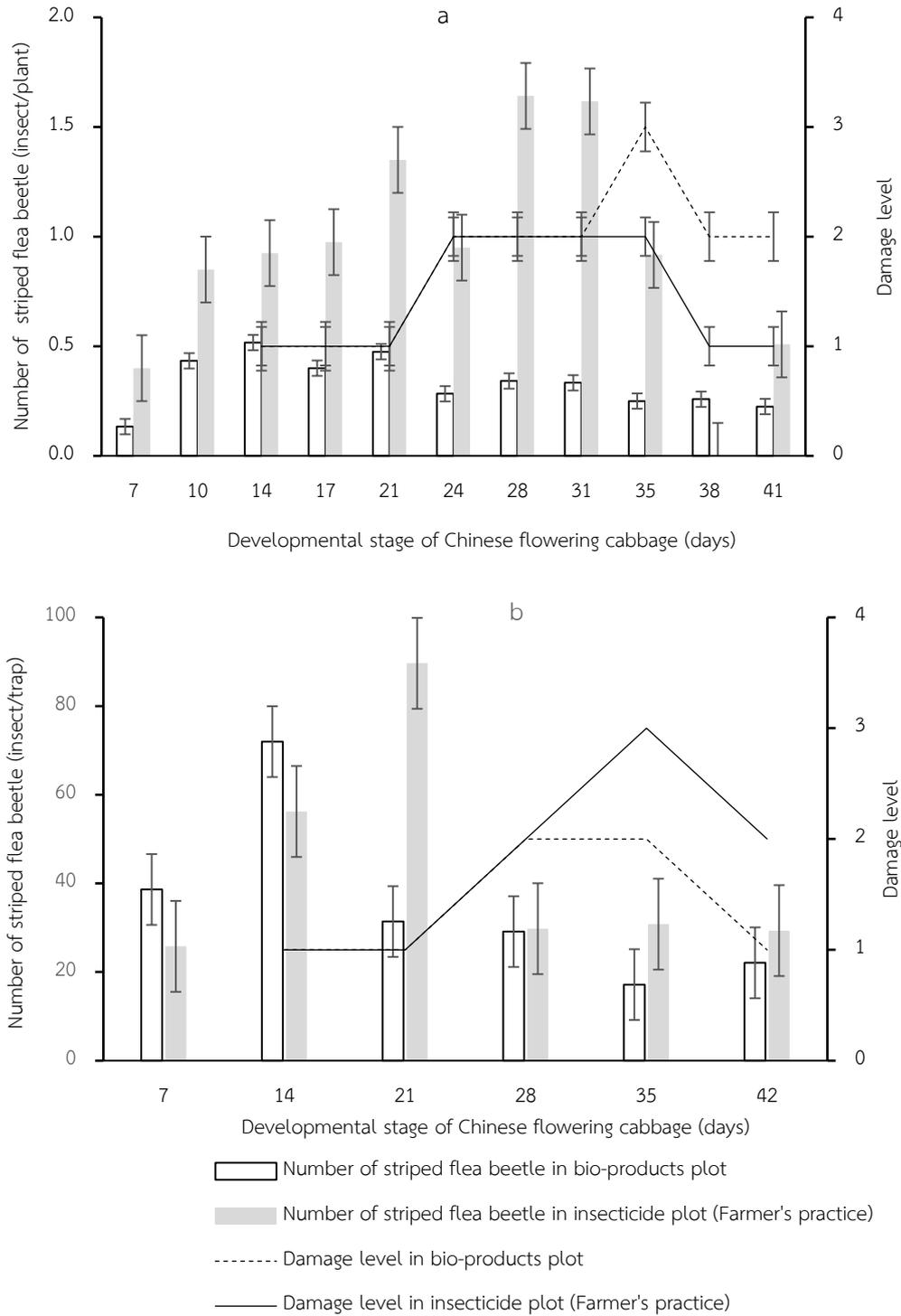


Figure 2 Number of striped flea beetle and damage level in Chinese flowering cabbage: (a) direct count on plant (b) yellow sticky trap

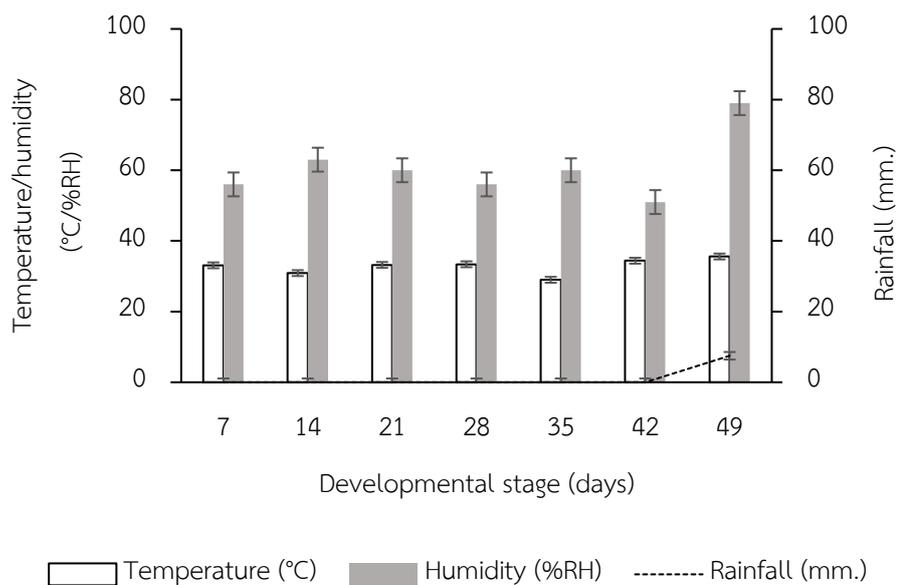


Figure 3 Temperature, humidity and rainfall collected in farmer fields in Khon Kaen province

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 (<i>r</i>)
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 ยังเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการกำจัดตัวเต็มด้วงหมัดผักได้อีกด้วย การป้องกันกำจัดประชากรด้วงหมัดผักในพื้นที่ที่มีการระบาดรุนแรงต่อเนื่องทุกปีมีความจำเป็นต้องใช้ชีวภัณฑ์หลากหลายชนิดและต่อเนื่องตลอดฤดูกาลปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณเป็นไปตามแผนการปลูก จากการดำเนินงานครั้งนี้ พบว่าผู้ปลูกได้กำไรจากการขายเพียงกิโลกรัมละ 2 บาทต่อพื้นที่ 22.5 ตรม. เท่านั้น ดังนั้นหากเกษตรกรมีความจำเป็นปลูกในพื้นที่ที่มีการระบาดเช่นนี้อาจหลีกเลี่ยงไม่ได้เกษตรกรควรมีโรงเรือนปลูกที่มิดชิดหรือเพิ่มราคาจำหน่ายให้สูงขึ้นเพื่อให้ได้กำไรต่อหน่วยเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากต้นทุนปัจจัยการผลิตนั้นค่อนข้างสูง

คำขอขอบคุณ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนวิจัย และกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักบ้านโนนเขวา ตำบลดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เป็นอย่างสูงที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการศึกษา

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 หน่อ 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 บรูณพานิพันธุ์ และวีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2559. ประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์เชื้อรากำจัดแมลงในการควบคุมด้วงหมัดผักแถบลายในเบบ็้องเต็บนพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร. 32(2): 171-180.
- นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด. 2558. การผลิตชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลงศัตรูพืชแบบทำใช้เอง. กรุงเทพฯ:สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ, กรมวิชาการเกษตร.
- นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด และ สาโรจน์ 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.