

เกษตรอินทรีย์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี
Organic Agriculture Maejo University and Biological Control

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศมาพร แสงยศ
โครงการพัฒนาศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืช
โดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ หลักสูตรอารักขาพืช
คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

สหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Federation of Organic Agriculture Movement – IFOAM) ให้คำนิยามของการเกษตรอินทรีย์ (Organic agriculture) ว่าหมายถึง “ระบบการผลิต ที่รักษาไว้ซึ่งสุขภาพของดิน ระบบนิเวศ และ ผู้คน เกษตรอินทรีย์พึ่งพาอาศัยกระบวนการทางนิเวศวิทยา ความหลากหลายทางชีวภาพ และวงจรต่างๆ ที่มีการปรับใช้กับสภาพในท้องถิ่น แทนที่จะเป็นการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีผลกระทบในทางลบ เกษตรอินทรีย์รวมไว้ด้วยกันซึ่งประเพณี นวัตกรรม และวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อมที่มีการแบ่งปันกัน และ ส่งเสริมความเกี่ยวพันกันที่เป็นธรรม และ คุณภาพชีวิตที่ดีของทุกคนที่เกี่ยวข้อง”

(Organic agriculture is a production system that sustains the health of soils, ecosystems and people. It relies on ecological processes, biodiversity and cycles adapted to local conditions, rather than the use of inputs with adverse effects. Organic agriculture combines tradition, innovation and science to benefit the shared environment and promote fair relationships and a good quality of life for all involved.)

ปัญหาของศัตรูพืชกับการทำการเกษตรอินทรีย์

ในระบบการผลิตพืชผลทางการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นพืชฤดูเดียว เช่นข้าว ข้าวโพด หรือพืชผัก พืชหลายฤดูที่มีอายุสั้น เช่น พืชไร่บางชนิด หรือ พืชที่มีอายุยาวนาน เช่น ไม้ผลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการผลิตที่มีการใช้ปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ หรือ สารเคมีสังเคราะห์กำจัดศัตรูพืช ไม่มากก็น้อยเพื่อเพิ่มผลผลิต หรือ ไม่ว่าพื้นที่การผลิต จะมีขนาดหรือขอบเขตกว้างขวางมากน้อยเท่าไร โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบในทางลบต่อสภาพแวดล้อม หรือ สุขอนามัยของมนุษย์ หรือ การผลิตพืชเหล่านั้นในระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ ที่มีสภาพทางนิเวศวิทยาที่แตกต่างหรือคล้ายคลึงกัน มากน้อยเท่าไรก็ตาม ปัญหาหนึ่งที่ผู้ผลิตจะพบอยู่เสมอ และ จำเป็นที่จะต้องแก้ไข หรือลดปัญหานั้น คือ ความเสียหายของพืชผล ที่เกิดโดยศัตรูพืชชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่ แมลงศัตรูพืช โรคพืช และ วัชพืช หรือแม้กระทั่งสัตว์บางชนิด

สำหรับการควบคุมศัตรูพืช (Pest control) นั้น โดยหลักการและความเป็นจริงแล้ว การควบคุมหรือการบริหารจัดการศัตรูพืช ที่ดีที่สุดคือ “การไม่ต้องควบคุม” (No control is the best control) ซึ่งโดยธรรมชาติในทุกระบบนิเวศ จะมี “การควบคุมตามธรรมชาติ” (Natural control) โดยปัจจัยในธรรมชาติ ที่เป็นทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ที่มีประสิทธิภาพที่อยู่แล้ว ช่วยควบคุมระดับความหนาแน่นของประชากรของศัตรูพืชต่างๆ ให้อยู่ในระดับ “สมดุลตามธรรมชาติ” (Balance of nature) มิให้ระบาดทำความเสียหายให้แก่พืชผลของเรา แต่ “เรา” หรือ มนุษย์นั้นแหละ ที่เป็นผู้ไปทำลายสมดุลดังกล่าวให้หมดไป ทำลายสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ เช่น ตัวห้ำและตัวเบียน ซึ่งเป็นศัตรูธรรมชาติของศัตรูพืช โดยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ โดยไม่ตั้งใจ หรือ โดยตั้งใจก็ตาม

โดยเช่นนี้ มนุษย์จึงมีความจำเป็น และ ต้องค้นคว้าที่จะแสวงหาวิธีการป้องกันกำจัดศัตรูพืชเหล่านั้น ที่ การควบคุมตามธรรมชาติไม่สามารถควบคุมได้แล้ว โดยใช้ “การควบคุมศัตรูพืชแบบประยุกต์” (Applied หรือ man-made pest control) ซึ่งจะมีรูปแบบต่างๆ เช่น การควบคุมโดยวิธีกล (Mechanical control) เช่น การใช้กับดักแบบต่างๆ การควบคุมโดยวิธีทางกายภาพ (Physical control) เช่น การใช้ความร้อน หรือ รังสี การควบคุมโดยวิธีเขตกรรม (Cultural control) เช่น การปลูกพืชหมุนเวียน การใช้พันธุ์พืชต้านทานโรค หรือแมลง การควบคุมวิธีทางพันธุกรรม (Genetic control) เช่น การทำให้แมลงเป็นหมัน การใช้พืชดัดแปลง พันธุกรรม หรือ พืชจีเอ็มโอต้านทานแมลง หรือ ต้านทานสารกำจัดวัชพืช การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control) เช่น การใช้แมลงตัวห้ำ และ แมลงตัวเบียน การควบคุมโดยใช้จุลินทรีย์ (Microbial control) เช่น การใช้เชื้อรา แบคทีเรีย และ ไวรัส ที่เป็นสาเหตุก่อโรคในแมลง การควบคุมโดยใช้ สารเคมี เช่น การใช้สารอินทรีย์ สารเคมีอินทรีย์ ในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนส์ ออร์กาโนฟอสเฟตส์ (organophosphates) คาร์บาเมตส์ หรือ ไพรีทรอยด์สและ การควบคุมโดยใช้กฎหมาย (Legal หรือ Regulatory control) เช่น พระราชบัญญัติกักพืช และ พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย ซึ่งในหลายกรณี เมื่อการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งไม่ได้ผลเป็นที่พอใจ ก็ต้องพิจารณานำเอาวิธีการควบคุมมากกว่าหนึ่งวิธี มาบูรณาการใช้ ร่วมกัน เพื่อควบคุมศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง เรียกว่าเป็น “การควบคุมแบบบูรณาการ” (Integrated control) ในอดีต หรือ “การบริหารจัดการศัตรูพืชแบบบูรณาการ” (Integrated pest management – IPM) ในปัจจุบัน และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับการเกษตรอินทรีย์แล้ว การควบคุมโดยชีววิธี นับว่าเป็น กลยุทธ์การควบคุมศัตรูพืชหลัก ที่จำเป็นต่อการผลิตพืชอินทรีย์ก็ว่าได้



ภาพที่ 1 ความเสียหายของผักกาดขาวจากการทำลายของด้วงหมัดในแปลงเกษตรอินทรีย์ ณ เมืองคูมาโมโตะประเทศ ญี่ปุ่น

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี หรือ การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control) หรือโดยมากมักเรียกกัน สั้นๆ ว่า ไบโคอนโทรล (Biocontrol) เป็น กลยุทธ์หนึ่งของการควบคุมศัตรูพืช (pest control strategy) ซึ่งมีการนำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืช ไรศัตรูพืช สัตว์ศัตรูพืช และ วัชพืชชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญทางการเกษตร การแพทย์ และ สาธารณสุข โดยไม่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวิธีเดี่ยวๆ หรือ ใช้

ร่วมกับวิธีอื่นๆ ก็ได้ ทั้งนี้ในแง่วิชาการ หรือศาสตร์ของการควบคุมศัตรูพืช มีการให้คำจำกัดความ หรือ คำนิยามของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ไว้หลายแง่มุม คำนิยามของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก เป็นคำนิยามของ DeBach (1964) ที่กล่าวว่า “การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี” หมายถึง

“การกระทำของตัวเบียน ตัวห้ำ หรือ เชื้อโรคต่างๆ ในการที่จะรักษาระดับความหนาแน่นของประชากรของ
ชีวิตทรีย์อีกชนิดหนึ่ง ให้อยู่ต่ำกว่าระดับโดยเฉลี่ย ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ถ้าไม่มีศัตรูธรรมชาติเหล่านั้น”

(The action of parasites, predators, or pathogens in maintaining another organism's population density at a lower average than would occur in their absence)

อนึ่งโดยพื้นฐานแล้ว **ไบโอคอนโทรล** ถือว่าเป็น “การควบคุมโดยชีววิธีที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ” (Naturally-occurring biological control) หรือเป็น “การควบคุมตามธรรมชาติ” (Natural control) ที่มนุษย์ไม่ได้เข้าไปเกี่ยวข้อง มี “ศัตรูธรรมชาติ” (natural enemies) คือ ตัวห้ำ (predators) ตัวเบียน (parasites) หรือแมลงตัวเบียน (parasitoids) และ เชื้อโรค (pathogens) ที่เรียกกันสั้นๆ และรวมกันเป็น “3พีส์” (3Ps) เป็นปัจจัยหลักในการควบคุม

แต่เมื่อมีปัจจัยในทางลบในสภาพแวดล้อม ที่ทำให้การควบคุมตามธรรมชาติไม่ได้ผลเท่าที่ควร มนุษย์ต้องเข้าไปใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติ และ โดยเช่นนั้น “การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี” จะหมายถึง “การศึกษา และ การใช้ประโยชน์ของตัวเบียน ตัวห้ำ และ เชื้อโรคต่างๆ สำหรับการควบคุมความหนาแน่นของประชากรของศัตรูพืช” ซึ่งใช้เป็นคำนิยามที่ใช้ในการดำเนินงานการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทย ด้วยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 ทั้งนี้รูปแบบและขอบเขตของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบต่างๆ คือ

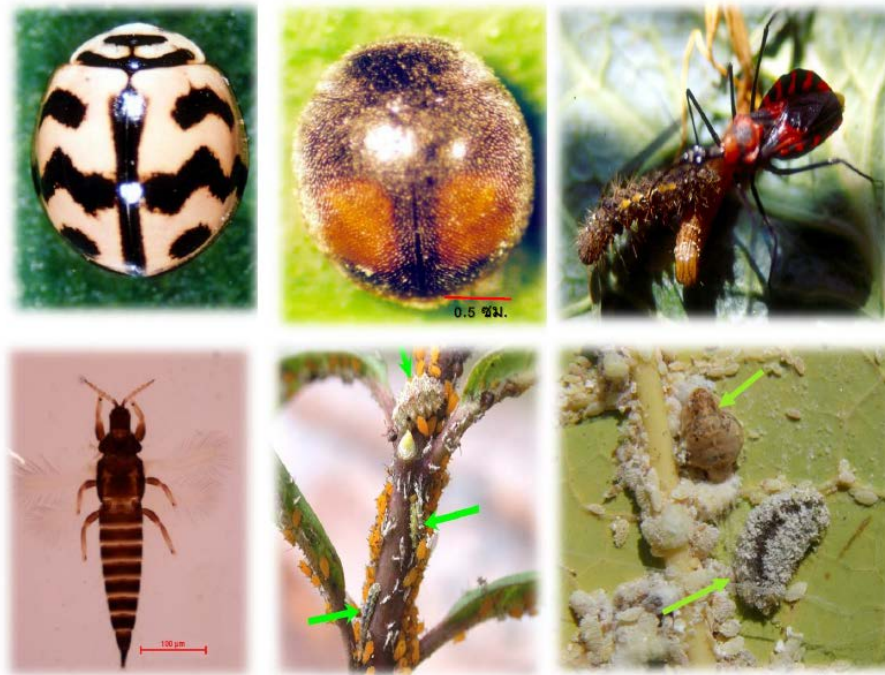
- 1) **การควบคุมโดยชีววิธีแบบคลาสสิก (Classical biological control)** เมื่อมีการนำศัตรูธรรมชาติจากท้องถิ่นเดิมของศัตรูพืชต่างถิ่น (exotic pest) ที่เข้าไประบาดในท้องถิ่น เข้ามาใช้ควบคุมศัตรูพืชชนิดนั้น
- 2) **การควบคุมโดยชีววิธีแบบ เพิ่มขยาย (Augmentative biological control)** เมื่อมีการนำศัตรูธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพดีอยู่แล้วของศัตรูพืชในท้องถิ่น (endemic pest) นั้น มาเพาะเลี้ยง และเพิ่มขยายปริมาณในห้องปฏิบัติการ แล้วนำไปปลดปล่อยในภาคสนาม เพื่อควบคุมศัตรูพืชในท้องถิ่นชนิดนั้น ส่วนการปลดปล่อยจะขึ้นอยู่กับปริมาณของศัตรูธรรมชาติที่เราสามารถเพาะเลี้ยงได้ถ้าปริมาณมีน้อย เราจะปลดปล่อยแบบที่เรียกเป็น “การปลดปล่อยแบบการเพาะเชื้อ” (inoculative release) เพื่อให้ศัตรูธรรมชาติชนิดนั้นออกไปตั้งรกรากและขยายปริมาณในธรรมชาติ และควบคุมศัตรูพืชในภายหลัง แต่ถ้าเราสามารถเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติได้ง่ายและได้ ในปริมาณที่สูงเพียงพอ เราจะปลดปล่อยแบบที่เรียกเป็น “การปลดปล่อยแบบท่วมท้น” (inundative release) เพื่อให้ศัตรูธรรมชาติ ที่เราปลดปล่อยออกไปนั้น สามารถเข้าทำลายและควบคุมศัตรูพืชในเป้าหมายได้ทันที คล้ายกับเป็นการใช้ “สารกำจัดศัตรูพืชที่มีชีวิต” (living pesticide) หรือ “สารกำจัดศัตรูพืชชีวภาพ” (biological pesticide) และเพราะจากการปลดปล่อยดังกล่าว บางครั้งทำให้มีการเรียกวิธีการว่าเป็น “การควบคุมโดยชีววิธีแบบการเพาะเชื้อ” (Inoculative biological control) และ “การควบคุมโดยชีววิธีแบบท่วมท้น” (Inundative biological control) ตามลำดับ และ
- 3) **การควบคุมโดยชีววิธีแบบอนุรักษ์ (Conservation biological control)** เมื่อมีการปรับปรุงระบบนิเวศ โดยการใช้มาตรการต่างๆ ที่เหมาะสม ควบคุม และ บริหารจัดการระบบนิเวศเกษตร (agro-ecosystem) และ สภาพแวดล้อมของพื้นที่เพาะปลูกนั้น ที่มีศัตรูพืชปรากฏอยู่ ให้เหมาะสม

ในการดำรงชีวิตอยู่ การเพิ่มขยายปริมาณประสิทธิภาพ และการแพร่กระจายตัวเองตามธรรมชาติของศัตรูธรรมชาติ ทั้งตัวห้ำและตัวเบียน

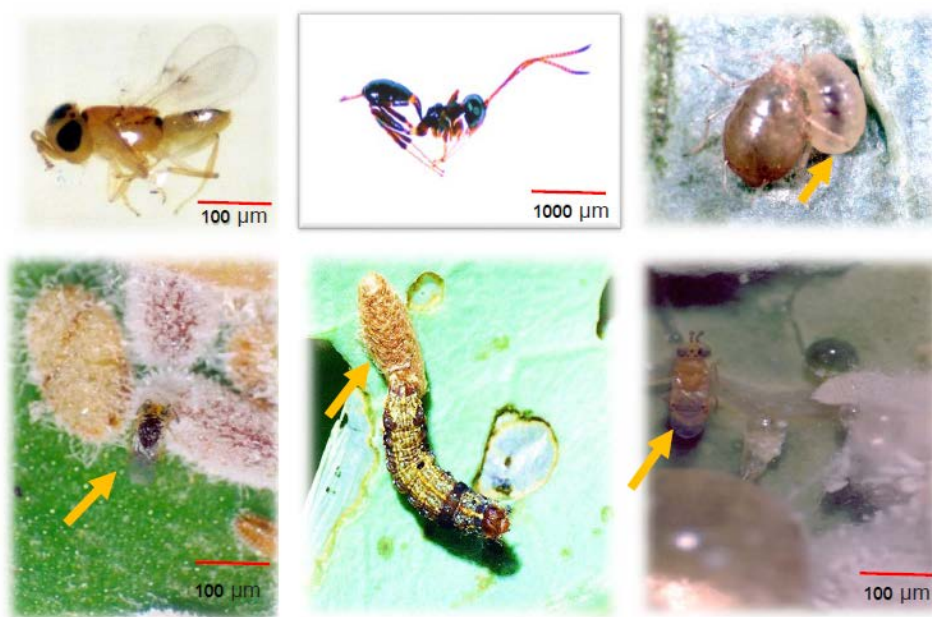
ตัวกระทำการควบคุมโดยชีววิธีที่มีประโยชน์สำหรับการควบคุมศัตรูพืชในระบบเกษตรอินทรีย์

ตัวกระทำการควบคุมโดยชีววิธี (Biological control agent หรือ Biocontrol agents) ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบต่างๆ ที่กล่าว ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย 1) ตัวห้ำ 2) ตัวเบียน และ 3) เชื้อโรคที่ก่อโรคในแมลง

- 1) **ตัวห้ำ** แมลงตัวห้ำส่วนใหญ่จะเป็นมวนและด้วงชนิดต่างๆ เช่น มวนตัวห้ำในอันดับ เฮมิปเทอร่า (Hemiptera) และ ด้วงเต่าตัวห้ำเกือบทุกชนิดในวงศ์คอคคิเนลลิดี (Coccinellidae) อันดับโคลีออปเทอร่า (Coleoptera) แมลงข้างปีกใส (lacewings) ในอันดับนิวโรปเทอร่า (Neuroptera) และอีกหลายชนิดในอันดับอื่น แมลงตัวห้ำมีความเฉพาะเจาะจงน้อย จะกินเหยื่อ (prey) ได้หลากหลายชนิดมากกว่าตัวเบียน และ จะต้องกินเหยื่อมากกว่าหนึ่งตัว เพื่อที่จะเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิต
- 2) **ตัวเบียน** ส่วนใหญ่เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก ลงทำลายระยะการเจริญเติบโตของแมลงศัตรูพืช เป็นแตนเบียนไข่ แตนเบียนตัวหนอน แตนเบียนดักแด้ หรือ แตนเบียนระยะตัวเต็มวัย ส่วนใหญ่เป็นแมลงในวงศ์ (family) ต่างๆ ในอันดับไฮเมนอปเทอร่า (Hymenoptera) เช่นเดียวกับมด ผึ้ง แตน ต่อ หรือ เป็นแมลงวันเบียนในอันดับดิปเทอร่า (Diptera) เช่น แมลงวันก้นขน (tachinid fly) ซึ่งเป็นตัวเบียนของหนอนแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เราจะพบแมลงตัวเบียนอีกบ้างแต่ไม่มากนักในอันดับอื่น เช่น แมลงปีกบิต (stylops) ในอันดับสเตรปซิปเทอร่า (Strepsiptera) เป็นต้น แมลงตัวเบียนมีความจำเพาะเจาะจงต่อตัวอาศัย (host specificity) ค่อนข้างสูง จะลงทำลายตัวอาศัย (host) เพียงตัวเดียวเท่านั้น เพื่อที่จะเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิต
- 3) **เชื้อโรคจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ** เช่น แบคทีเรีย (bacteria) เชื้อรา (fungi) ไวรัส (virus) ไส้เดือนฝอย (nematodes) หรือ โปรโตซัว (protozoa) ที่สามารถก่อโรคทำลายแมลงได้ เราเรียกรวมๆ กัน ว่าเป็น “เชื้อโรคแมลง” (entomopathogens) ที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวกระทำการควบคุมโดยชีววิธีได้ เช่น เชื้อแบคทีเรียบาซิลลัส ธรูริงเจียนซิส (*Bacillus thuringiensis* หรือ Bt) และ เชื้อราขาว (white muscardine) บิวเวอเรีย บาสเซียน่า (*Beauveria bassiana*) เชื้อราเขียว (green muscardine) เมตาไรเซียม อนิโซพลา (*Metarhizium anisopliae*) ที่สามารถก่อโรคในแมลงได้เกือบทุกชนิด เชื้อราเอ็นโทม็อฟฟาగా กริลไล (*Entomophaga grylli*) ที่ก่อโรคในตั๊กแตน ไวรัสเอ็นพีวี (nuclear polyhedrosis virus – NPV) ที่ก่อโรคในตัวหนอนผีเสื้อหลายชนิด สายพันธุ์ของจุลินทรีย์เหล่านี้หลายชนิด สามารถแยกเชื้อออกมาผลิตเป็นการค้ามีจำหน่ายในท้องตลาด ที่เรียกกันว่า “ยาเชื้อ” (microbial pesticide) ที่สามารถนำมาใช้เช่นเดียวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ ถือว่าเป็น “การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยจุลินทรีย์” (Microbial control)



ภาพที่ 2 ตัวอย่างของแมลงตัวห้ำ ได้แก่ ตัวเต่าตัวห้ำ ตัวเต่าตัวห้ำกลุ่มสกินนัส มวนตัวห้ำ เพลี้ยไฟตัวห้ำ หนอนของแมลงวันดอกไม้กินเพลี้ยอ่อน และ หนอนของผีเสื้อดักแด้หัวลิงกินเพลี้ยแป้ง (ภาพจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง)



ภาพที่ 3 ตัวอย่างของแมลงตัวเบียน ได้แก่ ตัวเต็มวัยของแตนเบียนเพลี้ยแป้ง ตัวเต็มวัยของแตนเบียนหนอนกินใบกาแฟ ตัวเต็มวัยของแตนเบียนเพลี้ยอ่อน ตัวเต็มวัยของแตนเบียนเพลี้ยหอย ดักแด้ของแตนเบียนหนอนกระทุ้ และ ตัวเต็มวัยของแตนเบียนเพลี้ยแป้งมะละกอ (ภาพจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างของเชื้อจุลินทรีย์ทำลายแมลง ได้แก่ แบคทีเรียทำลายหนอนกอข้าว ไวรัสทำลายหนอนกระทู้ ราขาวทำลาย หนอนกินใบลิ้นจี่ ราทำลายตัวอ่อนด้วงเจาะลำต้น ราทำลายเพลี้ยจักจั่นซ่อมมะม่วง และ ราทำลายเพลี้ยอ่อน (ภาพจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง)

ตัวอย่างของความสำเร็จของโครงการการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบดั้งเดิม (Traditional biological control) ถือได้ว่าเป็นกลยุทธ์พื้นฐานหลัก ในระบบการบริหารศัตรูพืชแบบบูรณาการ (Integrated pest management – IPM) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง “การควบคุมโดยชีววิธีตามธรรมชาติ” (Natural biological control) และ “การควบคุมโดยชีววิธีแบบประยุกต์” (applied biological control) ซึ่งจะสอดคล้องกับวิถีของการดำเนินงานตามบริบทของเกษตรอินทรีย์ (Organic agriculture) ซึ่งโดยทั่วไป การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มักจะนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ในรูปแบบของวิธีการควบคุมแบบองค์ประกอบเดียว (single control component) ไม่จำเป็นที่จะต้องไปใช้ร่วมกัน หรือ บูรณาการกับวิธีอื่น ที่สามารถได้รับความสำเร็จในหลายระดับ เช่น “สำเร็จเป็นบางส่วน” (partial control) หรือ “สำเร็จอย่างเป็นแก่นสาร” (substantial control) และ “สำเร็จอย่างสมบูรณ์” (complete control) ซึ่งตัวอย่างความสำเร็จของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบคลาสสิก ที่เป็นที่ยุติกันดี และ เกิดขึ้นมานานกว่า 100 ปีมาแล้ว คือ การนำศัตรูธรรมชาติจากถิ่นเดิมของแมลงศัตรูพืช ที่เรียกว่าเป็น “การนำเข้า” (introduction) เข้าไปใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชที่เป็น “ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน” (invasive alien species – IAS) ที่เข้าไประบาดในพื้นที่ใหม่ ซึ่งไม่ใช่ถิ่นดั้งเดิมของแมลงศัตรูพืชชนิดนั้น ได้แก่

- 1) การควบคุมเพลี้ยหอยส้ม ไอซีเรีย เพอร์เชสไซ (*Icerya purchasi*) ในแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อช่วงปี พ.ศ. 2431-2432 โดยการนำตัวง่าตัวห้ำ โรโดเลีย คาร์ดินาลิส (*Rodolia cardinalis*) จากออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ เข้าไปใช้และการควบคุมสำเร็จอย่างสมบูรณ์ (complete control)

2) การควบคุมผีเสื้อหนอนม้วนใบกล้วย เอริโอโนต้า แทรกซ์ (*Erionota thrax*) ในฮาวาย เกาะกวม และ ประเทศปาปัวนิวกินี เมื่อช่วงปี พ.ศ. 2517-2520 โดยการนำแตนเบียนตัวหนอน โคตซีเซีย เอริโอโนตี (*Cotesia erionotae*) จากประเทศไทย เข้าไปใช้และการควบคุมสำเร็จอย่างสมบูรณ์ (complete control)

3) การควบคุมเพลี้ยไก่อไฟกระถิน เฮทเทอโรปซิลลา คิวบานา (*Heteropsylla cubana*) ในประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2532-2535 โดยการนำด้วงเต่าตัวห้ำ คิวรีนัส ซีรูเลียส (*Curinus coeruleus*) และ แตนเบียนตัวอ่อน ซิลลีเฟกัส ยาซีนไน (*Psyllaephagus yaseeni*) จากเม็กซิโก และ ตรินิแดดและโตบาโก ผ่าน ฮาวาย เข้ามาใช้และการควบคุมสำเร็จอย่างสมบูรณ์ (complete control)

ส่วนการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย ซึ่งเป็นการนำศัตรูธรรมชาติที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่น (resident natural enemy) ของแมลงศัตรูพืชในเป้าหมาย (target insect pest) และ ที่ได้รับการประเมินผลแล้วว่ามีความเหมาะสม นำมาเพาะเลี้ยง เพิ่มขยายปริมาณ แล้วนำไปปลดปล่อยในพื้นที่ เพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืชในเป้าหมายนั้น โดยการปลดปล่อย ซึ่งจะเป็นการปลดปล่อยแบบการเพาะเชื้อ หรือ แบบท่วมท้น จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการเพาะเลี้ยง และปริมาณของศัตรูธรรมชาติที่จะได้ ไม่ว่าจะเป็นตัวเบียนหรือตัวห้ำ ในจำนวนที่เพียงพอสำหรับการปลดปล่อยในแต่ละแบบ ตัวอย่างของความสำเร็จของการดำเนินงานในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย มีอยู่มากมายในต่างประเทศ ทั้งมีการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติต่างๆ จำหน่ายเป็นการค้าด้วย เช่น แตนเบียนไข่ และ ด้วงเต่าตัวห้ำ แต่ตัวอย่างในประเทศไทย คือ

- 1) การใช้มวนตัวห้ำ อีแคนธีโคน่า เฟอร์เซลลาต้า (*Eocanthecona furcellata*) ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ทั้งในระยะตัวหนอน ระยะตัวอ่อน และระยะตัวเต็มวัย ของแมลงศัตรูพืช หลายชนิด ในประเทศไทย และได้ผลในการควบคุมเป็นบางส่วน (partial control) อนึ่ง ได้มีการส่งมวนตัวห้ำ ชนิดนี้ จากประเทศไทย เข้าไปใช้ในฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา ในช่วงปี พ.ศ. 2523-2535 เป็นการการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบคลาสสิก ในฟลอริดา สหรัฐอเมริกา
- 2) การใช้ด้วงเต่าตัวห้ำ ซาซายีสกิมน์ส ควิงเควพังเตตัส (*Sasajiscymnus quinquepunctatus*) ควบคุมเพลี้ยแป้งมะละกอ พาราโคคคัส มาร์จินาตัส (*Paracoccus marginatus*) ซึ่งเป็นแมลงที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่น ในช่วงปี พ.ศ. 2554 ในประเทศไทย และได้ผลในการควบคุมเป็นบางส่วน (partial control)

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีที่ได้กล่าวมานี้ ถือได้ว่าเป็นเป็นองค์ความรู้ ที่เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ ของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี และเป็นวิธีการหลัก ที่ผู้ทำการศึกษา วิจัย เผยแพร่และถ่ายทอด เทคโนโลยี และ ผู้ปฏิบัติงานด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี พึงตระหนักว่าจำเป็นที่จะต้องรู้จัก และ มีความเข้าใจในการดำเนินงาน เป็นอย่างดีพอสมควร

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบใกล้เคียง (Parabiological control)

ต่อมา เมื่อการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี เป็นที่รู้จักและยอมรับกันมากขึ้น มีการขยายขอบเขตของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีออกไปนอกขอบเขตดั้งเดิม มีการให้คำนิยามของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ที่ผิดไปจากคำนิยามดั้งเดิมของ Debach (1964) ออกไปมาก รวมการควบคุมที่ไม่มีการใช้สารเคมี ตลอดจน การใช้สารสกัดจากพืช เช่น สะเดา และ สารชีวภัณฑ์ต่างๆ ด้วย บางคำนิยามรวมการใช้พืชดัดแปลง พันธุกรรมไว้ด้วย รวมไปถึงการใช้วิธีใดก็ได้ ที่มีพื้นฐานทางชีววิทยา ด้วยเหตุนี้ Douth (1972) จึงกล่าวเตือนว่า การขยายขอบเขตของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีออกไปเช่นนั้น จะก่อให้เกิดความเสียหายและ สร้างความคลุมเครือ ให้กับพื้นฐานทางนิเวศวิทยา และ การทำงานที่เป็นหนึ่งหาที่เปรียบมิได้ ของการ

ควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี และ Wilson & Huffaker (1976) กล่าวว่าการรวมวิธีการเหล่านั้น เข้ามาเป็นการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีด้วย ไม่เป็นที่ยอมรับ หรือ เห็นด้วย โดยผู้ที่ทำงานด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีทั่วโลกด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ Sailer (1981) จึงกล่าวเตือนว่า การรวมปัจจัยอื่นของการควบคุมศัตรูพืชที่มีพื้นฐานทางชีววิทยาอื่นๆ เช่น การใช้สารฟีโรโมนส์ สารควบคุมการเจริญเติบโต การทำให้แมลงเป็นหมัน หรือ การใช้สารสกัดจากพืช มาไว้ในคำนิยามของการควบคุมโดยชีววิธี เป็นการเรียกชื่อ และ การแปลความหมายของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ที่ไม่ถูกต้องเหล่านั้น ควรเรียกเป็น “การควบคุมโดยชีววิธีแบบใกล้เคียง” (Parabiological control)

กิจกรรมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ด้านการควบคุมโดยชีววิธี และ เกษตรอินทรีย์

โดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้เล็งเห็นความสำคัญขององค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ในอันที่จะเป็นกลไกหนึ่งสำหรับการขับเคลื่อนนโยบายและสอดคล้องกับยุทธศาสตร์เกษตรอินทรีย์และสมุนไพรของมหาวิทยาลัย ได้แก่ การเกษตรยั่งยืน (Sustainable agriculture) การเกษตรอินทรีย์ (Organic farming) และ แนวทางเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency economy) โดยมหาวิทยาลัยฯ ได้มีบทบาทในด้านการสนับสนุนเกษตรอินทรีย์อย่างจริงจังในทุกรูปแบบตามกรอบพันธกิจหลักของมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรียนการสอน และการให้บริการวิชาการ ปัจจุบันมหาวิทยาลัยฯ ได้มีหลักสูตรที่เปิดสอนวิชาด้านการควบคุมโดยชีววิธี ได้แก่ หลักสูตรอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร โดยมีการเปิดสอนวิชาการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี การควบคุมวัชพืชโดยชีววิธี และ โรควิทยาของแมลง และขณะนี้กำลังมีการปรับปรุงหลักสูตร และจะมีการเปิดสอนวิชาการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติ อีกทั้งกำลังจะมีการเปิดสอนหลักสูตรเกษตรอินทรีย์ ในอนาคตอันใกล้

ด้านการบริการวิชาการ นอกจากการจัดฝึกอบรมที่มีการสอดแทรกความรู้ด้านการควบคุมโดยชีววิธีอย่างต่อเนื่องแล้ว แล้วมหาวิทยาลัยฯ ยังได้ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับโครงการพัฒนา “ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MJU - Biological Control Technology Learning Center)” (MJU- BCTLC) ซึ่งตั้งอยู่ ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยวัตถุประสงค์ของหน่วยงาน คือ 1) เพื่อเป็นหน่วยงานที่สนับสนุนการเรียนการสอน เป็นศูนย์กลางผลิตบัณฑิตและพัฒนาศักยภาพของประชากรประเทศ ในด้านเทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี 2) เพื่อเป็นศูนย์กลางความรู้ (Knowledge hub) และแหล่งเรียนรู้ตลอดชีวิต ด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ในรูปแบบอบรมและการถ่ายทอดองค์ความรู้ จากผลงานวิจัย และเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสมแล้ว 3) เพื่อเป็นศูนย์กลางการบริการวิชาการ ด้านการตรวจสอบคุณภาพและการจำแนกชนิดพันธุ์ศัตรูธรรมชาติ 4) เพื่อเป็นศูนย์กลางความร่วมมือด้านการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยี ด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ทั้งระดับท้องถิ่น (local) ระดับประเทศ (national) ระดับภูมิภาค (regional) และนานาชาติ (international) โดยนอกจากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เช่น การฝึกทักษะปฏิบัติด้านการจำแนกชนิด การสำรวจรวบรวม และการประเมินประสิทธิภาพของศัตรูธรรมชาติ การเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติ ของนักศึกษา ในรายวิชาด้านการควบคุมศัตรูพืช แล้ว ศูนย์ฯ ยังมีการให้บริการเชื้อพันธุ์ศัตรูธรรมชาติ เช่น มวนตัวห้ำ ตัวงเต่าตัวห้ำ และหิวเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมศัตรูพืช แต่นักวิชาการและเกษตรกรรวมทั้งการจัดฝึกอบรมด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี เช่น หลักสูตรการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูธรรมชาติสำหรับการควบคุมโดยชีววิธี การผลิตเชื้อจุลินทรีย์สำหรับใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืช และเปิดให้เข้าศึกษาดูงานด้านการควบคุมโดยชีววิธีได้กับเกษตรกรและผู้สนใจ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 เป็นต้นมา ซึ่งเหล่านี้นับเป็นกลไกในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์เกษตรอินทรีย์ของทางมหาวิทยาลัยฯ ต่อไป



บูรณาการการบริการวิชาการกับการเรียนการสอน และการวิจัย (7 โครงการวิจัย)



ภาพที่ 5 การบูรณาการจัดการเรียนการสอน งานวิจัย และการบริการวิชาการด้านการควบคุมโดยชีววิธีของศูนย์ฯ

ให้บริการเชื้อพันธุ์ศัตรูธรรมชาติ (ตัวห้ำ ตัวเบียน และจุลินทรีย์ปราบศัตรูพืช)
แก่เกษตรกร นักศึกษา และโครงการอื่นๆ



ผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ และผลผลิต



ภาพที่ 6 การบริการวิชาการด้านการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์ศัตรูธรรมชาติของศูนย์ฯ



ภาพที่ 7 การให้บริการวิชาการด้านการฝึกอบรม และการเปิดให้เข้าศึกษาดูงาน ด้านเทคโนโลยีการควบคุม
โดยชีววิธีของศูนย์ฯ

บทสรุป (Conclusions)

การดำเนินงานด้านการเกษตรอินทรีย์ในปัจจุบัน คือวิธีการหนึ่งในการที่จะทำการผลิตพืชผลทางการเกษตร โดยการพยายามที่จะให้มีการคืนสู่สภาพของ “ความสมดุลของธรรมชาติ” (balance of nature) และ “ภาวะธำรงดุล” (homeostasis) ตามธรรมชาติ ที่เคยเป็นอยู่ในการผลิต นอกเหนือไปจากการที่ทั้งความสมดุลของธรรมชาติและภาวะธำรงดุล ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานแรก ที่จะช่วยก่อให้เกิดความเข้าใจของปฏิสัมพันธ์ และ ปรากฏการณ์ของประชากรต่างๆ ในชุมชน ในระบบนิเวศวิทยา โดยถ้าหากเราจะเปรียบเทียบว่าสภาพแวดล้อมนั้น เป็นร่างกายของสิ่งมีชีวิตแต่ละตัว และ เปรียบเสมือนว่าเป็นระบบที่มีชีวิต (living system) ที่จะต้องพึ่งรักษาไว้ ซึ่งความเป็นปกติของทุกระบบในร่างกายของสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวนั้น (ศมาพร, 2556) กับ เมื่อระบบการควบคุมศัตรูพืชทางการเกษตรเกษตรทั่วโลก มาถึงยุคสมัย (phases) ต่างๆ ที่ Smith (1969) อุปมาอุปมัยไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สมัยที่ 4 ที่เรียกว่า “ยุคสมัยของความวิบัติ” (Disaster Phase) เมื่อมีการควบคุมศัตรูพืชที่พึ่งพาแต่การใช้สารเคมีเป็นหลักแต่เพียงอย่างเดียว เป็นการทำลายศัตรูธรรมชาติที่มีประโยชน์ ทำให้แมลงศัตรูพืชระบาดมากขึ้น และ มีความรุนแรงสูงขึ้น ต้องใช้สารเคมีมากขึ้นไปอีก จนไม่คุ้มทุน เกิดพิษตกค้าง และ มลภาวะในสภาพแวดล้อม (environmental pollution) รวมทั้ง การเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพมากขึ้น ต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเพาะปลูกทางการเกษตรให้เข้ามาสู่ยุคปัจจุบัน คือ สมัยที่ 5 ซึ่งเป็น “ยุคสมัยของการควบคุมแบบบูรณาภาพ และการฟื้นตัว” (Integrated Control & Recovery Phase) โดยการประยุกต์ใช้ “หลักการและแนวทาง” (concepts and approach) ของ “การควบคุมศัตรูพืชแบบบูรณาภาพ” (Integrated control หรือ Integrated pest control – IPC) ในสมัยเริ่มต้นในช่วงทศวรรษ 1960s หรือ ต่อมาในช่วงทศวรรษ 1970s เรียกเป็น “การจัดการศัตรูพืช” หรือ “การบริหารศัตรูพืช” (Pest management) (Rabb & Guthrie, 1970) และ ในปัจจุบันคือ “การบริหารจัดการศัตรูพืชแบบบูรณาภาพ” (Integrated pest management – IPM) (Kogan, 1998)

เนื่องจากมีความพยายามในหลากหลายวิธีที่จะคืนสู่ ความสมดุลของธรรมชาติ และ ภาวะธำรงดุล ดังนั้น การควบคุมศัตรูพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ในปัจจุบัน จึงเป็นแบบการควบคุมแบบประยุกต์ (applied หรือ man-made control) ซึ่งในการประยุกต์ใช้หลักการและวิธีการ ด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีนั้น ก่อนอื่น เราจะต้องรู้และทำความเข้าใจกันก่อนว่า ความสำเร็จของการควบคุมในภาพรวมได้เกิดขึ้นมาแล้ว และมีอยู่รอบตัวเรา แต่เป็นความสำเร็จที่เรามองข้ามกันไปหมด เป็นแบบที่เรียกกันว่า “ความสำเร็จที่เป็นผลบั้นปลายที่มองไม่เห็น” (Invisible end results) ด้วยเหตุนี้ เราอาจนำเสนอองค์ความรู้ที่พอที่จะเป็นตัวอย่างของรูปแบบ ที่เกษตรกรจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยการแผ่ด้วยข้อเท็จจริง เป็นกรณีศึกษาของการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ซึ่งพอที่จะยกตัวอย่างได้ เช่น

- 1) การเคลื่อนย้ายศัตรูธรรมชาติจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง เพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืชบางชนิด เช่น การย้ายรังมดแดงซึ่งเป็นแมลงตัวห้ำของแมลงศัตรูพืชพวกหนอนศัตรูไม้ผลหลายชนิด โดยองค์ความรู้นี้ มีการทำกันมาเป็นเวลานานกว่า 300 ปีแล้ว ในสวนส้มในประเทศจีน และ สวนอินทผลัมในประเทศเยเมน
- 2) นอกจากมดแดงแล้ว ด้วยหลักการเดียวกัน เกษตรกรสามารถย้ายศัตรูธรรมชาติบางชนิดที่หาง่ายในบางท้องถิ่น ไปปลดปล่อยในอีกท้องถิ่นหนึ่งก็ได้ เช่น แตนเบียนบางชนิด ตัวง่าตัวห้ำ และ มวนตัวห้ำต่างๆ เป็นต้น

- 3) การอนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติ ซึ่งเป็นหลักการของวิธีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีอีกแนวทางหนึ่ง สามารถทำได้ในระบบการเกษตรอินทรีย์ เพียงการสร้างและดัดแปลงสภาพแวดล้อมในแปลงเพาะปลูก เรือกสวนไร่นา ให้เหมาะสมสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงศัตรูธรรมชาติ เช่น การใช้สารกำจัดศัตรูพืชโดยการพ่นสารฆ่าแมลงเป็นจุดๆ แถวเว้นแถว โดยเว้นพื้นที่บางส่วนที่ยังไม่มีการทำลายของแมลงศัตรูพืช ไว้สำหรับเป็นที่อาศัยและอาหาร และที่หลบซ่อน (refuge) ให้แก่แมลงศัตรูธรรมชาติ เป็นต้น
- 4) ในแปลงเกษตรอินทรีย์ อาจมีการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติเกิดขึ้นได้ โดยการใช้มุ้งหรือกรงครอบพื้นที่ หรือ ต้นพืช ที่มีปริมาณและประชากรของแมลงศัตรูพืชสูง และปล่อยศัตรูธรรมชาติที่ต้องการเพิ่มปริมาณ ไม่ว่าจะเป็น เชื้อโรคที่ทำลายแมลง แตนเบียน หรือ ตัวห้ำ ที่พอที่จะหาได้ และ นำไปปล่อยในมุ้งหรือกรงนั้น ให้เพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีอาหารอยู่อย่างเพียงพอ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณศัตรูธรรมชาติในแปลงเกษตรอินทรีย์อย่างง่าย ๆ

อนึ่ง การที่เราจะสามารถใช้การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ให้ได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ และประสบความสำเร็จได้ดีพอสมควรนั้น เราต้องรู้จักการจำแนกชนิด และอนุกรมวิธานเบื้องต้น ของชนิดพันธุ์ของศัตรูธรรมชาติต่างๆ เป็นพื้นฐานเบื้องต้นก่อน ตลอดจนชีววิทยา คุณลักษณะทาง ศักยภาพและประสิทธิภาพ ในการควบคุม แหล่งที่อยู่ การแพร่กระจาย และ นิเวศวิทยาของศัตรูธรรมชาติชนิดนั้นๆ ซึ่งบุคลากรที่เป็นนักวิจัย นักวิชาการ และ นักส่งเสริมการเกษตร ผู้ที่จะถ่ายทอดเทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีที่เหมาะสม ควรที่จะเป็นผู้ที่มีความรู้และความเข้าใจพื้นฐาน ทางวิชาการที่ถูกต้อง หลักการขอบเขต ตลอดจนความเหมาะสม ความเป็นไปได้ หรือ อุปสรรคของการดำเนินงานเหล่านี้ เป็นอย่างดี และเพียงพอที่จะมาช่วยถ่ายทอดความรู้ ส่งเสริม และ แนะนำการใช้ประโยชน์การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีอย่างมีประสิทธิภาพพอสมควร ให้เป็นทั้งความรู้ และบริการ แก่เกษตรกรผู้ผลิตพืชอินทรีย์ แต่จุดอ่อนของกระบวนการนี้ คือการขาดบุคลากรดังกล่าว ซึ่งอาจจะยังมีอยู่ไม่เพียงพอในปัจจุบัน และ ทำให้เรายังมีความจำเป็นที่จะต้องมีการอบรมและสร้างบุคลากรเหล่านี้ขึ้นมา ให้เป็นบุคลากรหลักของการเกษตรอินทรีย์ ให้มีความยั่งยืนตลอดไป อีกด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

- บรรพต ฒ ป้อมเพชร. 2525. การควบคุมแมลงศัตรูพืชและวัชพืชโดยชีววิธี. เอกสารพิเศษ ฉบับที่ 5. ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. 202 หน้า.
- ศมาพร แสงยศ. 2556. การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี (Biological control of insect pests). เอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. หลักสูตรอารักขาพืช. คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 155 หน้า.
- DeBach, P. (ed.) 1964. Biological control of insect pests and weeds. Reinhold Publishing, New York. 844 pp.
- Doutt, R.L. 1972. Biological control: parasites and predators, p. 228-297. In: Pest control strategies for the future. National Academy of Science, National Research Council, Washington, D.C.
- Rabb, R.L. and F.E. Guthrie. (eds.) 1970. Concepts of pest management. Proceedings. North Carolina State University, Raleigh, N.C. 242 pp.
- Sailer, R.I. 1981. Extent of biological control and cultural control of insect pests of crops, p. 57-67. In: Handbook of pest management in agriculture. Vol. II. D. Pimentel (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Wilson, F. and C.B. Huffaker. 1976. The philosophy, scope, and importance of biological Control, p. 3-15. In: Theory and practice of biological control. C.B. Huffaker and P.S. Messenger (eds.). 1976. Academic Press, New York. 788 pp.