



## รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุม  
แมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์

**Development of Modular Pilot Plant for Mass rearing of Insect Natural Enemies for  
Commercial Biological Control**

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย

ประจำปี 2562

จำนวน 386,400 บาท

หัวหน้าโครงการ

นางสาว ศมาพร แสงยศ

ผู้ร่วมโครงการ

นางสาวรัชनिया บังเมฆ นายบัณฑิต ตะเสาร์

นายสุรเดช ไชยมงคล นายมนตรี ลิงหะวาระ

นาย สมชาย อารยพิทยา นางสาวผานิตย์ นาขยัน

นางธิดารัตน์ ศิริบูรณ์ และ นางสาวจุฑามาศ อางนาเสียว

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

...../...../.....

การพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุม  
แมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์

ศมาพร แสงยศ\* รัชनिया บังเมฆ\*\* บัณฑิต ต๊ะเสาร์\* สุรเดช ไชยมงคล\*\*\*\* มนตรี สิงหะวาระ\*\*\*

สมชาย อารยพิทยา\*\*\* ผานิตย์ นายพันธ์\* ธิดารัตน์ ศิริบุรณ์\* และ จุฑามาศ ออณาเสียว\*

คณะผลิตกรรมการเกษตร\* คณะบริหารธุรกิจ\*\* คณะเศรษฐศาสตร์\*\*\* และกองเทคโนโลยีสารสนเทศ\*\*\*\*

บทคัดย่อ

ชุดโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 (ปีงบประมาณแรกในการวิจัย) ได้ดำเนินการพัฒนาโรงงานต้นแบบฯ ตามกรอบการดำเนินกิจการของโรงงานสอดคล้องกับมาตรฐานด้านการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติของ International Organization for Biological Control (IOBC) ครบถ้วนทั้งในด้านปัจจัยน้ำเข้า และกระบวนการผลิต โครงการฯ ได้มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและจัดหาปัจจัยการผลิตโดยนำผลจากการวิเคราะห์จากข้อมูลด้านกัญญาวิทยาและนิเวศวิทยา ของโรงงานฯ ซึ่งตั้งอยู่ ณ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัดเส้นรุ้ง (latitude) 18.9264 เส้นแวง (longitude) 99.0532 มีพื้นที่รวมโดยประมาณ 6 ไร่ ประกอบด้วยหน่วยผลิต วิจัย พัฒนา และควบคุมคุณภาพ รวมทั้ง หน่วยบริหารจัดการ ซึ่งในภาพรวมสามารถดำเนินกิจการของโรงงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีกำลังการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ได้แก่ มวนพิฆาต (*stink bug, Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) ในระยะไข่ เฉลี่ย 236,860.93 ฟองต่อวัน ตัวอ่อนในจำนวน 230,418.31 และ ตัวเต็มวัย 226,040.37 ตัวต่อวัน ส่วนแตนเบียน ไข่ *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) มีกำลังผลิต เฉลี่ยวันละ 4,666 ตัวต่อวัน ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพบว่าต้นทุนการผลิตตัวอ่อนมวนพิฆาตมีต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด เท่ากับ 2.97 บาท โดยโรงงานต้นแบบฯ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value - NPV) เป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 14.52 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เท่ากับ 4 ปี 9 เดือน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

(Benefit/Cost Ratio - BCR) เท่ากับ 1.83 ทำให้สรุปได้ว่าการลงทุนมีผลตอบแทนคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนการวิเคราะห์ความต้องการเชิงนิเวศวิทยาประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติกับแมลงศัตรูที่เป็นเป้าหมายในการไปจำหน่าย กรณีศึกษา ในนาข้าวและพืชผักวงศ์กะหล่ำ ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน รวม 8 จังหวัด พบว่าชนิดของแมลงศัตรูพืชที่เป็นเป้าหมายการใช้ประโยชน์ของแมลงตัวห้ำในเป้าหมาย ได้กำหนดอนคิเสื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงศ์ Crambidae และ Noctuidae ซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และระยะไข่ของแมลงทุกชนิดสำหรับแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมมา ซึ่งแม้ว่าจะพบแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายในแปลงปลูก แต่ยังมีปริมาณไม่สูงเพียงพอสำหรับการควบคุมการระบาดของศัตรูพืช จึงเป็นการชี้ให้เห็นความจำเป็นของการปลดปล่อยเพิ่มเติม รวมทั้งมีความเป็นไปได้ในการผลิตเพื่อจำหน่าย และควบคู่ไปกับการดำเนินกิจกรรมด้านการผลิต และการตลาด โรงงานได้การพัฒนากระบวนการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการ ผลิตภัณฑ์เชื้อพันธ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อใช้ในการตัดสินใจลงทุน โดยใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ผลปรากฏว่า ระบบประเมินการดำเนินการของโรงงานในด้านศักยภาพการผลิตที่พัฒนาขึ้นมาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับสูงพอสมควรและสามารถนำไปใช้งานจริงได้ต่อไป

คำสำคัญ: โรงงานต้นแบบ, แมลงศัตรูธรรมชาติ, การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีเชิงพาณิชย์

## **Development of Modular Pilot Plant for Mass rearing of Insect Natural Enemies for Commercial Biological Control**

**Samaporn Saengyot\***, **Ratchaneeya Bangmek\*\***, **Bundit Tasour\***, **Suradet Chaimongkol\*\*\*\***,  
**Montri Singhavara\*\*\***, **Somchai Arayapitaya\*\*\*\***, **Panit Nakaya\***

**Thidarat Siriboon\* and Juthamas Ard – nasiew\***

Faculty of Agricultural Production\*, Faculty of business administration\*\*,  
Faculty of Economic\*\*\* and Technology Digital Division\*\*\*\*

---

### **Abstract**

Development of Modular Pilot Plant for mass rearing of Insect Natural Enemies for commercial biological control purpose was conducted on the biscal year 2019. It is an adoption to insect natural enemy mass rearing standard of the International Organization for Biological Control (IOBC) as input and output based on entomological, ecological and geographical analysis. The pilot plant was developed at MJU-Biological Control Technology Learning Center located on Mac Jo University farm at latitude 18.9264 N longitude 99.0532 E. The total area of 6 rai was divided for production, research and development and quality control as well as administration units. Production performances test showed the productivity for Stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) of the egg, nymphal and adult stages at 236,860.93, 230,418.31 and 226,040.37 per day respectively while of an egg parasitoid, *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) was 4, 666 in average per day. The cost analysis associated with fixed and variable costs obtained showed lowest cost per unit for the production of nymphal stage at 2.97 BTH and Net Present Value (NPV) was positive. Accordingly, Internal Rate of Return (IRR), Payback Period and Benefit cost ratio (BCR) were 14.52 percent, 4 years and 9 months, and 1.83, respectively indicating thr cost effectiveness of the pilot plant. Evaluation of population ecology of target insect natural enemies and their target insect pests for further demand and supply analysis was conducted in eight northern

provinces. It was found that target pests for the insect predators were all Lepidopteran larva damaging rice and cruciferous crops especially in family Crambidae and Noctuidae. While all the egg stage of all insect pests were target host of the egg parasite, *Trichogramma* sp. Although, the insect natural enemies were found naturally, but their populations were not high enough for biological control in monocropping practices indicating possibility for commercial natural enemy mass production and augmentative biological control. Finally, development of monitoring and evaluation system for the pilot plant operation was conducted by means of information technology (IT). The evaluation system indicated high level of productivity and capacity of the pilot plant and the system was promising for the implementation.

Key word: pilot plant, insect natural enemies, commercial biological control



## กิตติกรรมประกาศ

ชุดโครงการการวิจัยเรื่อง การพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. บรรพต ฌ ป้อมเพชร ผู้ก่อตั้งศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืช โดยชีววิธีแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ รองศาสตราจารย์ ชัยัน สุวรรณ ผู้เชี่ยวชาญด้านการอารักขาพืช ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจประเมิน แก้วใจ จนรายงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี สำนักฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนสถานที่สำหรับกิจกรรมการวิจัย

ขอขอบคุณ ศูนย์เรียนรู้การผลิตเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ และ โครงการผลิตกัญชาอินทรีย์ สำนักฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนสถานที่สำหรับทดสอบประสิทธิภาพมวนตัวห้ำ

ขอขอบพระคุณ เกษตรกรในพื้นที่ ที่ทำการศึกษาในจังหวัด เชียงราย พะเยา แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน ที่ให้การสนับสนุนการใช้พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างและเชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ

และขอขอบพระคุณ หน่วยงาน เจ้าของสถานที่ บุคคล ทั้งภายนอกและภายในมหาวิทยาลัย ที่ให้ความสะดวกในการทำวิจัย แต่มิได้เอ่ยนามมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

2563

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	10
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
การตรวจเอกสาร	11
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	39
ผลการวิจัย	48
วิจารณ์ผลการวิจัย	106
สรุปผลการวิจัย	114
เอกสารอ้างอิง	117

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินผลความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลฯ	57
2	แผนการบริหารแผนงานวิจัยและแผนการดำเนินงานของชุดโครงการวิจัย	59
4	กำลังผลิตและหมุนเวียนอาหารเทียมและอาหารตามธรรมชาติ สำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติของโรงงานต้นแบบ	74
5	ศักยภาพการผลิต และ ข้อมูลทางชีววิทยาประชากรและแมลงตัวห้ำในเป้าหมายของโรงงาน ต้นแบบ ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2562	79
6	ผลลัพธ์ (Outcome) ที่คาดว่าจะได้ตลอดระยะเวลาโครงการ กับผลการดำเนินงานในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562	101
7	แสดงผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าการวิจัยตามแผนที่วางไว้	112

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพแสดงองค์ประกอบของตัวแบบ (module) สำหรับการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบ (pilot plant) สำหรับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์	9
2	ห่วงโซ่มูลค่าภายใน	27
3	ภาพรวมของกระบวนการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานขององค์กร	38
4	แผนภาพกรอบวิธีการและเป้าหมายการดำเนินงานของชุดโครงการ	40
5	ผังวงจรการดำเนินงานของต้นแบบ โรงงานเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ	42
6	กรอบงานภาพรวมของการผลิต และควบคุมคุณภาพของแมลงศัตรูพืชที่ใช้สำหรับเป็นอาหารหมუნเวียนของแมลงศัตรูธรรมชาติ	47
7	กระบวนการศึกษาแนวทางการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย เพื่อนำไปขยายผลการขยายปริมาณระดับโรงงาน	48
8	กรอบวิธีการดำเนินงานวิจัยด้านต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลง ศัตรูธรรมชาติภายใต้ระบบห่วงโซ่มูลค่า	50
9	ภาพรวมส่วนต่าง ๆ ของโรงงานต้นแบบสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ ทัศนีย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้	61
10	หน่วยผลิต และหมუნเวียน อาหารของแมลงศัตรูธรรมชาติ	63
11	โครงสร้างพื้นฐานและวัสดุอุปกรณ์การผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ	65
12	หน่วยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี และ และตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ ระดับห้องปฏิบัติการ โรงเพาะเลี้ยง ระบบปิด และแปลงทดสอบ	67
13	ภาพรวมขององค์ประกอบหน่วยต่าง ๆ ของโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ	69
14	อาหารเทียมและอาหารธรรมชาติซึ่งผลิตหมუნเวียนในโรงงานฯ	73
15	แสดงหน้าจอสำหรับการตรวจสอบผู้ใช้งานก่อนการเข้าใช้งานระบบ	88

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
16	แสดงหน้าจอแสดงการลงทะเบียนและกำหนดสิทธิ์การใช้งานสำหรับผู้ใช้งานใหม่	89
17	แสดงหน้าจอแสดงผลหลัก	90
18	แสดงหน้าจอแสดงผลการเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ	91
19	แสดงหน้าจอแสดงการบันทึกผลการให้อาหารแมลง	92
20	แสดงหน้าจอแสดงการบันทึกการเก็บไข่แมลง	93
21	แสดงหน้าจอการตั้งค่าหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผล	94
22	แสดงหน้าจอการตั้งค่าหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผล	94
23	แสดงหน้าจอการกำหนดหัวข้อการประเมินให้กับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ	95
24	แสดงหน้าจอการประเมินผลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ	96
25	แสดงหน้าจอการประเมินผลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ	96
26	แสดงรายละเอียดการประเมินผล	97
27	กิจกรรมการติดตามการดำเนินงาน และเก็บข้อมูลชุดโครงการวิจัย	100
28	กิจกรรมการดำเนินงานชุดโครงการวิจัย	100

## บทนำ

การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี (Biological Control of Insect Pests) เป็นศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยหลักการใช้สิ่งมีชีวิตที่เรียกว่าศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ แมลงตัวห้ำ ตัวเบียน และเชื้อโรค ควบคุมประชากรของศัตรูพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อความเสียหายทางเศรษฐกิจ (สมาพร, 2556) และนับว่าเป็นวิธีการบริหารจัดการแมลงศัตรูพืชทางเลือกอย่างหนึ่งซึ่งช่วยลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงในการผลิตพืช ทั้งนี้มีรายงานอ้างอิงว่าวิธีการดังกล่าว เป็นวิธีการที่สามารถใช้ทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ในหลายกรณี อีกทั้งมีต้นทุนที่ถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีในระยะยาว ทั้งในทางตรงด้านการผลิต และทางอ้อม เช่น ต้นทุนในส่วนของ การดูแลสุขภาพของประชากร และด้านปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Pimentel *et al.*, 2005) ทั้งนี้กลยุทธ์อย่างหนึ่งของการควบคุมโดยชีววิธีที่ได้ถูกนำมาปรับใช้ในการบริหารจัดการแมลงศัตรูพืชอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ได้แก่ การควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย (Augmentative biological control) โดยการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณศัตรูธรรมชาติ และปลดปล่อยในแปลงปลูกพืชในช่วงเวลาที่มีการระบาดของแมลงศัตรูพืช ซึ่งเปรียบเสมือนการพ่นสารเคมีในแปลงปลูกพืชในขณะที่มีแมลงศัตรูพืชระบาดอยู่ หากแต่การปลดปล่อยแมลงศัตรูธรรมชาตินั้นไม่ก่อความเสียหายต่อพืชเนื่องจากแมลงศัตรูธรรมชาติทุกชนิด ไม่กินพืชเป็นอาหาร อีกทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณได้เองในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีชีวิตอยู่แล้วตามธรรมชาติ กล่าวคือการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี เป็นวิธีการควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยหลักของความสมดุลธรรมชาติมาปรับใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช โดยใช้สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ควบคุมสิ่งมีชีวิตที่ไม่เป็นที่ต้องการ ได้แก่ แมลงตัวห้ำ แมลงตัวเบียน และเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคให้กับแมลง (สมาพร, 2556) ดังนั้นจึงเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าทรัพยากรชีวภาพที่มีแหล่งเชื้อพันธุ์ที่เสาะหาได้ตามธรรมชาติ ซึ่งมีความปลอดภัย อีกทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณได้เองตามธรรมชาติ ทั้งนี้นับเป็นปัจจัยการผลิตซึ่งในทางเศรษฐศาสตร์เรียกว่า “ต้นทุนตามธรรมชาติ” (natural cost) (ทองโรจน์, 2530) ซึ่งมีส่วนอย่างมากในการช่วยลดการใช้ปัจจัยผลิตจากภายนอก (external input) ซึ่งได้แก่ สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช ดังนั้นการควบคุมโดยชีววิธี จึงนับเป็นกลไกหนึ่งในการที่จะช่วยลดต้นทุนด้านการใช้สารเคมีควบคุมแมลงศัตรูพืชได้โดยตรงอย่างยิ่ง และสามารถลดต้นทุนด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในทางอ้อมทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยมีรายงานสนับสนุนว่าการใช้การควบคุมโดยชีววิธี เป็นวิธีควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชที่สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายสำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแปลงเกษตรและป่าไม้ทั่วโลก ได้ถึง 80 และ 10 ล้านดอลลาร์ต่อไร่สำหรับรัฐตามลำดับ (Cracraft and Grifo, 1999)

อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของการผลิตพืชในระบบ การเกษตรยั่งยืน (sustainable agriculture) การเกษตรอินทรีย์ (organic farming) และ การเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง (sufficiency economy) ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2567 ในยุทธศาสตร์การ พัฒนาประเทศที่ 4 คือการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาอย่างยั่งยืน ในข้อ 4.4 การส่งเสริม การผลิตและการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ที่เป็นการขับเคลื่อนการผลิตและบริโภคบนพื้นฐานแห่ง ความยั่งยืน ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นการช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของประชากร

ความจำเป็นของการควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย กล่าวคือ จากการที่ในปัจจุบันระบบการเกษตร ทั่วโลกซึ่งโดยมากมุ่งเน้นการปลูกพืชสำหรับการบริโภคชนิดใดชนิดหนึ่งในลักษณะที่เน้นปริมาณในพื้นที่ ที่กว้าง หรือที่เรียกว่าการปลูกพืชในเชิงเดี่ยว (monocropping) ซึ่งส่งผลให้ประชากรของแมลงศัตรูพืชชนิด ใดชนิดหนึ่งมีปริมาณสูง จนประชากรของศัตรูธรรมชาติที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติไม่สามารถควบคุมได้อีก ต่อไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณประชากรของศัตรูธรรมชาติให้เพียงพอจนสามารถควบคุมการ ระบาดของแมลงศัตรูพืชได้ ซึ่งในบริบทของการควบคุมโดยชีววิธี การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรู ธรรมชาติเพื่อนำมาใช้ควบคุมการระบาดของแมลงศัตรูพืชในเชิงการค้าได้มีประวัติอันยาวนานกว่า 120 ปีแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต่างประเทศ เช่นในทวีปยุโรป และ อเมริกาเหนือ โดยมีรายงานถึงการเพาะเลี้ยง แมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น สวนผลไม้ ข้าวโพด ผัก อ้อย ถั่วเหลือง องุ่น และพืชในเรือนกระจก และในปัจจุบันมีรายงานว่ามีการเพาะเลี้ยงแมลง ศัตรูธรรมชาติในเชิงการค้าทั่วโลกถึง 230 ชนิด และมีส่วนแบ่งตลาดผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยประมาณร้อยละ 1 ครอบคลุมพื้นที่ในทวีปยุโรป อเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ แอฟริกา และเอเชีย (van Lenteren, 2012) ทั้งนี้ในประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีมาใช้ ในประเทศไทยมาแล้วตั้งแต่ พ.ศ. 2507 โดยเริ่มจากการเปิดวิชาเรียนด้านการควบคุมโดยชีววิธี ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การก่อตั้งศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแห่งชาติ ตลอดจนการมี หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีการควบคุมโดยชีววิธี เช่น กรมวิชาการเกษตร และ ส่งเสริม การเกษตร ซึ่งมีการดำเนินการในภาพรวมคือการจัดการเรียนการสอน วิจัย และการส่งเสริมการใช้ เทคโนโลยี แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านนโยบายที่มีการเปลี่ยนแปลงตามภาวะเศรษฐกิจ และสังคม รวมทั้งด้าน งบประมาณที่จำกัด ประกอบกับความไม่พร้อมด้านต้นทุน และทักษะการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการผลิตเอง ของเกษตรกรส่วนใหญ่เนื่องจากความซับซ้อนของขบวนการผลิต ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย จึง เป็นเหตุให้การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีเป็นที่รู้จักและถูกนำไปใช้ประโยชน์ในวงจำกัด ดังนั้นทาง คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า การผลิตและจำหน่ายแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ โดยอาศัยกลไกด้าน การตลาดผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืช น่าจะเป็นอีกช่องทางหนึ่ง ในการที่จะขับเคลื่อนให้มีการขยายตัว

ของการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีทดแทนสารเคมีดังกล่าวนี้ในวงกว้างขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีการลดการใช้สารเคมีในระยะยาวได้

อย่างไรก็ตาม แม้ในประเทศจะมีเทคโนโลยีในการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติหลายชนิด เช่น มวนตัวห้ำ แมลงหางหนีบ แมลงช้างปีกใส และแตนเบียนชนิดต่างๆ ซึ่งโดยทั้งหมดเป็นการดำเนินงานของหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งยังไม่มีการมุ่งเน้นการดำเนินงานในเชิงพาณิชย์ ที่มีปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินการของโรงงานฯ ได้แก่ การขาดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการความเสี่ยงในกระบวนการผลิต เช่น ผู้เชี่ยวชาญด้านการเพาะเลี้ยง (นักกีฏวิทยา) การวิเคราะห์ด้านการตลาด และ ผลิตภัณฑ์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงและการปลดปล่อย การทดสอบประสิทธิภาพการใช้เมื่อปล่อยสู่แปลงปลูกในภาคสนาม การใช้ร่วมกับวิธีอื่น ข้อมูลด้านอนุกรมวิธาน และการควบคุมคุณภาพ (Quality control - QC) เป็นต้น ทั้งนี้ มวนตัวห้ำหนอน ซึ่งได้แก่ มวนเพชฌฆาต (*Assassin bug, Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/ หรือ มวนพิฆาต (*Stink bug, Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) รวมทั้ง แตนเบียน *Trichogramma* spp. เป็นแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีแนวโน้มที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในประเทศไทย ได้แก่ แมลงศัตรูพืชในกลุ่มผีเสื้อ เช่น หนอนกระทู้ผัก หนอนกระทู้หอม หนอนเจาะยอดกะหล่ำ หนอนกอข้าว หนอนกออ้อย หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด และไข่ของหนอนผีเสื้ออีกหลายชนิด ซึ่งหากสามารถส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์ โดยมีการพิจารณาจากระบบการผลิตและควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมควบคู่ไปกับการพิจารณาถึงความคุ้มค่าในด้านการลงทุนและความเป็นประโยชน์ทั้งในด้าน เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างมาก โดยที่ผู้ใช้ประโยชน์หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งได้แก่ นักวิจัย เกษตรกร นักศึกษา และผู้สนใจประกอบธุรกิจ จะมีแหล่งความรู้ จากองค์ความรู้ที่ได้รับในการดำเนินกิจกรรมการประกอบอาชีพ ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ ได้อย่างยั่งยืน และลดการใช้สารเคมีในการผลิตพืชอาหารได้ปลอดภัย นำสู่การพัฒนาประเทศได้อย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้ในอนาคต

ในด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ การเพิ่มขึ้นของประชากรและรายได้ประชาชาติถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกำหนดวิถีการผลิตทั้งในแง่สินค้าอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม โดยการผลิตมีลักษณะมุ่งเน้นเป้าหมายด้านการตลาดเป็นสำคัญและไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่ตลาดในท้องถิ่นเท่านั้นแต่ยังครอบคลุมถึงความต้องของตลาดภายนอกประเทศอีกด้วย ซึ่งแนวทางดังกล่าวนี้ส่งผลอย่างมากต่อวิถีคิดและรูปแบบการผลิตของเกษตรกรไทย นั่นคือ จากระบบการเกษตรเพื่อยังชีพ (Subsistence farming) ที่การเพาะปลูกเป็นไปตามความต้องการของครัวเรือน มีความหลากหลายทั้งการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ มีการใช้พืชที่สอดคล้องกับธรรมชาติในท้องถิ่นและไม่ต้องใช้ปัจจัยการผลิตจำนวนมาก เกิดการปรับเปลี่ยนไปสู่การปลูกพืชใน ระบบเกษตรกรรมพืชเชิงเดี่ยว ซึ่งเป็นระบบที่มีการปลูกพืชชนิดเดียวเป็นวง

กว้าง ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของประชากร การเพาะปลูก การบำรุงการเก็บเกี่ยวสามารถทำให้เป็นมาตรฐานได้และทำให้เกิดประสิทธิภาพการผลิต อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่ตามมาจากระบบเกษตรกรรมพืชเชิงเดี่ยว มีอยู่หลายประการ เช่น ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นจนนำไปสู่ความไม่คุ้มทุนการผลิต สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมและนำไปสู่ความถดถอยของคุณภาพผลผลิต ปัญหาสุขภาพของผู้ผลิตและบริโภคซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต รวมทั้งการระบาดของโรคพืชและแมลงที่มีความรุนแรงและรวดเร็ว

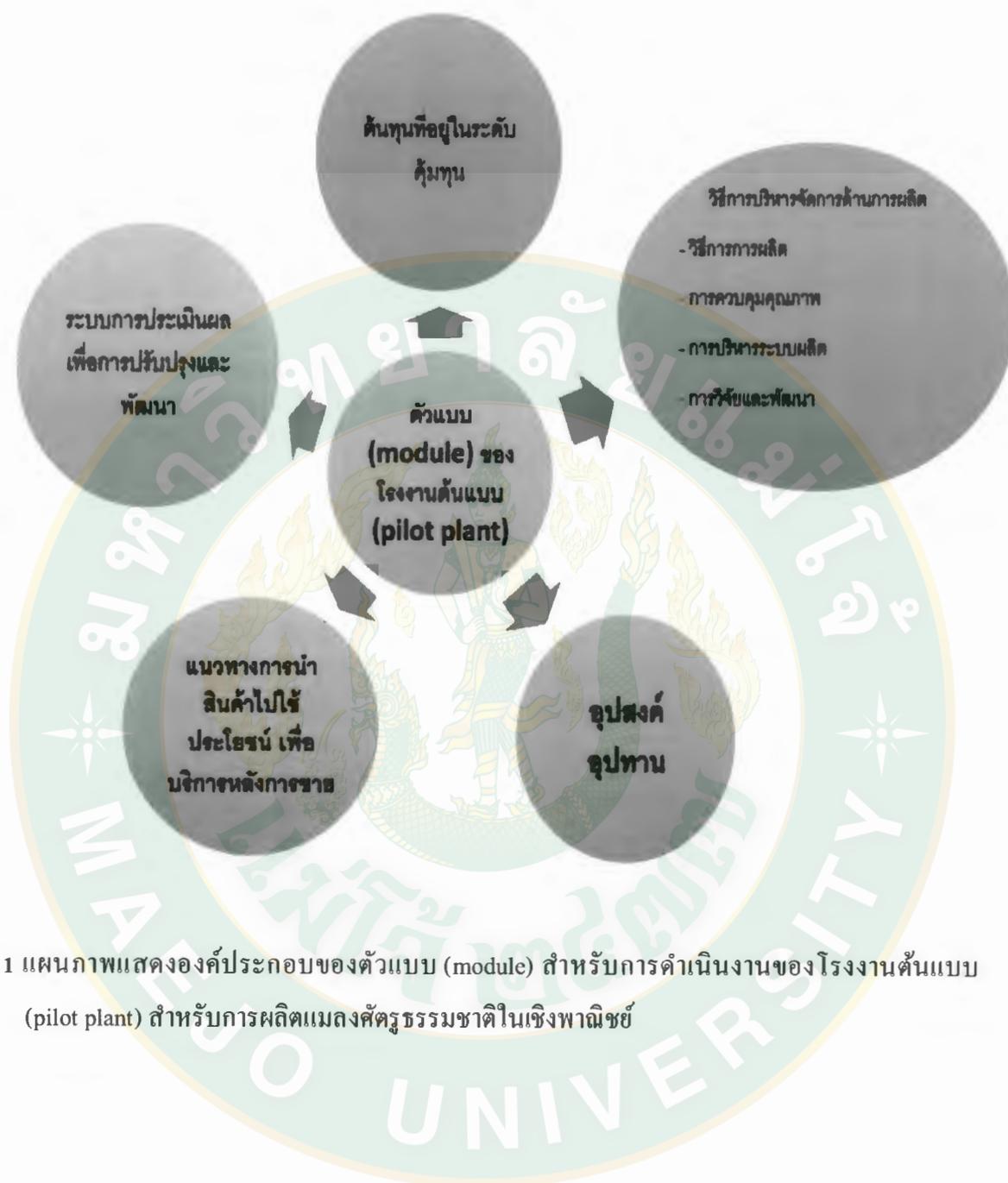
จากประเด็นปัญหาดังกล่าว การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อบรรเทาปัญหาด้านต้นทุนให้กับระบบเกษตรแบบดั้งเดิมหรือเป็นวิธีการช่วยส่งเสริมความสำเร็จให้กับระบบเกษตรทางเลือกอื่น ๆ เช่น การทำเกษตรอินทรีย์ เกษตรปลอดภัย หรือเกษตรผสมผสาน ซึ่งแนวทางนี้ถือได้ว่ามีความสอดคล้องกับกระแสเศรษฐกิจและสังคมสีเขียว (Green economy) คือ การเติบโตของรายได้ที่ไม่เบียดเบียนธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ เศรษฐสังคม (Socioeconomic) และด้วยกระแสความตื่นตัวของเศรษฐกิจสีเขียว และมีการสนับสนุนอย่างจริงจังจากภาครัฐบาลต่อการนำแนวคิดสีเขียวเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อตัวสินค้าและช่วยยกระดับความสามารถทางการแข่งขันให้กับผู้ผลิต เพราะฉะนั้นระบบเกษตรทางเลือก (เช่น เกษตรอินทรีย์ เกษตรปลอดภัย เกษตรผสมผสาน) จึงได้รับการยอมรับจากทั้งเกษตรกรและผู้บริโภคอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว นอกจากนี้ เกษตรทางเลือกถือเป็นเครื่องมือทางการตลาดสำคัญในการสร้างความแตกต่างให้กับสินค้าเกษตรและเป็นจุดขายสำคัญสำหรับผู้บริโภคที่มีความห่วงใยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากประเด็นความสำคัญและปัญหารวมทั้งโอกาสในการศึกษาวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น แนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหาด้านการเกษตรกรรมได้อย่างยั่งยืนในอนาคต คือ แนวทางการส่งเสริมให้เกิดโรงงานผลิตต้นแบบและระบบการผลิตเชื้อพันธุศาสตร์ธรรมชาติในเชิงพาณิชย์อย่างเป็นรูปธรรม อันจะช่วยสนับสนุนและพัฒนาระบบเกษตรกรรมทางเลือก เพื่อประเมินความคุ้มค่าของการทำโครงการต้นแบบ โรงงาน และระบบการผลิตเชื้อพันธุศาสตร์ธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาถึงต้นทุนของการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ ซึ่งข้อมูลต้นทุนการผลิตและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์จะเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในการวางแผน ควบคุม และตัดสินใจในการพัฒนาโรงงานต้นแบบสำหรับการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ นอกจากนี้ ยังจำเป็นต้องทำการศึกษาวิเคราะห์และพัฒนาระบบห่วงโซ่มูลค่า (value chain) ที่มีประสิทธิภาพตามแนวทางการจัดการสีเขียว เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการและต้นทุนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ก่อนการผลิต ในขั้นการผลิต รวมไปถึงการทำให้ผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติที่เพาะเลี้ยงไปถึงมือของผู้บริโภคซึ่งก็คือเกษตรกรและผู้รับซื้อผลิตภัณฑ์ตลอดห่วงโซ่มูลค่าของภาคการผลิต

ในด้านความสำเร็จและความยั่งยืนของการนำแมลงศัตรูธรรมชาติที่ผลิตขึ้นในเชิงพาณิชย์ไปใช้ประโยชน์นั้น จะมีแรงผลักดันจากนวัตกรรมการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภครู้และผู้ผลิตพืชอาหารได้ตระหนักถึงผลเสียของการใช้สารเคมีสำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืช ที่ก่อให้เกิดผลเสียโดยตรงต่อมนุษย์ด้านความเป็นพิษต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค อีกทั้งการเกิดสารพิษตกค้างในอาหารและในสภาพแวดล้อม (food and environmental residues) ในระยะสั้นและระยะยาว ทางอ้อมได้แก่ เกิดเกิดการดื้อยาของศัตรูพืช (pest resistance) นอกจากนี้ผลเสียอีกอย่างหนึ่งของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในระบบเกษตรคือการเกิดการระบาดของที่รุนแรงมากขึ้นของแมลงศัตรูพืช กับ แมลงที่ไม่มี ความสำคัญกลายเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ (pest resurgence) เนื่องจากปริมาณประชากรของแมลงศัตรู ธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชเหล่านั้นถูกทำลายโดยสารเคมีที่ใช้ ซึ่งส่งผลในทางลบต่อเสียดุลทาง ธรรมชาติที่และความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้นหลายฝ่ายจึงมีความพยายามในการลดการใช้สารเคมีที่ เป็นพิษ ซึ่งในที่นี้ วิธีการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมี หรือวิธีทางเลือกวิธีหนึ่งได้แก่ การควบคุม แมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้หลักการควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง ให้ อยู่ในระดับต่ำ และไม่ก่อความเสียหายถึงระดับเศรษฐกิจ (DeBach, 1964; Debach & Rosen, 1991) ทั้งนี้การ ใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติในการควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชในแปลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการ การเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติบางชนิดให้ได้ปริมาณมากเพียงพอสำหรับควบคุมแมลงศัตรูพืชที่กำลัง ระบาดอยู่ในแปลง ไม่ว่าจะเป็นการปล่อยเป็นระยะ ในกรณีที่มีการระบาดของแมลงศัตรูพืชในปริมาณไม่ มาก หรือการปล่อยแบบท่วมท้นคล้ายกับการใช้สารเคมีพ่น ในกรณีที่ประชากรแมลงศัตรูพืชมีปริมาณสูง ที่ นับได้ว่าเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้อย่างยั่งยืน เนื่องจากแมลงศัตรู ธรรมชาตินั้นนับเป็นปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ไม่มีความเป็นพิษ และสามารถเพิ่มปริมาณได้เองใน แปลงปลูก โดยมีรายงานที่เกี่ยวข้องอ้างถึงผลดีของการใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติชนิดต่างๆ ในกลุ่มตัว ห้ำ ตัวเบียน และเชื้อโรค ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ และในประเทศไทยเอง ก็ได้มีองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้แมลงศัตรูพืช ทั้งรูปแบบการเรียนการสอน การวิจัย และการส่งเสริม การเกษตร (บรรพต, 2525; พิมลพร, 2545) ดังนั้นการควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย ซึ่งเป็นการควบคุม โดยอาศัยหลักการใช้ประโยชน์ประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติ ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณสำหรับ การควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชในเป้าหมายโดยการปลดปล่อยในแปลงที่มีการระบาดของแมลง ศัตรูพืช ในปริมาณและความถี่ที่แตกต่างกันไปตามการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งการ ปลดปล่อยแบบท่วมท้น ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับการใช้สารเคมี เว้นแต่ แมลงตัวห้ำ ตัวเบียน ที่มีชีวิตเข้าสู่ แปลงปลูกจะไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม และไม่เกิดสารพิษตกค้าง อีกทั้งแมลงศัตรูธรรมชาติยัง สามารถสถาปนาประชากร และเพิ่มปริมาณได้เองในแปลงหลังการปลดปล่อย ซึ่งแม้ว่าในประเทศไทยได้

มีการศึกษาวิจัย และนำความรู้ด้านการควบคุมโดยชีววิธีมานานกว่า 40 ปีแล้ว โดยทั้งหมดเป็นการดำเนินการของหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีด้านการเพาะเลี้ยงแมลงตัวห้ำและตัวเบียน เช่น แตนเบียนไข่ *Trichogramma* spp. แมลงหางหนีบ มวนตัวห้ำ และแมลงข้างปีกใส เป็นต้น แต่ยังไม่มีการนำมาสนับสนุนให้เกษตรกรหรือเอกชนนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังไม่มีภาคเอกชนดำเนินการผลิตในเชิงพาณิชย์ ซึ่งเหล่านี้น่าจะมีส่วนให้การควบคุมโดยชีววิธี ยังไม่สามารถนำมาใช้ได้อย่างแพร่หลายในกลุ่มเกษตรกร เท่าที่ควร โดยประเด็นปัญหาที่น่าจะเกี่ยวข้องน่าจะ ได้แก่ 1) การขาดแหล่งผลิตเชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย 2) การใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลดปล่อยในแปลงเกษตร มีข้อจำกัดคือ จะต้องมีการเลือกใช้ชนิดแมลงศัตรูธรรมชาติที่เหมาะสม และเป็นที่แน่ใจว่าจะสามารถลดปริมาณของแมลงศัตรูพืชในเป้าหมายได้ อีกทั้งยังมีปัจจัยทางด้านฤดูกาลผลิต และฤดูกาลระบาดของแมลงศัตรูพืชมาเกี่ยวข้องอีกด้วย และ 3) ยังไม่มีข้อมูลผลการประเมินความเป็นประโยชน์ของการใช้แมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งจะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการยอมรับวิธีการ โดยชีววิธีของเกษตรกรผู้ใช้ ประกอบกับปัจจุบันแนวโน้มการใช้ผลิตภัณฑ์สำหรับควบคุมศัตรูพืชโดยใช้ชีววิธีที่เพิ่มขึ้นและมูลค่าทางการตลาดที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้ภาคเอกชนหรือผู้ที่สนใจผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติออกจำหน่ายมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อให้ผู้บริหารของภาคเอกชนหรือผู้ที่สนใจมีข้อมูลในการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดโครงการวิจัยซึ่งดำเนินการพัฒนาตัวแบบมาตรฐาน (module) สำหรับการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบ (pilot plant) สำหรับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ (องค์ประกอบตามแผนภาพ ในภาพที่ 1) โดยกำหนดแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ได้แก่แมลงตัวห้ำสองชนิดเป็นตัวแบบได้แก่มวนเพชรฆาต และ/หรือ มวนพิฆาต และแมลงตัวเบียน คือแตนเบียนไข่ *Trichogramma* และมีพื้นที่ศึกษาในเป้าหมาย ครอบคลุม 8 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปางแพร่ และน่าน และกลุ่มเป้าหมายผู้รับประโยชน์จากองค์ความรู้ที่ได้รับ ได้แก่เกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านการเกษตรอินทรีย์และเกษตรยั่งยืน ผู้ประกอบการด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืช นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และผู้ช่วยนักวิจัย โดยได้กำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานรวม 3 ปี วิจัย ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ถึง 2564 ทั้งนี้ได้ดำเนินการบูรณาการโครงการวิจัยย่อยเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ 1) โครงการวิจัยย่อยที่ 1 เรื่องการพัฒนาโรงงานต้นแบบสำหรับการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติ (Development of Pilot Plant for the Insect Natural Enemies Mass Rearing) ที่ได้มีการดำเนินงานตั้งแต่การพัฒนาโรงงานต้นแบบสำหรับการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายซึ่งได้แก่มวนตัวห้ำ ได้แก่มวนเพชรฆาต และ/ หรือ มวนพิฆาต (และแมลงตัวเบียน ซึ่งได้แก่ แตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. โดยศึกษาระบบที่เหมาะสมในการผลิตซึ่งได้แก่ การจัดสร้างโรงงานต้นแบบและพัฒนาสภาพแวดล้อมในโรงเรือนผลิต แมลงอาศัยและเชื้อพันธุ์แตนเบียน และระบบการบริหาร

จัดการด้าน วัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การจัดการด้านนักวิชาการและแรงงานผลิต การควบคุมคุณภาพ และปริมาณการผลิต ซึ่งจะมีการเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปีแรกของการวิจัย ถึง ปีที่สามของการวิจัย (พ.ศ. 2562-2564) โดยมีเป้าหมายเพื่อผลิตเชื้อพัณธุ์และให้เกิดระบบการผลิตที่มีความต่อเนื่องทั้งทางด้านปริมาณ โดยมีการควบคุมคุณภาพการผลิต สำหรับรองรับการศึกษาวิจัยในขั้นตอนต่อไปได้อย่างเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาตัวแบบมาตรฐาน (module) ในการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในปริมาณที่สูง ในระดับโรงงานต้นแบบ ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติชนิดอื่นๆ ได้อีกหลากหลายชนิด โดยมุ่งเน้นสำหรับเริ่มธุรกิจด้านการควบคุมศัตรูพืช โดยชีววิธีในเชิงการค้า (commercial biological control) อีกทั้งเพื่อให้เป็นแหล่งสนับสนุนสายพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ ให้แก่กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนของสถาบันการศึกษา การบริหารจัดการทางวิชาการ และการเกษตรอินทรีย์ในโครงการฯ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ จะเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยพัฒนาบุคลากรด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี รวมทั้งในการลดการใช้สารเคมีในการผลิตพืช ซึ่งเป็นการส่งเสริมการยกระดับคุณภาพชีวิตและความปลอดภัยของประชากร 2) โครงการวิจัยย่อยที่ 2 เรื่อง การศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ภายใต้ระบบห่วงโซ่มูลค่าเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ (A Study on the Production Costs and Economic Returns of Insect Natural Enemy Production under the Value Chain System for Commercial Biological Control) ซึ่งเน้นศึกษาการ ศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติภายใต้ระบบห่วงโซ่มูลค่า ซึ่งมีวัตถุประสงค์ย่อยในการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ และการศึกษาห่วงโซ่มูลค่าของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ มีเป้าหมายเพื่อมุ่งสร้างองค์ความรู้และเป็นกลไกในการพัฒนาการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ และการพัฒนาโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์อย่างแท้จริง 3) โครงการวิจัยย่อยที่ 3 เรื่อง การใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติและการวัดมูลค่าความเป็นประโยชน์เพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมโดยชีววิธี: กรณีศึกษา ในนาข้าวและพืชผักวงศ์กะหล่ำในระบบเกษตรอินทรีย์ (Utilization of the Insect Natural Enemies and their Beneficial Value for Biological Control of Insect Pests: the Case Study of insect pests in Organic Paddy Fields and Cruciferous Crops) การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายโดยมีการ ทดสอบนำแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายที่ผลิตจากโรงงานต้นแบบมาใช้ประโยชน์ในระดับแปลงทดลอง และแปลงเกษตรกร โดยเน้นเกษตรกรกลุ่มที่ไม่ใช้หรือลดการใช้สารเคมี โดยกำหนดชนิดพืชต้นแบบของการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าว และพืชผักวงศ์กะหล่ำ โดยมีการประเมินผลประโยชน์เชิงต้นทุน (Beneficial cost) ตามวิธีประเมินตามศาสตร์ของการควบคุมศัตรูพืชโดย ชีววิธี ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจะมีการ

นำมาสังเคราะห์ข้อมูลจะจัดทำเป็นองค์ความรู้ ที่เน้นให้เกษตรกรและผู้นำไปใช้ เห็นประโยชน์ และสามารถ  
ใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูธรรมชาติ ได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับสถานการณ์การระบาดของแมลง  
ศัตรูพืชในท้องถิ่น เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการลงทุนด้านการผลิตพืชแบบปลอดภัย โดยคาดว่าผลที่  
ได้จากการวิจัยจะมีส่วนช่วยให้เกษตรกรผู้ใช้เทคโนโลยีมีความมั่นใจ และเป็นการเผยแพร่องค์ความรู้ด้าน  
การควบคุมโดยชีววิธีให้เป็นที่รู้จักในกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ในพื้นที่จริง และเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมีใน  
นาข้าว และแปลงปลูกพืชผัก และ 4) โครงการวิจัยย่อยที่ 4 เรื่องการพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล  
การบริหารจัดการด้านการผลิตการตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุแมลงศัตรูธรรมชาติสำหรับ  
เกษตรกรอินทรีย์ (Development of Monitoring and Evaluation System Management, Marketing and Services  
for Mass Production of the Insect Natural Enemies for Organic Agriculture) มีการบูรณาการองค์ความรู้  
ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการพัฒนาโปรแกรมการประเมินผล โดยยึดข้อมูลการวิจัย 3 ด้านได้แก่  
การบริหารจัดการด้านการผลิต ด้านการตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุแมลงศัตรูธรรมชาติ  
เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ เป็นหลัก โดยสถานที่ในการวิจัย คือ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืช  
โดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และแปลงปลูกพืชอินทรีย์ โดยระบบติดตามและประเมินผลการให้บริการ  
ผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุแมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งอยู่ภายใต้เว็บไซต์ของศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีด้านการควบคุม  
ศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของตัวแบบ (module) สำหรับการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบ (pilot plant) สำหรับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาตัวแบบมาตรฐานของโรงงานต้นแบบการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติเชิงพาณิชย์ เพื่อตอบสนองความต้องการด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมีของเกษตรกร ในระบบเกษตรอินทรีย์ การเกษตรยั่งยืน และการผลิตพืช ที่มุ่งเน้นการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช
- 2) เพื่อศึกษาวิธีการนำแมลงศัตรูธรรมชาติไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมในระบบเกษตรอินทรีย์โดยพิจารณาจากความเป็นประโยชน์จากการลงทุน (benefit/cost ratio) รวมทั้งคู่มือการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ และสายพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ
- 3) เพื่อศึกษาต้นทุนความเป็นไปได้ทางธุรกิจของการผลิตสายพันธุ์ของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในเชิงพาณิชย์
- 4) เพื่อพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผลด้านการบริหารจัดการและศักยภาพการผลิต การตลาด และการให้บริการสายพันธุ์ของแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในภาคส่วน ผู้ประกอบการด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืช มีองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิต ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์และการบริหารธุรกิจ สำหรับประกอบการลงทุน การวิเคราะห์ความเสี่ยง และการควบคุมคุณภาพ ในการดำเนินการผลิตสายพันธุ์ของแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์
- 2) ผู้มีส่วนได้เสีย ในส่วนของเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย (จังหวัดภาคเหนือตอนบน) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านการเกษตรอินทรีย์และเกษตรยั่งยืน มีแหล่งให้บริการสายพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติสำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชในแปลงเกษตร
- 3) บุคลากรวิจัย ซึ่งได้แก่ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และผู้ช่วยนักวิจัย ได้มีการพัฒนาศักยภาพ โดยการบูรณาการองค์ความรู้ด้านการวิจัยสู่เชิงพาณิชย์
- 4) องค์ความรู้จากงานวิจัย จะเป็นการช่วยลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเป็นกลไกในการขับเคลื่อนการขยายตัวของกิจกรรมการป้องกันแมลงศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมี เพื่อการเติบโตที่ยั่งยืน และเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชากรในประเทศ
- 5) โครงการวิจัยนี้ เป็นกลไกหนึ่งในการสร้างบุคลากรวิจัยด้านการควบคุมศัตรูพืช โดยชีววิธีสู่กระบวนการวิจัยและตลาดแรงงานด้านการควบคุมศัตรูพืชในอนาคต

## การตรวจเอกสาร

### 1. การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี

การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี (biological control of insect pest) เป็นวิธีการควบคุมศัตรูพืชโดยอาศัยหลักของความสมดุลธรรมชาติ มาปรับใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช โดยใช้สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ควบคุมสิ่งมีชีวิตที่ไม่เป็นที่ต้องการ โดยสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ตามหลักการควบคุมโดยชีววิธีในด้านการเกษตร ได้แก่ แมลงตัวห้ำ แมลงตัวเบียน และเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคให้กับแมลง (ศมาพร, 2556) ดังนั้นวิธีการควบคุมโดยชีววิธีจึงถือได้ว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าทรัพยากรชีวภาพที่มีแหล่งสายพันธุ์ที่เสาะหาได้ตามธรรมชาติ ซึ่งมีความปลอดภัย อีกทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณได้เองตามธรรมชาติ อนึ่งการควบคุมโดยชีววิธี (biological control) ซึ่งในบางครั้งมีการเขียนย่อให้สั้นลงเป็น “biocontrol” เป็นกลยุทธ์หนึ่งของการควบคุมศัตรูพืช (pest control) ซึ่งโดยทั่วไปและเป็นส่วนใหญ่ มีการนำมาใช้เป็นวิธีการหนึ่งในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ไรศัตรูพืช สัตว์ศัตรูพืช และ วัชพืช ชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญทางการเกษตร และ สาธารณสุข การควบคุมโดยชีววิธีเป็นการควบคุมศัตรูพืชในเป้าหมาย (target pests) โดยการใช้สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ (beneficial organisms) ชนิดต่างๆ ที่เรียกกันโดยรวมเป็น “ศัตรูธรรมชาติ” (natural enemy) ซึ่งประกอบด้วย ตัวห้ำ (predator) และ ตัวเบียน (insect parasite หรือ parasitoid) ที่ส่วนใหญ่จะเป็นแมลงตัวห้ำ และแมลงตัวเบียนที่กินแมลง (entomophagous insects) และ เชื้อโรค (pathogens) สำหรับการใช้วิธีการควบคุมศัตรูพืชต่างๆ โดยชีววิธี ในปัจจุบัน หากกล่าวถึงแมลงตัวห้ำและแมลงตัวเบียนจะหมายถึง แมลงกินแมลง (entomophagous insects) ที่การควบคุมโดยชีววิธีดั้งเดิมให้ความสำคัญอย่างมาก และเป็นกลุ่มแมลงที่มากด้วยปริมาณ และ ความหลากหลายทางชนิด (species diversity) ครอบคลุมในเกือบในทุกอันดับ (Order) ของแมลง เช่น Thysanoptera Stlepsitera Orthophthora Coleoptera Hemiptera (Homoptera เดิม และ Hemiptera) Lepidoptera Diptera และ Hymenoptera โดยในด้านอนุกรมวิธาน แมลงตัวห้ำจะพบในแมลงหลายอันดับ โดยประมาณคือ 14 อันดับ และ 167 วงศ์ (Sweetman, 1936) แมลงตัวเบียน มีจำนวนชนิดครอบคลุม 5 อันดับ และ 87 วงศ์ (Sweetman, 1936) ส่วนการใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อการควบคุมแมลงศัตรูพืชนั้น มนุษย์ได้รู้จักจากการสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และนำมาใช้โดยภูมิปัญญา มาตั้งแต่การกำเนิดสมัยโบราณ (Ancient origins) มาเป็นเวลากว่าพันปีแล้วจากการสังเกตและภูมิปัญญาของมนุษย์ ได้แก่การใช้มดแดงตัวห้ำ (Sweetman, 1936) อนึ่งด้านวิทยาการด้านการควบคุมโดยชีววิธีได้เริ่มต้นในช่วงศตวรรษที่ 17 - 18 ซึ่งได้มีการบันทึกและรายงานที่เกี่ยวข้องกับแมลงกินแมลง (entomophagous insects) ทั้งที่เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับด้วงเต่าตัวห้ำ (predaceous coccinellids) และมวนตัวห้ำ (predaceous bugs) เป็นต้น (DeBach, 1964; DeBach

and Rosen, 1991; Sweetman, 1936) อีกทั้งมีรายงานด้านความสำเร็จของการควบคุมโดยชีววิธีในการใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติทดแทนการใช้สารเคมีอย่างชัดเจนครั้งแรกได้เกิดขึ้นในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1840 และ 1870 ได้แก่โครงการ ควบคุมเพลี้ยหอยนวมฝ้าย (cottony-cushion scale, *Icerya purchasi* (Maskell) โดยใช้ด้วงเต่าตัวห้า ซึ่งมีชื่อสามัญคือ vedalia beetle และชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Rodolia cardinalis* (Mulsant) ในประเทศสหรัฐอเมริกา จวบจนเมื่อถึงปี ค.ศ. 1900 โครงการการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มีการพัฒนาทางด้านเทคนิค และวิธีการในการเคลื่อนย้ายดูแลศัตรูธรรมชาติ รวมไปถึงอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นต่างๆ ในการดำเนินงานได้เพิ่มขยายขึ้นเป็นอันมาก โดยในระหว่างช่วงปี 1930 - 1940 การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีได้บรรลุถึงจุดยอด ในช่วงนี้โครงการมากกว่า 57 โครงการ ที่ได้รับความสำเร็จ จากจำนวนนี้ 32 โครงการ ได้รับความสำเร็จอย่างสมบูรณ์ (บรรพต, 2525; DeBach, 1964; DeBach and Rosen, 1991; Sweetman, 1936) อนึ่งการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีได้ถูกนำมาเป็นกลยุทธ์หลักของการควบคุมศัตรูพืชในบริบทของ “ระบบการบริหารศัตรูพืชแบบบูรณาการ” (Integrated pest management หรือ IPM system) และมีกลยุทธ์หลักของศาสตร์สามกลยุทธ์ได้แก่ 1) การควบคุมโดยชีววิธีแบบอนุรักษ์ (conservation biological control) 2) การควบคุมโดยชีววิธีแบบคลาสสิก (classical biological control) และ การควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย (augmentative biological control) โดยที่วิธีการแบบเพิ่มขยายโดยการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ ศัตรูธรรมชาติให้ได้ในปริมาณที่เพียงพอ และปลดปล่อยในแปลงปลูกพืชตามเวลา ปริมาณที่เหมาะสม และเพียงพอสำหรับการควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (สมาพร, 2556 ; DeBach, 1964)

การควบคุมโดยชีววิธีมีส่วนอย่างมากในการช่วยลดการใช้ปัจจัยผลิตจากภายนอก (external input) ซึ่งได้แก่ สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช ทั้งนี้ Cracraft and Grifo (1999) รายงานว่าการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีโดยใช้ศัตรูธรรมชาติ สามารถช่วยลดต้นทุน ด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืชในนิเวศเกษตร ถึง 80 ล้านดอลลาร์ต่อไร่ต่อปี และในระบบป่าไม้ทั่วโลกได้ และ 10 ล้านดอลลาร์ต่อไร่ต่อปี ดังนั้นการควบคุมโดยชีววิธีโดยใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติ จึงนับว่าเป็นกลไกหนึ่งในการที่จะช่วยลดต้นทุนด้านการใช้สารเคมีควบคุมแมลงศัตรูพืชได้โดยตรงอย่างยั่งยืน และยังสามารถลดต้นทุนด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในทางอ้อม ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยสามารถนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของการผลิตพืชในระบบการเกษตรยั่งยืน (sustainable agriculture) การเกษตรอินทรีย์ (organic farming) และ การเกษตรตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง (sufficiency economy) อีกทั้งยังสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2567 ในยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศที่ 4 คือการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน ในข้อ 4.4 การส่งเสริมการผลิตและการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ที่เป็นการ

ขับเคลื่อนการผลิตและบริการบนพื้นฐานแห่งความยั่งยืน ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นการช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของประชากร

## 2. การควบคุมโดยชีววิธีโดยการแผ่ขยายเพิ่มพูนในเชิงพาณิชย์

“การควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายเพิ่มพูน” (augmentative biological control) ซึ่งในศาสตร์ด้านการควบคุมโดยชีววิธีนั้น หมายถึง กิจกรรมใด ๆ ที่เป็นการเพิ่มปริมาณศัตรูธรรมชาติ หรือเพิ่มศักยภาพของศัตรูธรรมชาติในการควบคุมศัตรูพืชเป้าหมาย ดังนั้นวิธีการควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายจึงประกอบด้วย ขบวนการดำเนินการทั้ง การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณศัตรูธรรมชาติ ซึ่งการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ ซึ่งมีภาษาอังกฤษว่า mass rearing ซึ่งหมายถึงการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติกลุ่มที่เป็นแมลง เช่นแมลงตัวห้ำ และตัวเบียน แต่หากเป็นการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในรูปยาเชื้อ (microbial insecticides) จะเรียกว่า mass production โดยการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติมักใช้การเลี้ยงจากเหยื่อหรือตัวอาศัยของมัน แม้ว่าจะมีหลายชนิดสามารถเพาะเลี้ยงโดยใช้อาหารเทียม แต่หลายกรณีมักไม่ประสบผลในการเพาะเลี้ยง ดังนั้นการที่จะประสบผลในการเพาะเลี้ยง สิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งคือความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงตัวอาศัยผนวกกับความเข้าใจด้านนิเวศวิทยา และชีววิทยาของทั้งเหยื่อและศัตรูธรรมชาติ (Huffaker and Messenger, 1976) เป็นการใช้กลยุทธ์ในการบริหารจัดการศัตรูธรรมชาติต่างๆ เพื่อให้ศัตรูธรรมชาติเหล่านั้น มีประสิทธิภาพในการควบคุมระดับประชากรของศัตรูพืชตัวอาศัยให้สูงขึ้น โดยเริ่มกระบวนการจากการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติ (mass culture) และ การปลดปล่อยให้เข้าครอบครองพื้นที่ในช่วงระยะ (periodic colonization) การปลดปล่อยแมลงศัตรูธรรมชาติลงสู่ภาคสนามในรูปแบบต่างๆ นี้ เป็นกระบวนการของการควบคุมโดยชีววิธีแบบหนึ่ง เป็นการพยายามในการเพิ่มปริมาณศัตรูธรรมชาติให้เข้าสู่ธรรมชาติ เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสและศักยภาพเชิงปริมาณของศัตรูธรรมชาติ ในการที่จะช่วยและเสริมการควบคุมปริมาณประชากรแมลงศัตรูพืชในเป้าหมาย ซึ่งจะมีความใกล้ชิดกับงานการศึกษาพื้นฐานทางการควบคุมโดยชีววิธี เนื่องจากต้องมีการคัดเลือกชนิดและสายพันธุ์ศัตรูธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพ มีความเหมาะสม และสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ (amenability to laboratory culture or rearing) ให้ได้ปริมาณที่มากเพียงพอสำหรับการนำไปใช้ได้ ทั้งในระดับห้องกักกันแมลง (insect quarantine) ห้องปฏิบัติการ (laboratory) และเรือนทดลองที่ปกปิด (protective greenhouse) รวมทั้งการพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมจากการศึกษาทดลอง ได้แก่ การศึกษาข้อมูลด้านชีววิทยาและนิเวศวิทยา เพื่อการคาดคะเนว่าแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีการเพาะเลี้ยง และ นำไปปลดปล่อยในภาคสนามนั้น จะสามารถดำรงชีวิตอยู่และขยายพันธุ์ออกไปอีกในสภาพธรรมชาติได้หรือไม่ โดยจะต้องพิจารณาเป็นกรณีไป ตามสภาพแวดล้อมและตามธรรมชาติของท้องถิ่นที่จะนำไปใช้ รวมทั้งปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม (socio-economic factors)

ต่างๆ ด้วย วิธีการที่ได้กล่าวมานี้ เราเรียกว่าวิธีการดำเนินงานเหล่านี้ ว่าเป็น "การควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยาย" ซึ่งหากพิจารณาในอีกทางหนึ่งในบริบทของหลักการควบคุมศัตรูพืชนั้น การปลดปล่อยแมลงศัตรูธรรมชาติจะมีความคล้ายคลึงกับการใช้สารเคมี กล่าวคือ จะมีการนำมาใช้ประโยชน์เมื่อมีการระบาดของแมลงศัตรูพืช หากแต่การปลดปล่อยแมลงศัตรูธรรมชาติจะเป็นการใช้ตัวควบคุมฯ เป็นสิ่งมีชีวิตและไม่มีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นทรัพยากรชีวภาพที่สามารถเสาะหาเชื้อพันธุ์ ได้ตามธรรมชาติ อีกทั้งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่กินพืชเป็นอาหาร นับเป็นปัจจัยการผลิตอย่างหนึ่ง ที่ในบางโอกาสนับเป็นปัจจัยภายในที่หาได้ในแปลงปลูก และเพิ่มปริมาณได้ในแปลงปลูก ซึ่งในด้านการลงทุนด้านการบริหารจัดการแมลงศัตรูพืชแล้ว นับเป็นต้นทุนทางธรรมชาติ (Natural cost) ที่มีความประหยัดและมีความคุ้มค่าในระยะยาว (ทองโรจน์, 2530) โดยมีรายงานสนับสนุนว่าการควบคุมโดยชีววิธี ในทุกรูปแบบเป็นวิธีการควบคุมศัตรูพืชทางเลือกที่สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว และมีส่วนช่วยลดต้นทุนด้านการบริหารจัดการด้านสุขภาพและมลภาวะของสิ่งแวดล้อม ของประชากรโลก (Pimentel *et al.*, 2009) ทั้งนี้ได้มีรายงานเกี่ยวกับการประเมินมูลค่าในแง่การลงทุนด้านการควบคุมศัตรูพืช โดยพบว่า การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ทั้งที่เป็นการควบคุมตามธรรมชาติ (natural biological control) และการควบคุมแบบประยุกต์ (apply biological control) สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ถึง 80 และ 10 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในระบบเกษตรป่าไม้ และแปลงปลูกพืชทั่วโลก (Cracraft and Grifo (1999) อีกทั้งในหลายรายงานอ้างว่าการควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายเป็นวิธีที่สามารถใช้ทดแทนการใช้สารเคมีได้ โดยจากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ 38 ชนิดซึ่งอาศัยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงซึ่งมีความแตกต่างกันไป ในอเมริกาเหนือ พบว่า มีมูลค่าการขายต่อปีถึง 25-30 ล้านดอลลาร์สหรัฐ นอกจากนี้ยังมีผลการประเมินในปี ค.ศ. 1995 อีกทั้งยังมีข้อสรุปว่าในภาพรวมของตลาดผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชในส่วนของศัตรูธรรมชาติมีส่วนอยู่ระหว่าง 16 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ของตลาดของผลิตภัณฑ์สำหรับควบคุมศัตรูพืช โดยไม่ใช้สารเคมี และมีแนวโน้มเพิ่มสัดส่วนขึ้นตามเวลา อีกทั้งสามารถประเมินมูลค่าทั่วโลกโดยประมาณ 180 ถึง 240 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Warner and Getz, 2008) โดยในเรื่องนี้ Van Lenteren (2003) รายงานว่าการควบคุมโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ มีมูลค่าทางการตลาดเพิ่มขึ้นโดยประมาณปีละ 15- 20 เปอร์เซ็นต์ในทุกปี สำหรับในประเทศไทยนั้นแม้ว่าจะมีการนำเทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีมาเผยแพร่แล้วตั้งแต่ ปี. พ.ศ. 2507 รายงานและโครงการเกี่ยวกับเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ เช่น มวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (Hemiptera: Pentatomidae) มวนเพชฌฆาต *Sycanus* sp. (Coleoptera: Reduviidae) แมลงช้าง *Mallada basalis* และ *Plesiochrysa ramburi* (Neuroptera: Chrysopidae) แมลงหางหนีบ *Euborellia* sp. (Dermaptera: Carcinophoridae) แตนเบียนไข่ *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) แตนเบียนเปลี้ยแป้ง *Anagyrus lopezi* (Hymenoptera: Encyrtidae) *Bracon hebetor*

(Hymenoptera: Braconidae) และ แตนเบียนหนอนแมลงค้ำหนามมะพร้าว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555) ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นการเพาะเลี้ยงในปริมาณไม่มาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับการฝึกอบรมและแจกจ่ายแก่เกษตรกร โดยการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายซึ่งได้แก่ การเพาะเลี้ยงมวนเพชฌฆาต (Assassin bug, *Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/ หรือ มวนพิฆาต (Stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) ได้มีเทคโนโลยีพื้นฐานซึ่งได้รับการเผยแพร่ได้แก่ วิธีการใช้หนอนชนิดต่างๆ เป็นอาหาร รวมทั้งหนอนนก *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) ส่วนการเพาะเลี้ยงแตนเบียนไข่ กรมส่งเสริมการเกษตร (2555) ได้แนะนำให้ทำการเพาะเลี้ยงผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* เพื่อนำไข่ของผีเสื้อดังกล่าวมาเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณของแตนเบียน และมีขั้นตอนการเพาะเลี้ยงที่ได้รับการเผยแพร่ในลักษณะเอกสารวิชาการ และโดยหน่วยงานส่งเสริมการเกษตรในกรมฯ นอกจากนี้ได้มีรายงานเกี่ยวกับการผลิตแตนเบียนชนิดนี้ในเชิงการค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านอัตราส่วนเพศเมีย อัตราการฟักออกจากไข่ และอัตราการอยู่รอด โดยได้มีการวัดวิธีการมาตรฐานสำหรับการตรวจวัดคุณภาพ ซึ่งในภาพรวมแล้ว ในต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุโรปและอเมริกาเหนือ จะมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ และการควบคุมคุณภาพ เช่น International Organization for Biological Control (IOBC) ISO 9000 Series (International Standards Organization) และ ASTM (American Society for Testing and Materials) เป็นต้น โดยหน่วยงานเหล่านี้จะใช้ อัตราส่วนเพศ จำนวนเพศเมีย ความยืนยาวของอายุ (อายุขัย) การเจริญพันธุ์ และศักยภาพในการลงเบียนตัวอาศัย เป็นหลัก (Hassan and Zhang, 2001)

### 3. การนำแมลงศัตรูธรรมชาติที่เพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณมาใช้ประโยชน์

จากแนวคิดด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายเพิ่มพูน โดยใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูธรรมชาติ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถนำมาเพาะเลี้ยง เพิ่มขยายปริมาณ แล้วนำไปปลดปล่อย เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชชนิดในเป้าหมายซึ่งได้ หากมีภาวะระบาดขึ้นมา และการปลดปล่อยศัตรูธรรมชาติ ซึ่งเป็นกลยุทธ์หนึ่งของการควบคุมโดยชีววิธี ที่เป็นการควบคุมศัตรูพืชในเป้าหมาย (target pests) และโดยทั่วไปและส่วนใหญ่ มีการนำมาใช้เป็นวิธีการหนึ่งในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ไรศัตรูพืช สัตว์ศัตรูพืช และวัชพืชชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญทางการเกษตร และ สาธารณสุข การควบคุมโดยชีววิธี ในการใช้วิธีการควบคุมศัตรูพืชต่างๆ และได้ถูกนำมาเป็นกลยุทธ์หลักของการควบคุมศัตรูพืชในบริบทของ “ระบบการบริหารศัตรูพืชแบบบูรณาการ” (Integrated pest management หรือ IPM system) เกษตรอินทรีย์ และเกษตรยั่งยืน (สมาพร, 2556 ; DeBach, 1964) ทั้งนี้เพื่อเป็นการรักษาการขึ้นลงของระดับความหนาแน่นของประชากรของแมลงศัตรูพืช ให้อยู่ในระดับที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

โดยการกระทำของแมลงศัตรูธรรมชาติที่ปลดปล่อย และนำสู่การเกิด “สมดุลธรรมชาติ” (Balance of nature หรือ Natural balance) ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น การปลดปล่อยศัตรูธรรมชาติ โดยการปลดปล่อยในภาคสนาม สามารถแบ่งเป็นวิธีการปล่อยได้สามวัตถุประสงค์ได้แก่

- 1) การปล่อยให้ศัตรูธรรมชาติสามารถสถาปนาตัวได้อย่างถาวร (permanent establishment) เป็นการปลดปล่อยศัตรูธรรมชาติที่นำเข้าจากต่างประเทศในจำนวนไม่มาก มักใช้กับการควบคุมแบบคลาสสิก
- 2) การปลดปล่อยแบบให้สถาปนาตัวได้เป็นช่วง ๆ ตามฤดูกาล (periodic colonization หรือ augmentative release) ซึ่งมักจะดำเนินการกับกรณีที่มีแมลงบางชนิดมีการระบาดในบางฤดูกาล โดยปล่อยศัตรูธรรมชาติในฤดูกาลที่ศัตรูพืชเป้าหมายการระบาดจนสามารถควบคุมได้ในฤดูกาลนั้น และปล่อยอีกครั้งในฤดูถัดมา โดยเฉพาะกับศัตรูธรรมชาติที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อศัตรูพืชสูง
- 3) การปลดปล่อยแบบท่วมท้น (inundative releases) เป็นการปลดปล่อยที่ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงรอบปีของการระบาด มักใช้สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชทั่วไป และศัตรูธรรมชาติที่มีตัวอาศัยมากกว่าหนึ่งชนิด โดยอาจใช้ในกรณี การเริ่มปลดปล่อยศัตรูธรรมชาติที่ยังไม่มีในสิ่งแวดล้อมหรือการปลดปล่อยเพิ่มเติม ซึ่งมีความจำเป็นจะต้องใช้ศัตรูธรรมชาติในปริมาณที่สูงมากและสมทบกับที่มีอยู่

อีกนัยหนึ่งการแผ่ขยายเพิ่มพูนศัตรูธรรมชาติ เป็นการใช้กลเม็ดในการจัดการศัตรูธรรมชาติต่างๆ เพื่อเป็นการทำให้ศัตรูธรรมชาติเหล่านั้น มีประสิทธิภาพในการควบคุมระดับประชากรของศัตรูพืชตัวอาศัยให้สูงขึ้น โดยการเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติ (mass culture) และ การปลดปล่อยครอบครองพื้นที่เป็นช่วงระยะ (Pperiodic colonization) การปลดปล่อยแมลงศัตรูธรรมชาติลงสู่ภาคสนามในรูปแบบต่างๆ เป็นกระบวนการของการควบคุมโดยชีววิธีแบบหนึ่ง เป็นการพยายามในการเพิ่มปริมาณศัตรูธรรมชาติให้เข้าสู่ธรรมชาติ เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสและศักยภาพเชิงปริมาณของศัตรูธรรมชาติ ในการที่จะช่วยและเสริมการควบคุมปริมาณประชากรแมลงศัตรูพืชในเป้าหมาย ซึ่งจะมีความใกล้ชิดกันกับ งานการศึกษาพื้นฐานทางด้านการควบคุมโดยชีววิธี เนื่องจากต้องมีการคัดเลือกชนิดและสายพันธุ์ศัตรูธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพ มีความเหมาะสมและสามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ (amenability to laboratory culture or rearing) ให้ได้ปริมาณที่มากเพียงพอสำหรับการนำไปใช้ได้ ทั้งในระดับห้องกักกันแมลง (insect quarantine) ห้องปฏิบัติการ (laboratory) และ เรือนทดลองที่ปกปิด (protective greenhouse) รวมทั้งการพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมจากการศึกษาทดลอง รวมทั้งการศึกษาข้อมูลด้านชีววิทยาและนิเวศวิทยา เพื่อการคาดคะเนว่าแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีการเพาะเลี้ยง และ นำไปปลดปล่อยในภาคสนามนั้น จะสามารถดำรงชีวิตอยู่และขยายพันธุ์ออกไปอีกในสภาพธรรมชาติได้หรือไม่ โดยจะต้องพิจารณาเป็นกรณีไป ตาม

สภาพแวดล้อมและตามธรรมชาติของท้องถิ่นที่จะนำไปใช้ รวมทั้งปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม (socio-economic factors) ต่างๆ ด้วย (สมาพร, 2556)

Van Lenteren (2012) ได้รายงานถึงความเป็นมาของการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายโดยการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติและนำมาปลดปล่อยในแปลงปลูก ว่าเป็นกลยุทธ์การควบคุมโดยชีววิธีที่ได้รับการยอมรับและถูกนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบการควบคุมแมลงศัตรูพืชมาเป็นเวลากว่า 120 ปี จน ณ ปัจจุบันได้มีการนำแมลงศัตรูธรรมชาติกว่า 230 ชนิดมาทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปยุโรป และอเมริกาเหนือ และมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในแปลงปลูกพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ผลไม้ชนิดต่างๆ ข้าวโพด ผัก อ้อย ถั่วเหลือง องุ่น และพืชในเรือนกระจกหลากหลายชนิด ได้แก่ ด้วงเต่าตัวห้ำ *Harmonia axyridis* และ *Cryptolaemus montrouzieri* มวนตัวห้ำ *Orius insidiosus* เพลี้ยไฟตัวห้ำ *Aeolothrips intermedius* และ *Aleurodothrips fasciapennis* แตนเบียน *Encarsia* spp. *Bracon hebetor* และ *Trichogramma* spp. ไรตัวห้ำ *Amblyseius* spp. และ *Typhlodromus* spp. ทั้งนี้ Warner and Getz (2008) ได้รายงานว่าการควบคุมโดยชีววิธีแบบเพิ่มขยายเป็นวิธีที่สามารถใช้ทดแทนการใช้สารเคมีได้เป็นอย่างดี โดยจากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ 38 ชนิดซึ่งอาศัยเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงซึ่งมีความแตกต่างกันไป ในอเมริกาเหนือ พบว่า มีมูลค่าการขายต่อปีถึง 25-30 ล้านดอลลาร์สหรัฐ นอกจากนี้ยังมีผลการประเมินในปี ค.ศ. 1995 อีกทั้งยังมีข้อสรุปว่าในภาพรวมของตลาดผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชในส่วนของศัตรูธรรมชาติมีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 16 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ของตลาดของผลิตภัณฑ์สำหรับควบคุมศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมี และมีแนวโน้มเพิ่มสัดส่วนขึ้นตามเวลา อีกทั้งสามารถประเมินมูลค่าทั่วโลกโดยประมาณ 180 ถึง 240 ล้านดอลลาร์สหรัฐ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการควบคุมโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ มีมูลค่าทางการตลาดเพิ่มขึ้นโดยประมาณปีละ 15- 20 เปอร์เซ็นต์ในทุกปี (Van Lenteren, 2003)

ในประเทศไทยแมลงศัตรูธรรมชาติที่สามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ ณ ปัจจุบันได้แก่ มวนพิฆาต *Eocanthecona furcellata* (Hemiptera: Pentatomidae) มวนเพชรฆาต *Sycanus* sp. (Coleoptera: Reduviidae) แมลงช้าง *Mallada basalis* และ *Plesiochrysa ramburi* (Neuroptera: Chrysopidae) แมลงหางหนีบ *Euborellia* sp. (Dermaptera: Carcinophoridae) แตนเบียนไข่ *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) แตนเบียนเพลี้ยแป้ง *Anagyrus lopezi* (Hymenoptera: Encyrtidae) *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) และ แตนเบียนหนอนแมลงค้ำหนามมะพร้าว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ส่วนใหญ่เป็นการเพาะเลี้ยงในปริมาณไม่มาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับการฝึกอบรมและแจกจ่ายแก่เกษตรกรที่ได้มีปัญหากับการระบาดของศัตรูพืช หรืออีกในทางหนึ่งจะมีการผลิตในปริมาณที่มากในบางโอกาส ที่มีการระบาดของแมลงศัตรูพืชอย่างเร่งด่วน เช่น ในกรณีของแตนเบียนเพลี้ยแป้ง สีมชมพู และแตนเบียนแมลงค้ำหนามมะพร้าว เป็นต้น ทั้งนี้ในประเทศไทยยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการ

ประกอบธุรกิจของภาคเอกชนในการผลิตเชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ โดยเฉพาะในรูปแบบของโรงงานผลิตที่มีมาตรฐานการผลิตศัตรูธรรมชาติ

ปัจจัยที่มีผลต่อผลสำเร็จของการใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติโดยการเพาะเลี้ยงและปลดปล่อยในแปลงหลักที่สำคัญสำหรับการปลดปล่อยศัตรูธรรมชาติคือการเลือก วัชของศัตรูธรรมชาติ เวลา สถานที่ที่เหมาะสม และที่สำคัญไปกว่านั้นคือ มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนปลดปล่อย (cost effectiveness) มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นคำถามที่ผู้ดำเนินการด้านนี้ควรมีตลอดเวลาคือ แมลงศัตรูธรรมชาติเหล่านี้มีความจำเป็นต้องปลดปล่อยหรือไม่ เนื่องจากการปลดปล่อยมิใช่การเดินทางไปในที่ต่าง ๆ และปล่อยศัตรูธรรมชาติออกไปเท่านั้น แต่งานในขั้นตอนนี้ต้องเริ่มจากตั้งแต่การสำรวจ ศึกษาวิจัย และการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ ซึ่งล้วนต้องอาศัยต้นทุนทางเศรษฐกิจ และทางใจของผู้ที่ทำงาน โดยในการปลดปล่อยศัตรูธรรมชาติ สิ่งที่ต้องพิจารณาให้ศัตรูธรรมชาติตั้งตัวได้ คือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตั้งรกรากของศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ ชนิดและสายพันธุ์ย่อย (species and biotype) สภาพดินฟ้าอากาศ (climate and weather) แหล่งอาศัยย่อย (habitats) การปรับตัว (adaptation) การแพร่กระจาย (dispersal) จำนวน และระยะเวลาของชั่วอายุ (number and generation time) การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิต (biotic interaction) และการเกิดการเบียนกันเอง (autoparasitism) (Etzel and Legner, 1999) ดังนั้นหากพิจารณาจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นวิธีการโดยทั่วไปสำหรับการปลดปล่อยศัตรูธรรมชาติเพื่อให้ตั้งหลักแหล่งได้โดยสรุปในการปฏิบัติวิธีการโดยทั่วไปก็คือเลือกสถานที่ที่เป็นตัวแทนของสภาพพื้นที่และดินฟ้าอากาศทั่วไปที่แมลงศัตรูพืชเป้าหมายเกิดระบาดขึ้นเป็นประจำ โดยเราต้องทราบข้อมูลฤดูหรือช่วงระยะเวลาของการระบาด หรือระยะเวลาเจริญเติบโตที่จะพบ ประกอบกับข้อมูลทางชีววิทยา และนิเวศวิทยาของศัตรูพืชเป้าหมายนั้น จากนั้นทำการกำหนดเวลาการปลดปล่อย รวมทั้งกำหนดจำนวนของศัตรูธรรมชาติที่จะทำการปลดปล่อยแต่ละครั้ง โดยพิจารณาถึงความสามารถในการเพาะเลี้ยงเพิ่มขยายปริมาณของศัตรูธรรมชาติในโรงเลี้ยงแมลงหรือห้องปฏิบัติการ รวมทั้งความยากง่ายของการดำเนินงานด้วย อนึ่งหากเป็นการปล่อยเพิ่มเติม ควรนำผลของการปลดปล่อยครั้งก่อนๆ มาประเมินการตั้งรกรากและหลักแหล่งของศัตรูธรรมชาตินั้นๆ ด้วย

การปลดปล่อยในภาคสนาม และ การเข้าครอบครองพื้นที่ (field releases and colonization) ที่ในการดำเนินงานการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ตั้งแต่การสำรวจรวบรวมศัตรูธรรมชาติทั้งในและต่างประเทศ และการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณจะเป็นการเสียเปล่าทั้งหมด หากศัตรูธรรมชาติชนิดนั้นๆ ไม่สามารถที่จะตั้งหลักแหล่งได้ และสิ่งที่ตามมาคือความเสียหาย ด้านเศรษฐศาสตร์ คือการเงิน เวลา และแรงงาน และที่สำคัญคือการหมดกำลังใจและแรงบันดาลใจในการทำงาน ทั้งนี้มีปัจจัยหลายประการที่อาจจะทำให้เกิดความล้มเหลวในการปลดปล่อยให้ศัตรูธรรมชาติตั้งหลักแหล่ง (colonization) โดยหลายปัจจัยมนุษย์ไม่สามารถที่จะควบคุมได้ อีกทั้งมักเป็นปัจจัยที่ไม่เป็นที่รู้มาก่อนมีการปลดปล่อย ดังนั้นหัวใจสำคัญของการปลดปล่อยศัตรูธรรมชาติ เพื่อให้ตั้งหลักแหล่ง คือการพยายาม (ซึ่งอาจต้องใช้ความพยายามหลาย ๆ ครั้ง (multiple

effort) ดำเนินการทุกทางที่จะทำให้ศัตรูธรรมชาติที่ได้รับการปลดปล่อยไปแล้วสามารถตั้งรกราก หรือสถาปนา (establish) ตัวเองในท้องถิ่นใหม่ได้

ปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อการปลดปล่อยแมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อประโยชน์ในการควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชคือความรู้ด้านพื้นฐานทางนิเวศวิทยาของการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีที่สำคัญ หลักๆ จะเกี่ยวข้องกับประชากรของแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีปฏิสัมพันธ์กัน ทั้งที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละตัวของประชากรชนิดเดียวกัน (intraspecific relationship) และ ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรของชนิดต่างๆ (interspecific relationship) ซึ่งความรู้พื้นฐานด้านนิเวศวิทยา ที่จะช่วยให้เรามีความเข้าใจ และสามารถที่จะคัดแปลงและปรับใช้ประโยชน์ปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ ของทั้งประชากรของศัตรูพืชและประชากรของศัตรูธรรมชาติ ในการดำเนินงานด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีได้อย่างถูกต้อง และ เหมาะสมต่อสถานการณ์ และมีความคุ้มค่า เราจึงต้องมีทั้งความรู้และความเข้าใจอย่างเพียงพอกับพื้นฐานหลักทางด้านนิเวศวิทยาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย เรื่องของนิเวศวิทยาประชากร (population ecology) และการควบคุมตามธรรมชาติ (natural control) อย่างไรก็ตาม ถ้าเราจะพิจารณาปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ โดยการใช้แนวทางการดำเนินการในรูประบบ (systems approach) และ การวิเคราะห์ระบบ (systems analysis) ปัจจัยต่างๆ ที่ไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น เช่น สภาพดินฟ้าอากาศ ก็มีอิทธิพลสูงต่อประชากรเช่นกัน เช่น อิทธิพลที่มีต่อวงจรชีวิตของแมลง ในการสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต การมีลูกตก และ ช่วงอายุ เป็นต้น ทั้งนี้ ภายในระบบนิเวศวิทยาทางการเกษตร (agro - ecosystems) เราพยายามที่จะรักษาระดับของศัตรูพืชต่างๆ ให้อยู่ในระดับที่ไม่ใช่ระดับเศรษฐกิจ (non-economic levels) แต่ไม่ใช่ให้อยู่ในสภาพที่ปลอดหรือปราศจากจากศัตรูพืช (pest free situation) การควบคุมศัตรูพืชจะเริ่มที่ระดับเศรษฐกิจ (Economic threshold level – ETL) เพื่อป้องกันมิให้ระดับศัตรูพืชที่กำลังเพิ่มขึ้นนั้นสูงขึ้นจนถึงระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจ (economic injury level – EIL) ซึ่งจะเป็นระดับที่ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากศัตรูพืชจะทนต่อไปอีกไม่ได้ และจะต้องมีการดำเนินการควบคุมทันทีเพื่อบรรเทาความเสียหายนั้น (สมภาพร, 2556; Chapman, , 1931) นอกจากนี้ การประเมินผล (evaluation) ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากสำหรับการดำเนินการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมโดยชีววิธีแบบใดก็ตาม เป็นการทำงานที่ต้องสอดแทรกในทุกๆ ระยะของการดำเนินงาน กล่าวคือ ตั้งแต่การศึกษาเบื้องต้น เช่น การประเมินประสิทธิภาพการควบคุมแมลงเป้าหมายเบื้องต้น ก่อนการพิจารณาขยายขอบเขตการศึกษา การนำเข้าศัตรูธรรมชาติมา ที่ต้องมีการประเมินผลการนำเข้า เช่น การสำรวจและรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าแมลงศัตรูธรรมชาติที่จะนำมาใช้นั้น จะสามารถนำไปใช้กับการปลดปล่อย (releases) แบบใด จึงจะได้ผลดีที่สุด ทั้งในแง่ประสิทธิภาพในการควบคุมศัตรูพืชและ ความสามารถในการดำรงชีวิต หรือ การสถาปนาตนเอง (establishment) ในสภาพแวดล้อมใหม่ และ ขั้นสุดท้ายของการประเมินผล คือ การประเมินค่าหรือผลที่ได้รับจากการดำเนินงาน ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบต่างๆ ของมูลค่าทางเศรษฐกิจ และ/หรือ เศรษฐกิจและสังคม โดยจะมีการประเมินเป็นแต่ละโครงการไป โดยอย่างคร่าว ๆ และ อย่างง่าย ในขั้นต้น โดยกำหนด

เป็นระดับของความสำเร็จต่างๆ สามระดับ ได้แก่ โครงการการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีที่ได้รับความสำเร็จแบบได้ผลอย่างสมบูรณ์ (complete success) โครงการที่ได้รับความสำเร็จแบบที่ได้ผลอย่างเพียงพอ (substantial success) และ โครงการที่ได้รับความสำเร็จแบบที่ได้ผลเป็นบางส่วน (partial) เป็นต้น

#### 4. การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีเชิงพาณิชย์และห่วงโซ่อุปทาน

แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุน ได้มีการให้คำจำกัดความของ ต้นทุน ว่าหมายถึง มูลค่าที่วัดได้เป็นจำนวนเงินของสินทรัพย์ หรือความเสียหายที่เกิดจากการได้ลงทุนไปเพื่อให้ได้สินค้า สินค้าหรือบริการต่างๆ ซึ่งกิจการคาดว่าจะนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในภายหลัง (ดวงมณี, 2546) ส่วนวัตถุประสงค์ในการคิดต้นทุน เรียกว่า หน่วยคิดต้นทุน (cost object) หมายถึงสิ่งที่กำหนดหรือคิดต้นทุนเข้าไปเพื่อให้ได้วัตถุประสงค์ที่ต้องการ หน่วยคิดต้นทุน เช่น ต้นทุนผลิตภัณฑ์ และต้นทุนของบริการ เป็นต้น ในการคิดต้นทุนเข้าเป็นต้นทุนของหน่วยคิดต้นทุนที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย กระบวนการสะสมต้นทุนและการกำหนดต้นทุนเข้ากับวัตถุประสงค์ในการใช้ต้นทุน

การจำแนกต้นทุน โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของต้นทุนกับวัตถุประสงค์ในการใช้ต้นทุนเป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนทางตรง (direct cost) และต้นทุนทางอ้อม (indirect cost) ทั้งนี้ ดวงมณี (2546) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ในการใช้ข้อมูลของผู้ใช้จะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการจำแนกต้นทุนตามลักษณะและวัตถุประสงค์ในการใช้ต้นทุน ได้แก่ 1) การจำแนกต้นทุนตามลักษณะการดำเนินงานซึ่งเป็นการพิจารณาต้นทุนตามลักษณะการดำเนินงานของธุรกิจโดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ต้นทุนการผลิต และต้นทุนที่ไม่เกี่ยวกับการผลิต และ 2) การจำแนกต้นทุนตามส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต คือต้นทุนของโรงงานหรือของการผลิตทั้งหมด ที่เกี่ยวข้องโดยตรงและทางอ้อมกับการผลิตผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบของต้นทุนผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย วัตถุดิบ ค่าแรง และค่าใช้จ่ายการผลิต 3) การจำแนกต้นทุนตามปริมาณกิจกรรมซึ่งคือการจำแนกต้นทุนตามปริมาณกิจกรรมก็คือการวิเคราะห์พฤติกรรมต้นทุน (cost behavior analysis) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกิจกรรม สามารถแยกแบบของพฤติกรรมต้นทุนและค่าใช้จ่ายตามการเปลี่ยนแปลงในกิจกรรม (กิ่งกนก, และคณะ, 2540; ดวงมณี, 2546) คือ ต้นทุนผันแปร และต้นทุนคงที่ ต้นทุนกึ่งผันแปรหรือต้นทุนผสม และ ต้นทุนกึ่งคงที่หรือต้นทุนตามขั้นกิจกรรม 4) การจำแนกต้นทุนเพื่อการตัดสินใจ ซึ่งหมายถึงการจำแนกต้นทุนเพื่อการตัดสินใจคือการพิจารณาข้อมูลต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานโดยสัมพันธ์กับเรื่องที่จะตัดสินใจ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ และต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ

แนวคิดการวิเคราะห์ต้นทุน-ปริมาณ-กำไร (cost – volume - profit analysis) ดวงมณี และคณะ (2545) อ้างว่า การวิเคราะห์ต้นทุน-ปริมาณ-กำไร เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการตัดสินใจในทางธุรกิจหลายๆ เรื่อง ซึ่งผลการวิเคราะห์จะช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ภายในระหว่างต้นทุน ปริมาณ และกำไรของกิจการได้เป็นอย่างดี โดยที่ผลการวิเคราะห์จะเน้นไปที่ผลกระทบภายในระหว่างองค์ประกอบ 5 ชนิด คือ ราคา สินค้า ปริมาณ หรือระดับกิจกรรม ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย ต้นทุนคงที่ และสัดส่วนการขายสินค้าแต่ละชนิด ในด้านการคำนวณจุดคุ้มทุน (break even point) ดวงมณี และคณะ (2545) ได้ให้ความหมายของจุดคุ้มทุนไว้ 2 ประการ ประการแรกคือ ปริมาณขายที่บริษัทมีรายได้ค่าขายได้ทั้งสิ้นเท่ากับค่าใช้จ่ายทั้งหมด ซึ่งรวมทั้ง ค่าใช้จ่ายผันแปร และค่าใช้จ่ายคงที่ ประการที่ 2 คือ จุดที่ทำให้กำไรผันแปรเท่ากับค่าใช้จ่ายคงที่ การวิเคราะห์จุดเสมอตัวทำได้หลายวิธี คือ วิธีสมการ วิธีกำไรผันแปร และกราฟ CVP ทั้งนี้การวิเคราะห์กำไรสุทธิตามเป้าหมาย ดวงมณี และคณะ (2545) อ้างว่าสูตร CVP สามารถนำมาใช้เพื่อให้ทราบถึงปริมาณขายที่ทำให้ได้กำไรที่ต้องการ โดยใช้สูตรกำไรผันแปรมาใช้ในการหาปริมาณขายที่ต้องการ และเกี่ยวข้องกับ ส่วนเกินที่ปลอดภัย (margin of Safety) ซึ่งคือระดับปลอดภัย คือ ส่วนต่างระหว่างค่าขายที่ประมาณการ (หรือค่าขายจริง) กับค่าขายที่จุดเสมอตัว ส่วนต่างจำนวนนี้หมายถึง ค่าขายที่อาจลดลงได้ก่อนที่บริษัทจะถึงจุดขาดทุน ส่วนการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุน ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่างต้นทุนคงที่กับต้นทุนผันแปร ในกิจการ ซึ่งในแต่ละกิจการจะมีอัตราส่วนที่เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างต้นทุนผันแปรกับต้นทุนคงที่ เช่น การนำเครื่องจักรมาใช้แทนแรงงานคน (ดวงมณี และคณะ, 2545)

ในด้านแนวคิดทางการเงิน เบญจวรรณ (2539) ได้ระบุถึงความรับผิดชอบของผู้จัดการทางการเงิน โดยแบ่งเป็น 1) การกำหนดขนาดเงินทุนที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินงานของธุรกิจ (proper amount of funds) กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ธุรกิจที่ดำเนินงานควรจะมีขนาดใด และมีอัตราการเติบโตเท่าใด 2) การจัดหาเงินทุนมาใช้ในธุรกิจ (raising funds) กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เงินทุนที่จะลงในสินทรัพย์ต่าง ๆ นั้นควรมาจากแหล่งใดบ้างจึงจะเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจ และ 3) การจัดสรรเงินทุนของธุรกิจให้มีประสิทธิภาพ (allocation of funds) นั่นคือ ธุรกิจควรที่จะลงทุนในสินทรัพย์ประเภทใดบ้าง และในจำนวนเท่าใด จึงจะทำให้ธุรกิจได้ประโยชน์ที่สุด ในอีกประเด็นหนึ่ง หน้าที่ของผู้บริหารการเงิน (function of the financial manager) ในหัวข้อการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดหาเงินทุน (financial decision) และการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดสรรเงินทุน (investment decision) (ชนะใจ , 2540) ส่วนการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดหาเงินทุน (financial decision) สามารถแบ่งแหล่งที่มาของเงินทุนของธุรกิจ แบ่งได้เป็น 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ 1) จากการกู้ยืม มีทั้งระยะสั้น ระยะปานกลาง และระยะยาว โดยจะเสียดัชนีของเงินทุนในรูปของดอกเบี้ย เป็นการจัดหาเงินทุนจากส่วนของหนี้สิน เช่น การกู้ยืมสถาบันการเงิน การออกหุ้นกู้หรือพันธบัตร และ 2) จากการออกหุ้น มีทั้งหุ้นสามัญและหุ้นบุริมสิทธิ์ โดยจะเสียดัชนีของเงินทุนในรูปของเงินปันผล เป็นการจัดหาเงินทุน

จากส่วนของเจ้าของ ดังนั้น การตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดหาเงินทุน จึงเป็นการตัดสินใจว่าควรจัดหาเงินทุนจากแหล่งใด เป็นจำนวนเท่าใดจึงทำให้ต้นทุนของเงินทุนต่ำสุด และมีความเสี่ยงทางการเงินไม่มากเกินไป นอกจากนี้เงินทุนที่ต้องการนั้น ต้องจัดหามาในเวลาที่เหมาะสม โดยปกติควรจัดหามาก่อนที่จะให้จริง ทั้งนี้ในด้าน การตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดสรรเงินทุน (investment decision) นั้น เงินทุนที่จัดหามาของธุรกิจจากส่วนของหนี้สินและส่วนของผู้อถือหุ้นจะทำมาจัดสรรไปในสินทรัพย์ของธุรกิจ การจัดสรรเงินทุนของธุรกิจนี้จะต้องก่อให้เกิดความสมดุลระหว่างสภาพคล่อง (liquidity) และความสามารถในการทำกำไร (profitability) ถ้าธุรกิจจัดสรรเงินทุนไปลงในสินทรัพย์หมุนเวียนมากจะทำให้ธุรกิจมีสภาพคล่องมาก ความเสี่ยงทางการเงินน้อย เพราะมีสินทรัพย์สามารถเปลี่ยนเป็นเงินสดได้เร็ว แต่ถ้าธุรกิจสรรเงินทุนไปลงในสินทรัพย์ถาวรมาก จะทำธุรกิจมีความสามารถในการทำกำไรสูงเพราะการลงทุนในสินทรัพย์ถาวรก่อให้เกิดรายได้จากการลงทุนมากกว่าดังนั้นผู้บริหารทางการเงินจะต้องทำให้เกิดดุลยภาพระหว่างสภาพคล่องกับความสามารถในการทำกำไร โดยไม่ให้เกิดความเสี่ยงทางการเงินจากการที่จะไม่มีเงินเพื่อการชำระหนี้ที่กำหนด จนทำให้ธุรกิจต้องเสื่อมเสียชื่อเสียงทางด้านเครดิต และธุรกิจต้องมีความสามารถในการทำกำไรในระดับสูงด้วย อนึ่งในการตัดสินใจระยะยาว/การวิเคราะห์โครงการลงทุนของผู้บริหารเกี่ยวกับการใช้เงินทุนในการซื้อสินทรัพย์ถาวรซึ่งถือเป็นรายจ่ายลงทุน (capital expenditure) ที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นการใช้เงินทุนจำนวนมาก การตัดสินใจลงทุนในปัจจุบันแต่ผลประโยชน์จะได้รับในอนาคต ซึ่งทำให้มีผลกระทบจากการลงทุนเป็นเวลาหลายปี ทำให้ผู้บริหารจำเป็นต้องพิจารณาและวิเคราะห์เงื่อนไขและปัจจัยในการลงทุน เพื่อให้กิจการได้รับผลประโยชน์สูงสุด ภายใต้ความเสี่ยงที่เหมาะสม

ลักษณะโครงการลงทุนที่จะพิจารณา มีดังนี้ การลงทุนในโครงการใหม่ หรือการขยายโครงการลงทุน และการลงทุนในโครงการใหม่เพื่อทดแทนโครงการเก่า

ขั้นตอนสำหรับการวิเคราะห์โครงการลงทุน

1. ศึกษาลักษณะและประเภทของโครงการลงทุน
2. ประเมินกระแสเงินสดจ่ายและกระแสเงินสดรับที่เกี่ยวข้องกับโครงการลงทุน
3. ตัดสินใจว่าจะลงทุนในโครงการใด โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ทางการเงินดังนี้
  - 3.1 วิธีระยะเวลาคืนทุน (payback period method)
  - 3.2 วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value method)
  - 3.3 วิธีอัตราผลตอบแทนของโครงการ (internal rate of return method)

ในด้านการวิเคราะห์โครงการลงทุน ต้องเปรียบเทียบผลตอบแทนในทางการเงินและเชิงเศรษฐกิจที่ได้รับจากโครงการ รวมทั้งต้นทุนหรือผลเสียที่เกิดจากการใช้ทรัพยากรในโครงการหนึ่งแทนที่จะนำไปใช้กับโครงการอื่น ซึ่งก็คือ ค่าเสียโอกาสของการใช้ทรัพยากร (opportunity cost) อย่างไรก็ตาม ต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจนั้น มีความหมายต่างจากต้นทุนและผลประโยชน์ทางการเงิน โดยการลงทุนในโครงการใดก็ตามย่อมก่อให้เกิดต้นทุนและผลประโยชน์ทั้งที่มีตัวตน (tangible) และไม่มีตัวตน (intangible) ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการทางเศรษฐกิจ อธิบายได้ดังนี้

ต้นทุนทางเศรษฐกิจของโครงการ (economic cost) หมายถึง ต้นทุนค่าใช้จ่ายอันเกิดจากการใช้ทรัพยากรอย่างแท้จริง แสดงค่าเสียโอกาสของทรัพยากรที่สูญเสียไปในการนำทรัพยากรมาใช้ในโครงการ ดังนั้น ราคาที่นำมาใช้คำนวณต้นทุนของทรัพยากร จึงเป็นราคาที่สะท้อนถึงมูลค่าที่แท้จริงของการหามาได้ยากซึ่งทรัพยากร ไม่ใช่ราคาในตลาด เพราะราคาตลาดถูกบิดเบือนจากค่าที่แท้จริง นอกจากนี้ ต้นทุนทางเศรษฐกิจยังครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายหรือผลเสียโดยอ้อมจากโครงการต่อบุคคลอื่นที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการโดยตรง (third parties) ซึ่งเจ้าของโครงการไม่ได้แบกรับผลเสียดังกล่าว ในขณะที่ ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจของโครงการ (economic benefit) ซึ่งหมายถึง ผลประโยชน์หรือผลดีโดยตรงในรูปตัวเงินอันเกิดจากการจำหน่ายผลผลิตตามราคาเศรษฐกิจ (economic price) รวมทั้งผลประโยชน์โดยอ้อมที่บุคคลอื่นได้รับจากโครงการโดยไม่มีส่วนรู้เห็นกับการมีโครงการโดยตรง และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ในการได้รับประโยชน์จากโครงการ ซึ่งกล่าวโดยสรุปคือ ในการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐกิจนั้น จะประเมินค่ารายการต้นทุนและผลประโยชน์ในรูปค่าที่แท้จริง (real term) โดยใช้ราคาคงที่ (constant price) ทำให้โครงการไม่ได้รับผลกระทบจากอัตราเงินเฟ้อ เพราะเชิงการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ได้รับผลกระทบโดยเปรียบเทียบเท่านั้น แต่ในการวิเคราะห์โครงการทางการเงินนั้น สามารถใช้ราคาคงที่หรือราคาตลาดก็ได้ เนื่องจากการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐกิจใช้ราคาคงที่เท่านั้น ซึ่งข้อดีของการวิเคราะห์โครงการโดยใช้ราคาคงที่ ประกอบด้วย ประการแรกจากงบกระแสเงินสดของโครงการ เราสามารถหาค่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนที่แท้จริง (real IRR) ได้ทันที ประการที่สอง การวิเคราะห์สามารถเปลี่ยนค่าทางการเงินในงบกระแสเงินสดเป็นค่าทางเศรษฐกิจได้โดยใช้ค่าแปรราคาเงา (conversion factor: CF) และประการที่สามช่วยให้การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการง่ายขึ้น โดยเฉพาะการหาค่าเปลี่ยนการตัดสินใจ (switching value) ง่ายขึ้น

## 5. หลักการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ

หลักการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐกิจไม่มีความแตกต่างกับการวิเคราะห์โครงการทางการเงิน เพราะความเป็นไปได้ของโครงการทางเศรษฐกิจขึ้นกับความคุ้มค่าในการลงทุน วิธีการที่ใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนยังคงใช้เครื่องมือทางการเงินคือการวิเคราะห์ วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value method: NPV) วิธีอัตราผลตอบแทนของโครงการ (internal rate of return method: IRR) และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (benefit cost ratio: BCR) เป็นสำคัญ โดยการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐกิจเริ่มต้นหลังจากที่ได้วิเคราะห์ผลทางการเงินแล้ว จึงทำการปรับประเภทของรายการเป็นผลประโยชน์และต้นทุนของโครงการให้แสดงถึงค่าเสียโอกาสที่กระทบต้นทุนและผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม จากนั้นนำต้นทุนและผลประโยชน์มารวมกันเพื่อหาผลประโยชน์สุทธิของโครงการ นอกจากนี้ยังคำนึงถึงประเภทของรายการทางการเงินที่ปรับค่าทางเศรษฐกิจ (economic value) ร่วมด้วย ได้แก่ ก่อนที่จะคำนวณหาผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจของโครงการจะต้องมีการปรับราคาตลาดเป็นราคาที่แท้จริงทางเศรษฐกิจโดยอาศัยหลักการของทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ การตีค่าของกลุ่มสินค้าเหล่านี้เป็นการตีจากค่าเสียโอกาส ซึ่งก็คือ “ราคาเงา” (shadow prices) หลักการของทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ ราคาตลาด (market price) หมายถึง เป็นราคาหรืออัตราแลกเปลี่ยนที่ถูกกำหนดขึ้นโดยกลไกตลาดอย่างเปิดเผย เป็นไปตามอุปสงค์และอุปทานตลาด และราคาเงา (shadow price) หมายถึง ราคาหรืออัตราแลกเปลี่ยนของสินค้าและบริการ หรือปัจจัยการผลิตที่ถูกคำนวณขึ้นเพื่อให้สะท้อนถึงค่าเสียโอกาสที่แท้จริงของสินค้าและบริการ หรือปัจจัยการผลิตในโครงการ โดยถือว่าราคาตลาดของสิ่งดังกล่าวถูกบิดเบือนจากค่าที่แท้จริง หรือไม่ปรากฏราคาของสิ่งดังกล่าวในตลาด

## 6. แนวคิดห่วงโซ่มูลค่า (value chain concept)

ห่วงโซ่มูลค่า (Value chain) เป็นแนวคิดการบริหารที่สร้างแนวคิดโดย Michael E. Porter ที่ได้เขียนไว้ในหนังสือที่ชื่อว่า “The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance” (Michael, 1985) เป็นแนวคิดที่ช่วยทำให้มีความเข้าใจถึงบทบาทของแต่ละหน่วยงานปฏิบัติการต่างๆ ว่าจะมีส่วนช่วยเหลือให้องค์กรธุรกิจก่อกำเนิตคุณค่าให้แก่ลูกค้าอย่างไร โดยคุณค่าที่บริษัทสร้างขึ้นสามารถวัดได้โดยการพิจารณาว่าผู้บริโภคยินยอมที่จะจ่ายเงินเพื่อซื้อสินค้าหรือบริการ (product or service) ของบริษัทมากน้อยเพียงใด Michael E. Porter ได้นำเสนอแบบจำลองห่วงโซ่มูลค่า (value chain model) โดยแบบจำลองห่วงโซ่มูลค่าจะมุ่งเน้นให้ความสำคัญกับกิจกรรมต่างๆ ในห่วงโซ่มูลค่า ตั้งแต่กิจกรรมการจัดหาแหล่งวัตถุดิบ การแปรรูป กิจกรรมการส่งมอบสินค้า การบริหารให้กับลูกค้า โดยมุ่งสร้างความสามารถการแข่งขันทางธุรกิจและองค์กร ด้วยการวิเคราะห์คุณค่าเพิ่มที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนและกิจกรรมต่างๆ เพื่อเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร ดังนั้นห่วงโซ่มูลค่าจึงเป็นการเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ

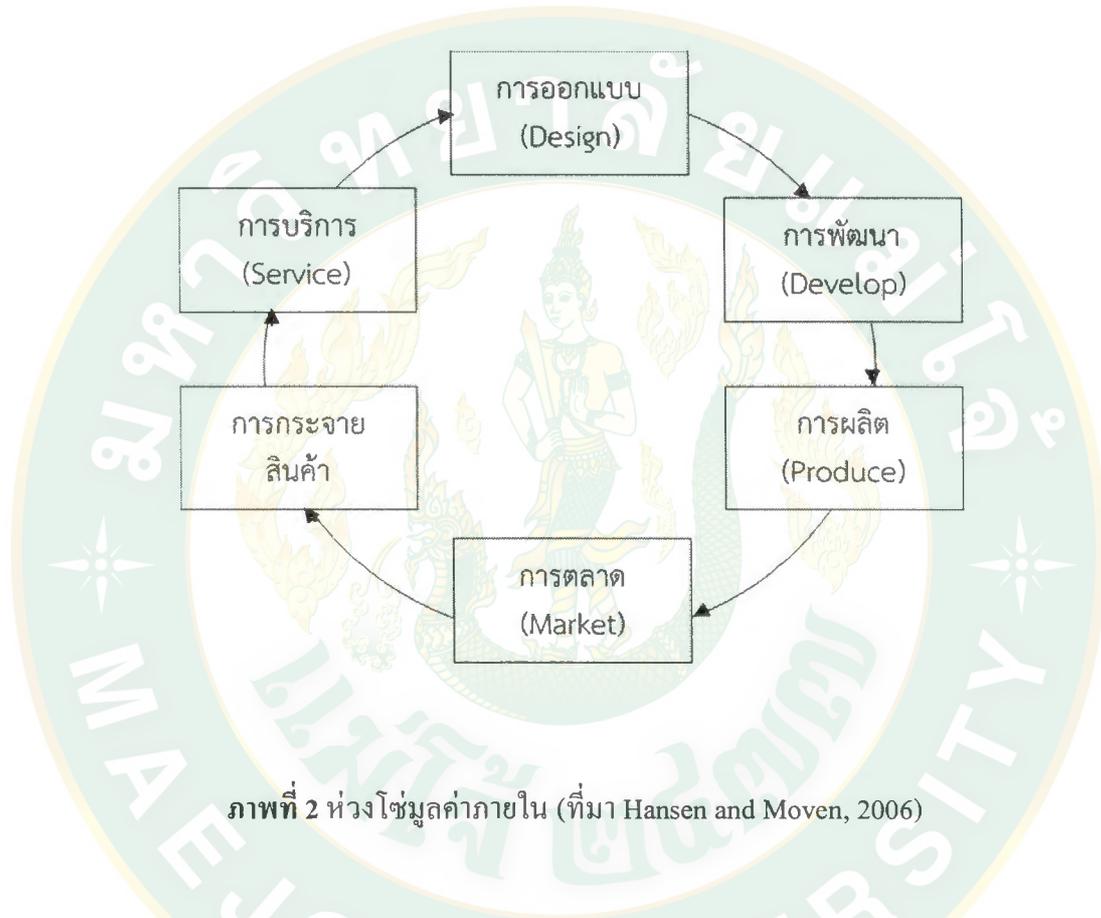
ขององค์กร เพื่อที่จะสร้างคุณค่าในกิจกรรมต่างๆ (value-added activities) ขององค์กร ซึ่งแนวคิดห่วงโซ่คุณค่านี้แบ่งกิจกรรมภายในองค์กร เป็น 2 กิจกรรม คือ กิจกรรมหลัก (primary activities) และกิจกรรมสนับสนุน (support activities) โดยกิจกรรมทุกประเภทมีส่วนในการช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าหรือบริการของบริษัท กิจกรรมหลัก 5 กิจกรรมเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือสร้างสรรค์สินค้าหรือบริการ การตลาด และการขนส่งสินค้าหรือบริการ ไปยังผู้บริโภค กิจกรรมหลัก ประกอบด้วย 1) inbound logistics กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการได้รับ การขนส่ง การจัดเก็บและการ แจกจ่ายวัตถุดิบ การจัดการสินค้าคงเหลือ 2) operations กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนหรือแปรรูปวัตถุดิบให้ออกมา เป็นสินค้า เป็นขั้นตอนการผลิต การบรรจุ 3) outbound logistics กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บ รวบรวม จัดจำหน่ายสินค้า และบริการ ไปยังลูกค้า 4) marketing and sales กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการชักจูงให้ลูกค้าซื้อสินค้าและบริการ เช่น การโฆษณา ช่องทางการจัดจำหน่าย 5) services กิจกรรมที่ครอบคลุมถึงการให้บริการเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า รวมถึงการบริการหลังการขาย การแนะนำการใช้ ส่วนกิจกรรมสนับสนุนเป็นกิจกรรมที่ช่วยสนับสนุนให้กิจกรรมหลักสามารถดำเนินไปได้ ประกอบด้วย 1) procurement กิจกรรมในการจัดซื้อจัดหา อินพุต และปัจจัยการผลิต เช่น วัตถุดิบ แรงงาน เพื่อมาใช้ในกิจกรรมหลัก 2) technology development กิจกรรมเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยในการเพิ่มคุณค่าให้สินค้าและบริการหรือกระบวนการผลิต 3) human resource management กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริหารทรัพยากรบุคคล ตั้งแต่วิเคราะห์งาน สรรหา และคัดเลือก ประเมินผล พัฒนา ฝึกอบรม ระบบเงินเดือนค่าจ้าง และแรงงานสัมพันธ์ 4) firm infrastructure โครงสร้างพื้นฐานขององค์กร ได้แก่ ระบบบัญชี ระบบการเงิน การบริหารจัดการขององค์กร

การวิเคราะห์ห่วงโซ่มูลค่า (value-chain analysis) ซึ่งเชื่อมโยงกับ แนวคิดทางบริหารธุรกิจ ซึ่งได้มีการให้นิยามไว้ดังนี้ “Value-chain analysis is identifying and exploiting internal and external linkages with objective of strengthening a firm’s strategic position” (Hansen and Mowcn, 2005: 493) อีกความหมายหนึ่ง การวิเคราะห์ห่วงโซ่มูลค่า คือ การจำแนกและการใช้ประโยชน์จากความเชื่อมโยงภายในและภายนอก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับตำแหน่งทางกลยุทธ์ของกิจการ (ดนูชา, 2550) ห่วงโซ่คุณค่ามีบทบาทและมีความสำคัญต่อองค์กรเป็นอย่างมาก ไม่เฉพาะกับการผลิตสินค้าเท่านั้น แต่ครอบคลุมถึงการให้บริการที่ดีขึ้น โดยการเพิ่มใส่คุณค่าจำนวนมากๆ ลงไปในผลิตภัณฑ์หรือบริการ ซึ่งการจัดการโซ่คุณค่า มีองค์ประกอบสองอย่างที่มีบทบาทที่สำคัญ ได้แก่ การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (supply chain management หรือ SCM) และการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ (customer relationship management หรือ CRM) โดยห่วงโซ่อุปทานจะช่วยในเรื่องต่างๆ อาทิเช่น การตัดสินใจว่าทรัพยากรหรือวัตถุดิบใดที่ควรจะส่งเข้ามาในโซ่คุณค่า ส่งเข้ามาด้วยปริมาณเท่าใด ทรัพยากรหรือวัตถุดิบเหล่านั้นจะถูกจัดการหรือบริหารอย่างไรเพื่อแปลงให้เป็นสินค้าหรือบริการได้ตามที่ลูกค้าต้องการ และจะส่งสินค้าไปให้ลูกค้าได้อย่างไร มีกำหนดการ

การส่งเป็นอย่างไร การตรวจติดตามและควบคุมการส่งสินค้า (แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (supply chain management))

ในด้านการวิเคราะห์ห่วงโซ่มูลค่าโดยใช้ประโยชน์จากความเชื่อมโยงภายใน (internal linkages) คนุชา (2550) อธิบายว่า ความเชื่อมโยงภายในเป็นความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ที่กระทำภายในส่วนที่เป็นห่วงโซ่มูลค่าของกิจการเอง และเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ห่วงโซ่มูลค่าภายใน (internal value chain) ตัวแบบโดยทั่วไปของห่วงโซ่มูลค่าภายใน แสดงในภาพที่ 2 ซึ่งจะพบว่ากิจกรรมการออกแบบและพัฒนาจะต้องเกิดขึ้นก่อนกิจกรรมการผลิต และรูปแบบของสินค้าที่ออกแบบและพัฒนาจะมากระทบต้นทุนการผลิต ส่วนจะกระทบต้นทุนการผลิตอย่างไรนั้นกิจการจะต้องทราบและเข้าใจตัวผลิตภัณฑ์ต้นทุนของกิจกรรมต่างๆ ดังนั้น ข้อมูลตัวผลิตภัณฑ์ต้นทุนของกิจกรรมจะเป็นส่วนสำคัญในการใช้ประโยชน์จากความเชื่อมโยงภายในนี้ ตัวอย่างเช่น หากวิศวกรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสินค้าตระหนักว่าชิ้นส่วนของสินค้าเป็นตัวผลิตภัณฑ์ต้นทุนที่สำคัญสำหรับกิจกรรมการผลิตทั้งหลาย ในการออกแบบสินค้าใหม่นั้น วิศวกรจึงพยายามใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน ซึ่งหาซื้อได้จากผู้ผลิตโดยทั่วไป มีคุณภาพสูง และช่วงเวลาระหว่างการวางแผนงานกับการเริ่มผลิต (lead time) ในการจัดส่งชิ้นส่วนสั้นลง สิ่งเหล่านี้ล้วนมีส่วนช่วยลดต้นทุนสินค้าในภาพรวมได้ อนึ่งกิจกรรมการออกแบบยังมีผลเชื่อมโยงกับกิจกรรมการบริการในห่วงโซ่มูลค่าภายในของกิจการด้วย ตัวอย่างเช่น การออกแบบสินค้าให้ใช้ชิ้นส่วนน้อยชิ้นลง มีผลทำให้โอกาสของการที่สินค้าทำงานผิดพลาด และทำให้ต้นทุนเกี่ยวกับการประกันคุณภาพลดลง นอกจากนี้ ต้นทุนของการซ่อมแซมสินค้าภายใต้การประกันคุณภาพจะลดลงเนื่องจากกระบวนการซ่อมแซมที่เรียบง่ายขึ้น อันเป็นผลมาจากการใช้จำนวนชิ้นส่วนน้อย และเป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน ซึ่งจากศึกษาพบว่า การออกแบบสินค้าที่มีจำนวนชิ้นส่วนลดลง การคำนวณต้นทุนที่ประหยัดได้ไม่ได้คิดเฉพาะส่วนของต้นทุนชิ้นส่วนที่ลดลงเท่านั้น แต่จะมีการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงภายใน ว่าผลจากการที่มีจำนวนชิ้นส่วนลดลงกระทบกิจกรรมอื่นๆ และต้นทุนที่เกี่ยวข้องอะไรอีกบ้างตลอดห่วงโซ่มูลค่าของกิจการการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับห่วงโซ่อุปทาน (supply chain) ในที่นี้ จะกล่าวถึงการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสินค้าในห่วงโซ่อุปทานและระบบโลจิสติกส์ของสินค้าเกษตรอื่นๆ โดยแบ่งประเด็นการศึกษาออกเป็น 3 ประเด็นหลัก คือ การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการเคลื่อนย้ายสินค้าและการขนส่ง การศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนในระบบ โลจิสติกส์ และการศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมในระบบโลจิสติกส์ ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับการนำแนวคิดการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนไปประยุกต์กับการคิดต้นทุนการผลิตสินค้าเกษตรในประเทศไทยที่ผ่านมา เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นโดยรวมในการผลิต โดยศึกษาจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกร และการใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล (เพชรรัตน์, 2544; กฤษณ์, 2545; ยูพิน, 2545; เกรียงไกร, 2545; อโนทัย, 2546; วันเพ็ญ, 2547) โดยถึงแม้ว่าการศึกษาที่ผ่านมาจะชี้ให้เห็นว่า ได้มีการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตตามประเภทของต้นทุน

อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถใช้เป็นตัวแบบโครงสร้างต้นทุนการผลิตได้ ซึ่งการนำแนวคิดทางการบัญชีต้นทุนและการวิเคราะห์ทางสถิติมาใช้ และการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) จะทำให้ได้ข้อมูลและสารสนเทศทางบัญชีต้นทุนที่ถูกต้อง และใช้อย่างอิงในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน ปริมาณ และรายได้ รวมทั้งการวางแผนทางการเงินได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 2 ห่วงโซ่มูลค่าภายใน (ที่มา Hansen and Moven, 2006)

การวิเคราะห์ห่วงโซ่มูลค่าโดยการใช้ประโยชน์จากความเชื่อมโยงภายนอก (external linkages) โดยความเชื่อมโยงภายนอกนี้ เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรม และแบ่งออกเป็น ความเชื่อมโยงกับผู้จำหน่าย (supplier linkages) และ ความเชื่อมโยงกับลูกค้า (customer linkages) Hansen and Moven (2006) อธิบายว่า ถึงแม้แต่ละองค์กรจะมีห่วงโซ่มูลค่าของกิจการเอง แต่ละกิจการยังเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่มูลค่าที่เรียกว่า ห่วงโซ่มูลค่าอุตสาหกรรม (industrial value chain) ซึ่งการวิเคราะห์ห่วงโซ่มูลค่าทางด้านความเชื่อมโยงกับผู้จำหน่าย ในการพิจารณาจะมีได้เปรียบเทียบกับราคาชิ้นส่วนหรืออำนาจในการต่อรองราคา แต่เพียงอย่างเดียว แต่จะพิจารณาว่าการเลือกผู้จำหน่าย (supplier) มีผลกระทบต่อกิจกรรมอื่นใดอีกบ้างในกิจการ ซึ่งในการจัดซื้อชิ้นส่วนของฝ่ายจัดซื้อ ผู้อำนวยการฝ่ายจัดซื้อต้องทำการคัดเลือก supplier ที่

เหมาะสม สมมติว่า ผลการวิเคราะห์ห่วงโซ่มูลค่าพบว่า การเลือก supplier กระทบกิจกรรมที่สำคัญ 2 กิจกรรมของกิจการเอง คือ กิจกรรมการผลิตสินค้าซ้ำ (reworking products) และกิจกรรมเร่งให้การผลิตเร็วขึ้น (expediting products) ในกิจกรรมการผลิตสินค้าซ้ำ จะเกิดขึ้นเมื่อชิ้นส่วนชำรุดหรือกระบวนการผลิตหยุดชะงัก ส่วนกิจกรรมเร่งให้การผลิตเร็วขึ้น จะเกิดเมื่อมีความล่าช้าในการส่งมอบชิ้นส่วนหรือกระบวนการผลิตหยุดชะงัก ต้นทุนอันเกิดจากการที่ชิ้นส่วนชำรุดและความล่าช้าในการส่งมอบชิ้นส่วน จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้จำหน่ายชิ้นส่วน ส่วนต้นทุนอันเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตหยุดชะงักจะเกี่ยวกับกระบวนการภายในของกิจการเอง ทั้งนี้การเลือกซื้อชิ้นส่วนจากผู้จำหน่ายบนพื้นฐานของราคาต่อหน่วยที่ต่ำแต่เพียงอย่างเดียวจะทำให้ตัดสินใจผิดได้ เนื่องจากคุณภาพของชิ้นส่วนตลอดจนพฤติกรรมการส่งมอบของผู้จำหน่ายมีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตของกิจการอันเป็นการผลิตที่อยู่ในกระบวนการต่อไป ดังนั้น ความรู้เกี่ยวกับห่วงโซ่มูลค่าและการขยายขอบเขตการวิเคราะห์ต้นทุนไปตลอดห่วงโซ่มูลค่าที่เชื่อมโยงกัน จะทำให้กิจการได้ข้อมูลที่ครบถ้วนมากขึ้น การตัดสินใจจึงครอบคลุมไปถึงการพิจารณาคุณภาพของชิ้นส่วน และคุณภาพหรือความรับผิดชอบของผู้จัดจำหน่ายซึ่งในภาพรวมจะมีต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำกว่า ในด้านการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงกับลูกค้า (customer linkages) Hansen and Moven (2006) อธิบายว่า ในการบริหารต้นทุนการบริการลูกค้า วัตถุประสงค์สำคัญของการคิดต้นทุนเชิงกลยุทธ์ คือการกำหนดจุดที่จะสร้างความสามารถในการทำกำไรของกิจการ องค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการกำหนดตำแหน่งกลยุทธ์ คือ ลูกค้า และการเลือกส่วนของตลาด ตามระบบ functional-based costing ต้นทุนในการขายและการบริหารทั่วไปถูกจัดเป็นต้นทุนงวดเวลา และถูกกำหนดให้กับลูกค้าโดยใช้การกำหนดตามสัดส่วนของยอดขายที่ทำได้ ดังนั้น functional-based costing จึงเป็นระบบต้นทุนที่มองว่าการบริการลูกค้าและต้นทุนการบริการลูกค้าเกิดขึ้นเป็นเปอร์เซ็นต์ตามยอดขาย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการจัดการกับตัวเลขยอดขาย ดังนั้น หากต้นทุนในการบริการลูกค้ามีจำนวนเงินเป็นสาระสำคัญแล้ว กิจการจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดต้นทุนอย่างถูกต้อง เพื่อเป็นการป้องกันการจัดการกับส่วนผสมลูกค้า (customer mix) ของพนักงาน ขายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากพนักงานขายไม่สามารถจำแนกความต้องการใช้ทรัพยากรลูกค้าได้ และเพื่อหลีกเลี่ยงผลที่จะเกิดขึ้นนี้เอง ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับลูกค้า ควรกำหนดให้ลูกค้า โดยใช้ระบบต้นทุนกิจกรรม (activity-based costing) โดยเป็นการกำหนดต้นทุนตามกิจกรรมที่กิจการต้องทำเพื่อตอบสนองลูกค้า เช่น กิจกรรมการรับคำสั่งซื้อ โดยการจัดสรรต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับลูกค้าที่ถูกต้องจะทำให้กิจการสามารถจำแนกแยกแยะลูกค้าออกเป็นลูกค้าที่ให้ผลกำไร และไม่ให้ผลกำไร (profitable or unprofitable) คือแบ่งเป็นลูกค้ารายใหญ่ และลูกค้ารายย่อย นอกจากนี้ การกำหนดราคาบนพื้นฐานของข้อมูลที่ถูกต้องมีผลต่อการรักษาลูกค้าและส่วนแบ่งตลาด เนื่องจากต้นทุนกิจกรรมบางอย่างได้รับผลกระทบมาจากพฤติกรรมของลูกค้า การที่กิจการจะลดต้นทุนของกิจกรรมในลักษณะนี้ ส่วนหนึ่งต้อง

หาทางปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของลูกค้า เช่น หาวิธีจูงใจให้ลูกค้ารายย่อยลดจำนวนครั้งของการสั่งซื้อ หรือ เพิ่มขนาดของการสั่งซื้อนั่นเอง เมื่ออุปสงค์ในกิจกรรมการสั่งซื้อลดลง (กิจการไม่จำเป็นต้องทำกิจกรรม มากครั้งเพื่อตอบสนองลูกค้า) กิจการก็สามารถลดทรัพยากรในการทำกิจกรรมที่มีความเชื่อมโยงกันได้

ในด้าน ระบบโลจิสติกส์ (logistic systems) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่แสดงถึงการเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบ และสินค้าจากต้นน้ำไปยังปลายทาง รวมถึงข้อมูลข่าวสารต่างๆ The Council of Logistics Management (CLM) ได้ให้ความหมายของระบบโลจิสติกส์ คือ กระบวนการในการวางแผน ดำเนินการ รวมถึงการ ควบคุมประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเคลื่อนย้าย การจัดเก็บสินค้าหรือบริการ และสารสนเทศตั้งแต่ จุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีการใช้งาน โดยมีเป้าหมายให้เกิดความสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค (Lambert *et al.*, 1998) ในแนวทางเดียวกัน ระบบโลจิสติกส์ หมายรวมถึงกระบวนการเคลื่อนย้ายและ จัดเก็บสินค้า วัตถุดิบ จากผู้จัดส่งวัตถุดิบ ไปสู่การผลิต การกระจายสินค้า จนถึงผู้บริโภคสินค้าขั้นสุดท้าย โดยมีการบริการและบริหารข้อมูลเป็นปัจจัยสนับสนุนช่วยให้การดำเนินงานบรรลุเป้าหมายอย่างมี ประสิทธิภาพ (วิทยา , 2546 และ คำนาย, 2550)

จากนิยามดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า ระบบโลจิสติกส์ มีความเกี่ยวข้องกับบุคคล ตั้งแต่ผู้ผลิต วัตถุดิบหรือเจ้าของปัจจัยการผลิต โรงงานแปรรูป ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีก จนถึงผู้บริโภค โดยกิจกรรมมีทั้ง กิจกรรมหลัก ได้แก่ การขนส่ง การบริหารสินค้าคงคลัง การสั่งซื้อ การบริหารข้อมูล และกิจกรรมการเงิน สำหรับกิจกรรมเสริม ได้แก่ การบริหารคลังสินค้า การดูแลสินค้า การจัดซื้อ การบรรจุหีบห่อ รวมถึงการ บริหารความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้น การบริหารระบบโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพ จะส่งผลให้ต้นทุน รวมของสินค้าถูกลง สินค้ามีคุณภาพ เคลื่อนย้ายไปผู้บริโภคปลายทางได้รวดเร็วขึ้น และถูกต้องตามเงื่อนไข มากขึ้น ส่งผลให้มีขีดความสามารถในการแข่งขันมากขึ้นตามลำดับ โดยในแต่ละองค์ประกอบของระบบโล จิสติกส์ มีกิจกรรมต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบหรือสินค้าเพื่อให้เกิดต้นทุนต่ำสุด โดยสามารถ จำแนกกิจกรรมโลจิสติกส์ออกเป็นกิจกรรมหลัก (primary activity) และกิจกรรมสนับสนุน (supporting activity) (รูธิร์, 2547; รูธิร์ และคณะ, 2552; สนั่น และระพีพันธ์, 2012) ได้แก่ (1) การบริการลูกค้า มุ่งเน้น การตอบสนองความต้องการของลูกค้าเพื่อให้เกิดความพอใจสูงสุด (2) การดำเนินงานตามคำสั่งซื้อ ใน กิจกรรมนี้แบ่งเป็น 3 กิจกรรมย่อย คือ การปฏิบัติงาน การติดต่อสื่อสาร และการให้สินเชื่อและเรียกเก็บค่า สินค้า โดยมุ่งเน้นให้เกิดความรวดเร็วในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า (3) การพยากรณ์ความ ต้องการ มุ่งเน้นความต้องการสินค้าและบริการของลูกค้าในอนาคต (4) การบริหารสินค้าคงคลัง เป็นการ จัดการทางด้านปริมาณสินค้าคงคลัง เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการผลิต การตอบสนองความต้องการของ ลูกค้า และการเงินขององค์กร (5) การเก็บรักษาสินค้าคงคลัง เกี่ยวข้องกับการจัดการเชิงพื้นที่เพื่อใช้ในการ จัดเก็บและรักษาสินค้าคงคลัง ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับการดำเนินงานด้าน

คลังสินค้า (6) การขนส่ง ครอบคลุมการจัดการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบและสินค้า การเลือกวิธีการขนส่งสินค้า และการเลือกเส้นทางขนส่ง โดยลักษณะของการขนส่งที่มีประสิทธิภาพที่เรียกว่า 5Rs Delivery ประกอบด้วย ความตรงต่อเวลา (right time) สถานที่ตามที่ตกลง (right place) ปริมาณถูกต้อง (right quantity) คุณภาพตามที่ตกลง (right quality) และราคาเหมาะสม (right price) (ธนิต โสรัตน์, 2550) (7) การจัดซื้อ จัดหา เกี่ยวข้องกับกระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการดำเนินงานนั้นๆ และ (8) กระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับ เกี่ยวข้องกับการจัดการวัตถุดิบหรือสินค้าเหลือ รวมถึงสินค้าส่งคืน

กิจกรรมโลจิสติกส์สนับสนุน เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นตามสถานการณ์ โดยช่วยให้กิจกรรมหลักดำเนินงานโดยสะดวก ทั้งนี้กิจกรรมสนับสนุนจะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของธุรกิจ ได้แก่ (1) กิจกรรมสนับสนุนการบริการ เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับบริการต่างๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงาน รวมถึงบริการหลังการขาย (2) การเลือกทำเลที่ตั้งและวางแผนคลังสินค้า เกี่ยวข้องกับระยะทางระหว่างแหล่งวัตถุดิบหรือสินค้าและตลาด ซึ่งมีส่วนสำคัญในการตัดสินใจสร้างหรือเช่าสถานที่ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (3) การเคลื่อนย้ายวัสดุหรือสินค้า เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบหรือสินค้าไปยังหน่วยต่างๆ ในระบบโลจิสติกส์ (4) การบรรจุและบรรจุภัณฑ์ การออกแบบและสร้างบรรจุภัณฑ์มีเป้าหมาย 2 ประการ กล่าวคือ ประการแรก เน้นทางการตลาดเพื่อให้สามารถดึงดูดลูกค้าได้ และประการที่สอง เน้นการรักษาผลผลิตไม่ให้เกิดความเสียหายจากการจัดเก็บและการขนส่ง และ (5) การสื่อสารด้านโลจิสติกส์ มีส่วนสำคัญที่ทำให้องค์กรมีการตัดสินใจและการดำเนินงานที่รวดเร็วขึ้น เนื่องจากการประสานงานกันมีความรวดเร็ว และสามารถตอบสนองความต้องการลูกค้าได้รวดเร็วเช่นกัน นอกจากนี้ วรรณกรรมที่ผ่านมายังจำแนกกิจกรรม โลจิสติกส์ตามองค์ประกอบหลักของระบบโลจิสติกส์เช่นกัน โดยแบ่งเป็น 2 ชั้นตอนหลัก คือ กิจกรรมโลจิสติกส์ขาเข้า และกิจกรรมโลจิสติกส์ขาออก (ทวีศักดิ์, 2549) คือ 1) กิจกรรมโลจิสติกส์ขาเข้า (inbound) เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ได้แก่ การจัดหา การจัดซื้อ การขนส่งขาเข้า การรับและเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และกิจกรรมเกี่ยวกับวัตถุดิบคงคลัง และ 2) กิจกรรมโลจิสติกส์ขาออก (outbound) เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสินค้า ได้แก่ การประมวลคำสั่งซื้อ กิจกรรมสินค้าคงคลัง การจัดการคลังสินค้า การเคลื่อนย้ายพัสดุ การบรรจุหีบห่อ การขนส่งขาออก การบริการลูกค้า และการนำสินค้าใช้แล้วกลับเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล อย่างไรก็ตาม ในการประเมินระบบโลจิสติกส์ จำเป็นต้องสร้างตัวชี้วัดและกรอบการประเมิน เพื่อให้สามารถประเมินระบบโลจิสติกส์ได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิผล โดยดัชนีชี้วัดระบบโลจิสติกส์ ประกอบด้วย อัตราการใช้ประโยชน์จากทรัพยากร ระดับสินค้าคงคลัง อัตราการหมุนเวียนสินค้าคงคลัง ค่าเฉลี่ยเวลานำการสั่ง อัตราการส่งมอบตรงตามกำหนด และต้นทุนโลจิสติกส์ (วิโรจน์, 2547) ในขณะที่วรรณกรรมที่ผ่านมายังได้เสนอตัวชี้วัดทางด้านโลจิสติกส์ที่สำคัญในภาพรวม ประกอบด้วย โครงสร้างพื้นฐาน ด้านสถาบัน ผู้ส่งและผู้รับ และผู้

ให้บริการ (รุธิร์ และคณะ, 2552) ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้เป็นประเด็นสำคัญในการวิเคราะห์ระบบโลจิสติกส์ เพื่อให้เห็นภาพที่ครอบคลุมของระบบทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ คือ ประเด็นที่หนึ่ง การวิเคราะห์ถึงโครงสร้างของระบบโลจิสติกส์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบและกิจกรรมต่างๆ ที่เชื่อมโยงกัน และประเด็นที่สอง การประเมินระบบโลจิสติกส์ในเชิงปริมาณ คุณภาพ ต้นทุน เวลา และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ และในแนวทางการบริหารผลิต อธิบายแนวคิดระบบโลจิสติกส์ โดยแบ่งออกเป็นมุมมอง 2 มุมมองคือ ระบบ โลจิสติกส์แบบสิ้น และระบบ โลจิสติกส์แบบกรีน โดยที่ ระบบ โลจิสติกส์แบบสิ้น มีแนวทางว่า ความสูญเปล่า (waste) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในทุกองค์กรธุรกิจ โดยเฉพาะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานที่แฝงอยู่ในรูปการเกิดของเสีย ความล่าช้า และกิจกรรมที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มหรือผลกำไรให้กับธุรกิจ (Lean) แนวคิดแบบสิ้นจึงเป็นแนวคิดที่มีเป้าหมายคือการให้องค์กรดำเนิน โดยปราศจากความสูญเปล่าในทุกๆ กระบวนการหรือการเปลี่ยนจากความสูญเปล่าให้กลายเป็นคุณค่า (Value) เพราะฉะนั้นในการปรับปรุงกระบวนการจะต้องพิจารณาในทุกกระบวนการว่ากิจกรรมใดบ้างเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่าและกิจกรรมใดบ้างที่เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า จากนั้นจึงคิดหาแนวทางและวิธีในการจัดการกับกิจกรรมที่สูญเปล่าเหล่านั้น (ปวีณา และคณะ, 2554) ซึ่งกิจกรรมต่างๆ สามารถแบ่งแยกได้เป็นกิจกรรมที่สร้างคุณค่ากิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าแต่มีความจำเป็นและกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าหรือก่อให้เกิดความสูญเปล่า ซึ่งได้มีการจำแนกประเภทของความสูญเปล่าออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (unnecessary motion) การรอคอย (idle time/delay) กระบวนการที่ขาดประสิทธิผล (non-effective process) การผลิตของเสียและแก้ไขงานเสีย (defects and reworks) การผลิตมากเกินไป (overproduction) การเก็บวัตถุดิบคงคลังที่ไม่จำเป็น (unnecessary stock) และการขนส่ง (transportation) สำหรับคุณค่า (value) ตามแนวคิดสิ้น คือ การสร้างคุณค่า จึงทำให้องค์กรต้องมุ่งขจัดความสูญเปล่าที่ก่อให้เกิดความล่าช้าหรือต้นทุนที่สูงขึ้นแต่ไม่เพิ่มคุณค่าในมุมมองของลูกค้า (customer's perspective) อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สามารถสร้างคุณค่าและการไหลของงานให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นองค์กรแห่งหนึ่งจะต้องมีการขยายผล โดยมุ่งเชื่อมโยงตลอดทั้งกระบวนการที่สร้างคุณค่าหรือสายธารแห่งคุณค่า ตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นที่ส่งมอบคุณค่าให้กับกระบวนการถัดไปจนถึงลูกค้า ประกอบด้วย การรับคำสั่งซื้อ การผลิต การส่งมอบ การเรียกเก็บเงิน และการบริการหลังการขาย อาจกล่าวได้ว่า ต้องมุ่งเน้นให้เกิดสิ้นภายในกระบวนการสร้างคุณค่าตลอดทั้งโซ่อุปทานนั่นเอง (วิทยา และ ยูพา, 2550) ทั้งนี้แนวคิดสิ้นเป็นแนวคิดสำคัญที่เน้นการบริหารจัดการองค์กรให้เพิ่มประสิทธิภาพให้มากที่สุดและมุ่งการจัดการความสูญเสียดังกล่าวที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการให้น้อยที่สุด หรือทำให้กระบวนการผลิตไม่เกิดของเสียเลย (zero waste) นั่นคือ เมื่อสามารถลดความสูญเปล่าได้ ต้นทุนที่เกิดจากการสูญเปล่านั้นจะลดลง ส่งผลให้กำไรเพิ่มขึ้น และย่อมทำให้เกิดความยั่งยืนได้ภายในตัวเองได้อย่างแน่นอน นอกจากนี้ การเน้นการจัดการอุตสาหกรรมที่ใช้ประโยชน์

จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ การหมุนเวียนของเสียกลับมาใช้ใหม่ (waste recovery) ในกระบวนการผลิต การป้องกันปัญหามลพิษโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด (clean technology) มีการแลกเปลี่ยนของเสียที่จะเป็นวัตถุดิบให้กับโรงงานอื่นๆ (industrial symbiosis) โดยเน้นของเสียเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ตามแนวคิดลีน จะเป็นการสร้างโอกาสใหม่ทางธุรกิจ ขณะเดียวกันยังสามารถยกระดับคุณภาพชีวิตและสังคมของประเทศให้ดีขึ้นด้วย ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าหากทำลีนได้ เรื่องความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (green) ก็จะมาตามเอง ดังนั้น แนวคิดลีนจึงเป็นแนวคิดที่ช่วยสนับสนุนการดำเนินธุรกิจอย่างยั่งยืน (TMB Borderless, 2011)

แนวคิดการบริหารความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ในโซ่อุปทาน (supply chain relationship management) จะช่วยให้ทุกองค์กรมีความสัมพันธ์อันดีต่อกัน มีความไว้วางใจ จนทำให้แต่ละองค์กรในโซ่อุปทานมีการบริหารจัดการที่เหมาะสม เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีแนวทางในการบริหารงานไปในทิศทางที่สอดคล้องกัน เอื้อให้เกิดประโยชน์ระหว่างกัน ทำให้เกิดเป็นโซ่อุปทานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (green supply chain) โดยเมื่อนำแนวคิดและวิธีการแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในระบบ โลจิสติกส์ หรือที่เรียกว่า โลจิสติกส์แบบลีน (Lean logistics) เกี่ยวข้องกับมิติด้าน โลจิสติกส์ของการผลิตแบบลีน ซึ่งหน่วยงาน โลจิสติกส์นั้นเป็นเสมือนทีมงานในพิต (Pit crew) ของนักแข่งรถของฝ่ายผลิต โดยมีวัตถุประสงค์ข้อแรกคือ การส่งมอบวัสดุที่ถูกต้อง ไปยังสถานที่ที่ถูกต้อง ในปริมาณที่ถูกต้องและด้วยวิธีการส่งที่ถูกต้องและวัตถุประสงค์ข้อที่สองคือ การดำเนินการทั้งหมดอย่างมีประสิทธิภาพ โลจิสติกส์ขาออกถูกจัดตั้งขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลข่าวกรองด้านตลาด และการขาดแคลนสินค้าก็ควรได้รับการป้องกันโดยการเผื่อระยะเวลาระวังมากกว่าที่จะใช้สินค้าคงคลัง หนึ่งการนำกลยุทธ์โลจิสติกส์แบบลีนมาใช้สามารถทำได้ตามหลักการพื้นฐาน 5 ประการ (วิทยา และยุพา, 2550) ดังนี้ ประการที่ 1 specify value แนวความคิดแบบลีนเริ่มต้นจากการให้ความสำคัญกับคุณค่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมุมมองของลูกค้าซึ่งจะแตกต่างกันไปในสินค้าและบริการแต่ละประเภท โดยที่ ลูกค้าต้องรู้สึกว่าคุณค่าหรือบริการที่ได้รับสามารถตอบสนองความต้องการอย่างคุ้มค่ากับการเงินและเวลาที่เสียไป ประการที่ 2 identify the value stream คุณค่าของกระบวนการผลิตพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์สายธารแห่งคุณค่า (value stream) ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเด็น ได้แก่ การแก้ปัญหา การจัดการสารสนเทศ และการแปรสภาพหรือการเคลื่อนไหลของวัตถุดิบและสินค้า การวิเคราะห์เริ่มต้นด้วยการพิจารณาขั้นตอนในการผลิตทั้งกระบวนการ โดยจะต้องตั้งคำถามว่าแต่ละกิจกรรมนั้นๆ จะสร้างคุณค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้ตามมุมมองของลูกค้าหรือไม่ ถ้าคำตอบจากลูกค้าคือ “ไม่” กิจกรรมนั้นจะถือว่าเป็นกิจกรรมสูญเปล่า (Waste หรือ Muda) ประการที่ 3 Flow การสร้าง value stream mapping (VSM) ในขั้นตอนแรกต้องกำหนดให้ value stream คือ กิจกรรมหรืองานทั้งหมดที่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่มและไม่มีคุณค่าที่ทำให้เกิด ผลิตภัณฑ์และการไหลของวัตถุดิบและข้อมูลสารสนเทศใน

กระบวนการการผลิตโดยละเอียด จากนั้นจึงจำแนกกิจกรรมทั้งหมดเป็นกิจกรรมที่สร้างคุณค่าเพิ่ม ในกระบวนการเปลี่ยนสภาพวัตถุดิบสู่ผลิตภัณฑ์ กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า หรือเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่มีความจำเป็น ตั้งแต่ขั้นตอนในกระบวนการผลิตรวมถึงการตรวจสอบการรอคอยและการขนส่ง กิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าก็ควรกำจัดออกทันที ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการออกแบบกลยุทธ์ต่างๆ เพื่อที่จะกำจัดกิจกรรมสูญเปล่าที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าออกจากกระบวนการผลิต ประการที่ 4 Pull ตามแนวคิดการผลิตแบบลีน สินค้าคงคลังหรือวัสดุคงคลังถือเป็นความสูญเปล่าดังนั้นจึงควรทำการผลิตสินค้าเมื่อลูกค้าต้องการเท่านั้น สิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตต้องทราบคือความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า แล้วใช้การดึงผลิตภัณฑ์เข้าสู่ระบบในปริมาณที่เพียงพอตามที่ลูกค้าต้องการ โดยทำการผลิตแบบทันเวลาพอดี ซึ่งก็คือการสร้างสมดุลและความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตกับความต้องการ เพื่อกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น และ ประการที่ 5 Perfection สินค้าที่สมบูรณ์แบบจะสามารถลดเวลา ลดพื้นที่ ลดต้นทุนและลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการ โดยรูปแบบและกระบวนการผลิตของ สินค้าจะต้องมีคุณค่าในสายตาลูกค้าคือ จะต้องถูกต้องตรงตามความต้องการของลูกค้า ระบบ การไหลของวัตถุดิบสินค้า และข้อมูลจะต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ของเสียเป็นศูนย์ ระบบคงคลังเป็นศูนย์ การผลิตทันเวลาพอดี

ระบบโลจิสติกส์แบบกรีน (green logistics systems) ซึ่งปัจจุบันปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการค้าทางชีวิตมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ภาวะโลกร้อน ภาวะราคาน้ำมันที่ผันผวน ที่ส่งผลให้ทุกคนเกิดความตระหนักและปรับตัวให้สามารถอยู่กับสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุล การบริหารงานด้านโลจิสติกส์ สำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ ที่แต่ก่อนส่วนใหญ่มุ่งเน้นเฉพาะการลดต้นทุนด้าน โลจิสติกส์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันแต่ไม่ได้คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม จึงต้องนำแนวคิดระบบโลจิสติกส์แบบกรีนมาใช้เพื่อสร้างภาพลักษณ์ขององค์กรมากยิ่งขึ้น แนวคิดระบบ โลจิสติกส์แบบกรีน จึงเข้ามาช่วยให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารจัดการ โลจิสติกส์ในระยะยาวอย่างยั่งยืน ระบบโลจิสติกส์แบบกรีน เป็นการบริหารจัดการโลจิสติกส์ในมิติที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม นอกจากจะช่วยประหยัดพลังงานแล้วยังช่วยลดต้นทุนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดอีกด้วย รวมทั้งเสริมสร้างศักยภาพทางการแข่งขันในยุคการค้าเสรี ดังนั้นระบบโลจิสติกส์แบบกรีนเป็นแนวทางการบริหารจัดการที่เน้นในเรื่องของการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกี่ยวข้องในหลายส่วน โดยมีเป้าหมายสำคัญคือ การลดการปล่อยมลภาวะ หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาผลาญพลังงานในรูปแบบต่างๆ ทั้งกระบวนการค้า การผลิต และการส่งมอบสินค้าในกระบวนการขนส่ง ซึ่งแนวคิดเกี่ยวกับการบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์แบบกรีน (สำนักโลจิสติกส์กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, ออนไลน์) การบริหารจัดการของแต่ละกิจกรรมในระบบโลจิสติกส์แบบกรีน มีดังนี้

(1) การเก็บเกี่ยวและผลิตวัตถุดิบ เป็นกระบวนการเริ่มต้นของโซ่อุปทาน ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ เช่น การเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร หรือการแปรรูปเบื้องต้นของวัตถุดิบ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำเสียหรือฝุ่นควัน เป็นต้น ผู้ที่เกี่ยวข้องจึงควรที่จะมีแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวมารองรับ

(2) การผลิตสินค้า กล่าวคือ เมื่อวัตถุดิบถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นสินค้าสำเร็จรูป ย่อมมีความเสี่ยงที่วัตถุดิบหรือทรัพยากรระหว่างการผลิตจะเสียหายได้ เกิดเป็นต้นทุนของสินค้า และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ จึงควรที่จะมีการจัดการดูแลเครื่องจักรและวางแผนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตสินค้า

(3) การบริหารจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งกระบวนการบริหารจัดการสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพ จะต้องมีการพยากรณ์คำสั่งซื้อและความต้องการของลูกค้าได้อย่างแม่นยำ จัดการให้มีการหมุนเวียนสินค้าเร็วและจัดเก็บสินค้าให้น้อยที่สุด เพื่อที่จะให้เกิดสินค้าล้าสมัยหรือสินค้าที่ขายไม่หมดน้อยที่สุด เพราะสินค้าเหล่านั้นจะกลายเป็นของเสียที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

(4) การขนส่งสินค้า การขนส่งสินค้าเป็นกิจกรรมโลจิสติกส์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากเครื่องยนต์ของยานพาหนะที่ใช้สำหรับการขนส่งไม่ว่าจะเป็นทางบก ทางน้ำหรือทางอากาศ ล้วนแล้วแต่สร้างก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศด้วยกันทั้งสิ้น แต่การบริหารจัดการการขนส่งที่มีประสิทธิภาพพร้อมทั้งการจัดรูปแบบการขนส่งที่เหมาะสมจะช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากการขนส่งได้

(5) การบริการลูกค้า การบริการลูกค้านับว่าเป็นกิจกรรมที่สำคัญของโลจิสติกส์ เนื่องจากเป้าหมายที่สำคัญก็คือ การส่งมอบสินค้าที่ถูกต้อง ในเวลาและสถานที่ที่ลูกค้าต้องการ ดังนั้นหากการส่งมอบสินค้าไม่ตรงตามคำสั่งซื้อหรือคุณภาพของสินค้าไม่เป็นไปตามที่ได้ตกลงกันไว้ จะต้องมีกระบวนการการส่งคืนสินค้าเพื่อการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนสินค้าให้กับลูกค้าตามที่ได้ตกลงกันไว้ ซึ่งต้องมีการบริหารจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับ

## การพัฒนากระบวนการประเมินผลการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบ

แนวคิดด้านการติดตามและประเมินผล จะกล่าวถึง การติดตามและประเมินผล ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่งของกระบวนการจัดการองค์กร ซึ่ง วิ William A. Shrode Dan Voich, Jr. ได้ให้คำนิยามว่า การจัดการคือ “กิจกรรมหรือกระบวนการสำหรับการประสานและบูรณาการการใช้ทรัพยากรเพื่อการบรรลุเป้าหมายขององค์กรด้วยการใช้คน ซึ่งคนจะใช้เทคนิคและข่าวสารในโครงสร้างขององค์กร” ซึ่งจากคำจำกัดความนี้ ได้สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการหมายถึงการปฏิบัติ ซึ่งอาศัยองค์ความรู้ของทฤษฎีองค์การมาใช้ให้บรรลุเป้าหมายขององค์กร ซึ่งอาจจะเป็นผลผลิต บริการ หรือความพึงพอใจ ซึ่งกระบวนการจัดการดังกล่าวประกอบด้วย การวางแผน (planning) การจัดองค์กร (organizing) การเป็นผู้นำ (leading) และการประเมินผล (evaluation)

สำหรับกระบวนการติดตามและประเมินผลในปัจจุบันนั้น ตามแนวคิดของ Robert S. Kaplan และ David P. Norton ได้เสนอแนวคิด Balanced Scorecard เพื่อใช้ในการวัดผลของกิจการที่จะทำให้ผู้บริหารระดับสูงเห็นภาพรวมขององค์กรได้ชัดเจนขึ้นให้ได้ภาพรวมขององค์กรอย่างสมดุลขึ้น โดยการวัดผลนอกจากการวัดทางการเงินที่เป็นผลของการดำเนินงานที่เกิดขึ้นมาแล้ว ต้องมีการวัดผลด้านกระบวนการบริหารงาน การสร้าง ความพอใจให้แก่ลูกค้า ตลอดจนสร้างนวัตกรรมและการเรียนรู้ให้แก่องค์กรเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและการสร้างอนาคตให้แก่องค์กรด้วย ด้วยแนวคิดนี้ผู้บริหารสามารถประเมินศักยภาพโดยรวมขององค์กรและความสามารถในการแข่งขันและอนาคตขององค์กรนั้นๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยขอบเขตหรือองค์ประกอบในการวัดผลตามแนวคิดของ Balanced Scorecard ภายใต้มุมมองแต่ละด้านนั้นจะประกอบด้วยประเด็นต่างๆ ได้แก่

- (1) วัตถุประสงค์ (objective) เพื่อเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของแต่ละมุมมองที่ต้องการจะชี้วัด
- (2) ตัวชี้วัด (performance indication) คือ ตัวชี้วัดนั้นจะแสดงให้เห็นว่าองค์กร ได้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ในแต่ละด้านหรือไม่
- (3) เป้าหมาย (target) คือเป้าหมายหรือค่าตัวเลขที่ตั้งไว้เพื่อให้องค์กรบรรลุ ถึงค่านั้นๆ
- (4) แผนงาน โครงการที่ตั้งใจ (initiatives) คือแผนการปฏิบัติงานที่มีการลำดับเป็นขั้นๆ ในการจัดทำกิจกรรม

ซึ่งจากแนวคิดดังกล่าวสามารถนำมากำหนดเป็นตัวแบบเพื่ออธิบาย กระบวนการบริหารจัดการองค์กรในภาพรวม ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างแนวคิดด้านการบริหารจัดการเชิงกลยุทธ์, วัตถุประสงค์ แนวคิดของ Balanced Scorecard ภายใต้ตัวแบบของทฤษฎีระบบได้ ดังนี้ วรรณกุล (2559) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนทัศน์ติดตามและประเมินการใช้งบประมาณประจำปีผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา โดยประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ บุคลากรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตเชียงใหม่ จำนวน 14 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มผู้บริหาร ข (2) กลุ่มผู้ปฏิบัติ (3) กลุ่มกองคลัง เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยใช้การสัมภาษณ์เชิง ลึกแบบรายบุคคล แนวทางการวิเคราะห์เนื้อหา คำสัมภาษณ์ และได้ใช้กรอบแนวคิดในการปฏิบัติงานที่เป็นลำดับขั้นที่ชัดเจนตามวงจร การพัฒนาระบบ (System Development life Cycle: SDLC) ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบและพัฒนาระบบ ส่วนของเจ้าหน้าที่สามารถนำข้อมูลเข้าระบบข้อมูลในสิทธิของ Admin และมีเครื่องมือในการจัดการระบบ ส่วนของผู้บริหารสามารถเข้ามาดูข้อมูลได้ 3 รายการ คือ การติดตามงบประมาณเงินแผ่นดิน การติดตามงบประมาณเงินรายได้ และการดูสถิติงบประมาณย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2556 - 2558 โดยสามารถเลือกดูเฉพาะ เขตพื้นที่ได้ ดาว์นโหลด และเขียนบันทึกที่หน้าจอที่แสดงกราฟได้ (2) การประเมินประสิทธิภาพของระบบ ด้านเทคนิค การทดสอบของ ทุกกระบวนการทั้ง 4 ด้าน สามารถทำงานได้ตามปกติไม่พบปัญหาใด ด้านกระบวนการทำงานสามารถช่วยลดขั้นตอนการทำงาน (3) การ ประเมินประสิทธิภาพของการใช้ระบบ จากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงกว่าระบบเก่า และก่อให้เกิด นวัตกรรม การพัฒนาระบบติดตามและประเมินผลการใช้งบประมาณของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้ ซึ่งควรมีการพัฒนาให้ สามารถใช้งานได้อย่างจริง เพื่อให้เกิดประโยชน์และความยั่งยืนต่อองค์กร พิมพ์พรรณ (2557) ได้ศึกษารูปแบบการจัดการระบบสารสนเทศ การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติราชการด้วยกระบวนการมีส่วนร่วม และอ้างว่า ไม่มีระบบสารสนเทศติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน การตัดยอดงบประมาณไม่ถูกต้องและ ค่อนข้างยาก โดยต้องการให้มีระบบสารสนเทศที่มีความสามารถจัดการข้อมูล เชื่อมโยงและใช้ข้อมูล ร่วมกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ค้นหาและรายงานข้อมูลได้ตามบทบาทความรับผิดชอบ 2) การ พัฒนาระบบสารสนเทศฯ ใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) ภาษาจาวาสคริปต์ (Java Script) และใช้ภาษามาย เอชคิวแอล (MySQL) จัดการฐานข้อมูล ซึ่งการพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) การออกแบบฐานข้อมูล มีจำนวน 20 ตาราง (2) การออกแบบข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ โดยแบ่งเป็น 5 ระบบ คือ ระบบลงทะเบียนการใช้งาน ระบบการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ระบบจัดการข้อมูลโครงการ ระบบรายงานงบประมาณ และระบบรายงานผลการดำเนินโครงการ (3) ผลการประเมินประสิทธิภาพ ระบบจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน ทุกด้านมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ( $X = 4.66$ ) ทั้งด้าน การประมวลผล ( $X = 4.51$ ) ด้านการออกแบบ ( $X = 4.57$ ) ด้านความปลอดภัย ( $X = 4.86$ ) และ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ( $X =$

4.71) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาตรงตามความต้องการ ผู้ใช้งานจะมีความพึงพอใจและนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนสกาวิรัตน์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการที่นักศึกษาทำ โครงการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศล่าช้า ซึ่งมีผลต่อการ ไม่สำเร็จการศึกษาภายใน 4 ปี การวิจัยนี้เสนอแนวทางแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและประเมินการยอมรับตัวแบบระบบการติดตาม โครงการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศการพัฒนาตัวแบบ ใช้ระเบียบวิธีพัฒนาซอฟต์แวร์แบบเอสดีแอลซี (SDLC) และกระบวนการคุณภาพดีมาอิก(DMAIC) 5 ขั้นตอน คือ 1) นิยาม 2) วัด 3) วิเคราะห์ 4) ปรับปรุง และ 5) ควบคุม และประยุกต์ใช้เทคนิค รหัสคิวอาร์โค้ดในการเข้าใช้ระบบและแสดงผลของงานนักศึกษา

ทฤษฎีการวิเคราะห์และพัฒนาระบบ การวิเคราะห์ระบบ มีจุดมุ่งหมาย คือ ความเข้าใจความต้องการธุรกิจ และสร้างแบบจำลองเชิงตรรกะของระบบใหม่ โดยการศึกษาการทำงานและลักษณะของระบบว่าประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง มีความต้องการอะไรบ้างในระบบ หรือสิ่งที่ต้องปรับปรุงในงานที่จะทำ เพื่อให้เป็นแนวทางในการวางแผนในการทำงานการศึกษาครั้งนี้ เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับเกษตรกรรมแปลงใหญ่ตามแนวทางของวงจรการพัฒนาระบบ Water Fall Model และการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ โดยแบ่งกระบวนการทำงานออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งแต่ละขั้นตอนในแต่ละช่วงจะสืบเนื่องกันไปจากขั้นหนึ่งสู่อีกขั้นหนึ่งตามลำดับเหมือนสายน้ำตก โดยสามารถย้อนกลับไปปรับปรุงขั้นตอนก่อนหน้าได้ตามลำดับขั้นตอน (โอกาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555) ซึ่ง Water Fall Model (with Iteration) มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหา (problem definition) และรวบรวมความต้องการของระบบ (requirement) ก่อนการพัฒนาระบบ โดยการรวบรวมความต้องการจากผู้ใช้ระบบ โดยตรง และความต้องการของระบบ (system Requirement)

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ระบบ (analysis) ในการวิเคราะห์ระบบ จะรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาเขียนเป็นไดอะแกรมการไหลของข้อมูล (dataflow diagrams) พจนานุกรมข้อมูล (data Dictionary) และโครงสร้างการตัดสินใจ (structured design)

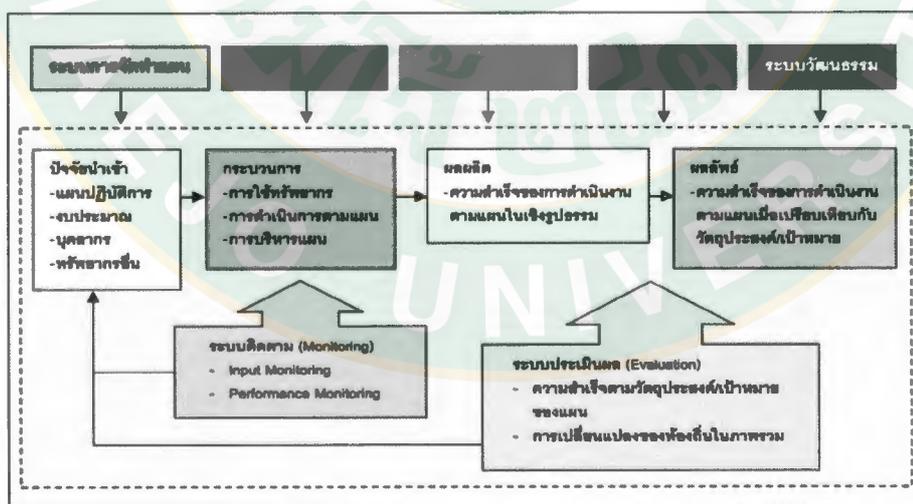
ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบระบบ (design) การออกแบบระบบ จะเป็นการเสนอระบบใหม่ โดยในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบระบบ จะต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการติดตั้งระบบ ออกแบบโปรแกรมใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงโปรแกรมเดิมที่มีอยู่ ออกแบบฐานข้อมูลใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงฐานข้อมูลเดิมที่มีอยู่นอกจากนี้ผู้ออกแบบระบบจะต้องออกแบบรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของผู้ใช้ด้วยวิธีการใช้ระบบใหม่

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาระบบ (development) เป็นการเขียนและทดสอบโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ตามความต้องการของผู้ใช้ ลักษณะการทำงานตรงตามความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างถูกต้องไม่ผิดพลาดและเชื่อถือได้ แก้ไขดัดแปลงได้ง่าย ขั้นตอนนี้จะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรมเมอร์ และนักวิเคราะห์ระบบ เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ ซึ่งจะต้องนำส่วนที่ได้จากการวิเคราะห์มาใช้ขั้นตอนนี้ และต้องทำเอกสารควบคู่ไปด้วย

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบระบบ (testing) เป็นขั้นตอนการทดสอบระบบ ก่อนที่จะนำไปปฏิบัติการใช้งานจริง ทีมงานจะทำการทดสอบข้อมูลเบื้องต้นก่อน ด้วยการสร้างข้อมูลจำลองเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ หากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ก็จะย้อนกลับไปในขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมใหม่

ขั้นตอนที่ 6 การติดตั้งระบบ (installation) ได้แก่ การติดตั้งระบบที่พัฒนาเสร็จแล้ว มีหลายรูปแบบ เช่น เปลี่ยนมาใช้ระบบใหม่ทั้งหมดทันที, ค่อยๆปรับเปลี่ยนโดยนำระบบใหม่มาปรับใช้ทีละส่วน จนครบทุกส่วน, เริ่มใช้งานระบบใหม่คู่ขนานไปกับระบบเดิม

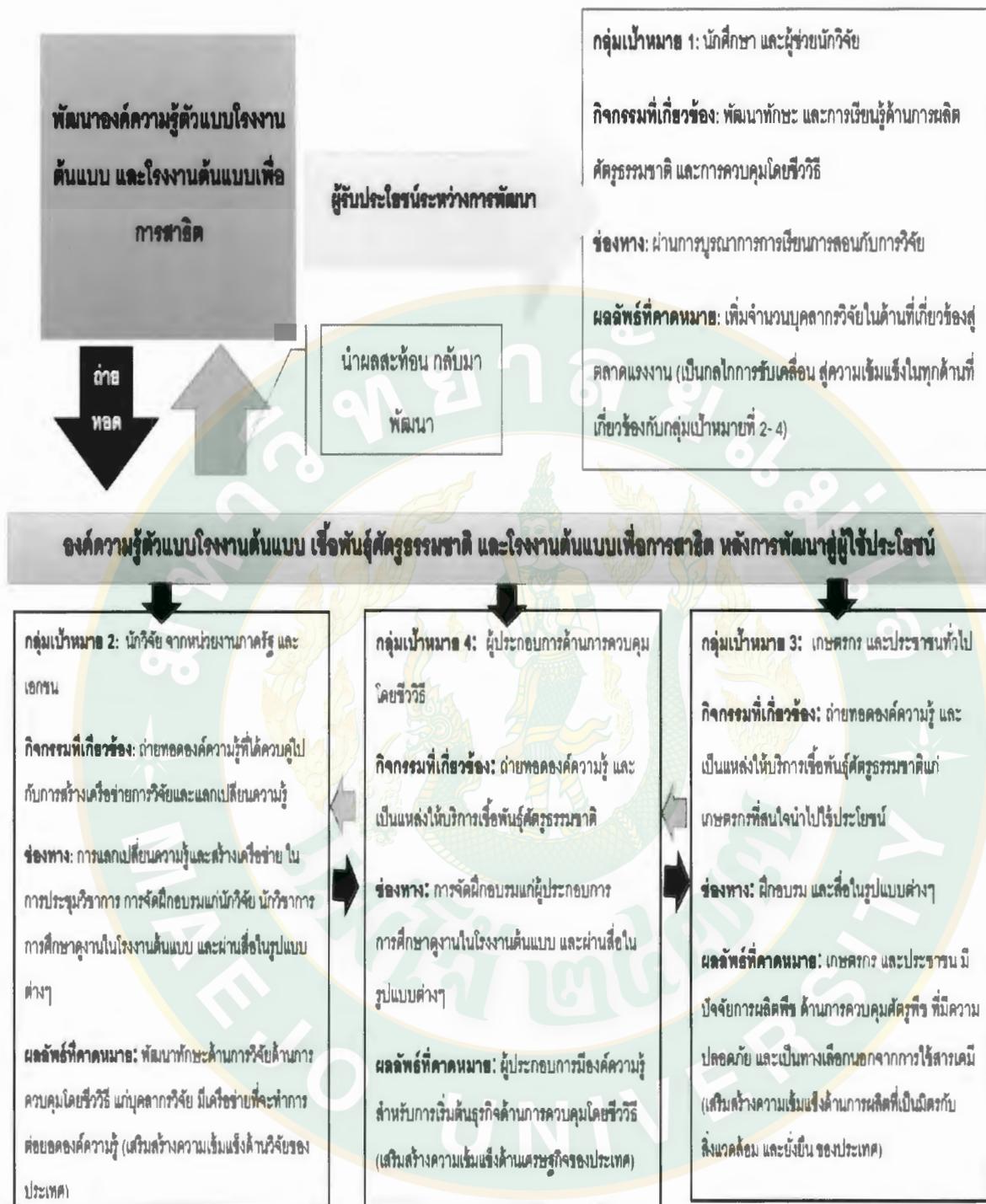
ขั้นตอนที่ 7 การบำรุงรักษาระบบ (maintenance) ได้แก่ การแก้ไขโปรแกรมหลังจากใช้งานแล้ว การบำรุงรักษาระบบควรจะต้องอยู่ภายใต้การดูแลของนักวิเคราะห์ระบบ เมื่อผู้บริหารต้องการแก้ไขส่วนใด นักวิเคราะห์ระบบต้องเตรียมแผนภาพต่าง ๆ และศึกษาผลกระทบต่อระบบ เพื่อให้ผู้บริหารตัดสินใจต่อไปว่าควรจะแก้ไขหรือไม่ (รัตนา, 2560)



ภาพที่ 3 ภาพรวมของกระบวนการพัฒนาระบบประเมินผลการดำเนินงานขององค์กร

## อุปกรณ์และวิธีการ

ชุดโครงการพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบสำหรับการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ซึ่งมีระยะเวลาในการดำเนินงาน 3 ปีวิจัย โดยปีนี้เป็นปีที่ 1 ซึ่งมีเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของชุดโครงการวิจัยคือ ดำเนินการวิจัยแบบบูรณาการวิถีทาง ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี ด้านเศรษฐศาสตร์ และการบริหารจัดการด้านการตลาด และการประเมินผลตลอดจนการดำเนินงานโดยเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบฐานข้อมูลดิจิทัล เพื่อพัฒนาตัวแบบมาตรฐานของโรงงานต้นแบบของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเชิงพาณิชย์ เพื่อให้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช สำหรับเป็นกลไกขับเคลื่อนการขยายตัวของการใช้เทคโนโลยีการควบคุมโดยชีววิธี ในการผลิตอาหารปลอดภัย และลดการใช้สารเคมีที่เป็นพิษ บนพื้นฐานของความยั่งยืน และการคุ้มครองทางเศรษฐกิจ รวมทั้งขับเคลื่อนโดยการสร้างเครือข่าย นักศึกษา นักวิจัย นักวิชาการ หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และผู้ประกอบการ โดยผ่านกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย เช่น การเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการ โดยมีกรอบวิธีการดำเนินงาน ดังแผนภาพ ใน ภาพที่ 4 กล่าวคือ



ภาพที่ 4 แผนภาพกรอบวิธีการและเป้าหมายการดำเนินงานของชุดโครงการ

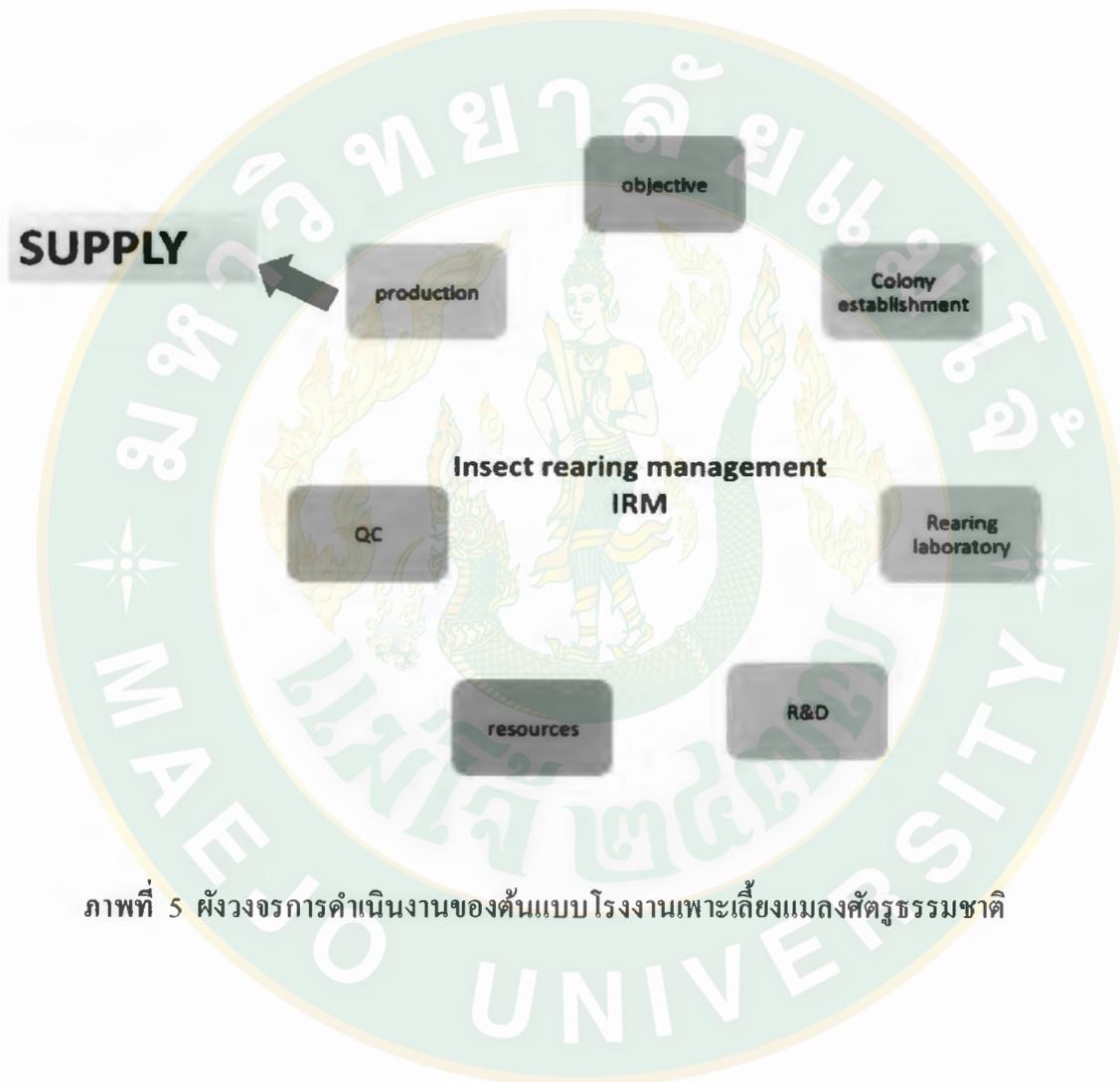
ทั้งนี้เพื่อให้ได้องค์ความรู้สำหรับการดำเนินกิจกรรมโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งผู้ประกอบการที่สนใจสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการดำเนินธุรกิจด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี โดยชุดโครงการฯ ได้กำหนดแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายซึ่งเป็นที่รู้จักในด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในประเทศไทย อีกทั้งยังมีเทคโนโลยีด้านการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในระดับหนึ่ง หากแต่ยังไม่มีการพัฒนาด้านการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ ซึ่งสามารถก่อรายได้ และสร้างอาชีพให้แก่ผู้ผลิต ได้แก่ ซึ่งมวนตัวห้ำ คือ มวนเพชรฆาต (*Assassin bug, Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/ หรือ มวนพิฆาต (Stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) และแมลงตัวคือ แตนเบียน *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ซึ่งหากการวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จ จะถูกส่งเคราะห์เป็นองค์ความรู้ในเรื่อง วิธีการและระบบตัวแบบที่สามารถผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในระดับโรงงานเชิงพาณิชย์ อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังสามารถนำไปขยายผลในการศึกษา พัฒนาเทคโนโลยีด้านการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ชนิดอื่นๆ ที่มีความสำคัญสำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีให้เหมาะสมต่อสถานการณ์การแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืชในแต่ละท้องถิ่นได้อย่างเหมาะสม ต่อไปในอนาคตได้ โดยได้มีวิธีการวิจัยในภาพรวมสำหรับขับเคลื่อนการบูรณาการศาสตร์ด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านกีฏวิทยา นิเวศวิทยา ด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน รวมทั้งด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัยในปีวิจัยที่ 1 งานวิจัยนี้ได้มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

## 1. ด้านการพัฒนาโรงงานต้นแบบ

### 1.1 การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบโรงงาน

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและจัดหาวัสดุอุปกรณ์จำเป็นสำหรับการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบฯ โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลและการวางรูปแบบขององค์ประกอบของโรงงานต้นแบบตามมาตรฐานการผลิตระดับสากล โดยบูรณาการความรู้ด้านกีฏวิทยา ชีววิทยา นิเวศวิทยา และข้อมูลอ้างอิงด้านมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการเดินทางไปศึกษาดูงาน และการติดต่อประสานงานขอความอนุเคราะห์ข้อมูลและข้อเสนอแนะจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการอารักขาพืชจังหวัดเชียงใหม่ และกรมส่งเสริมการเกษตร สวนแมลงลำปางภายใต้ส่วนงานของกรมป่าไม้ รวมทั้งเกษตรกรในเครือข่ายของศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ที่มีความสนใจในการดำเนินธุรกิจด้านการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ จากนั้นนำข้อมูลมาสังเคราะห์และวางรูปแบบโรงงานโดยตั้งเป้าหมายด้านการผลิต ทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพของโรงงานต้นแบบฯ

วงรอบการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของโรงงานให้ครอบคลุมกิจกรรมด้าน 1) การผลิต ได้แก่ การจัดหาพ่อแม่พันธุ์ของแมลงศัตรูธรรมชาติและแมลงศัตรูพืชที่เป็นอาหาร การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยง กิจกรรมการเพาะเลี้ยง 2) การวิจัยและพัฒนา 3) การควบคุมคุณภาพ และ 4) ด้านการบริหารจัดการด้านการผลิต ดังนี้



ภาพที่ 5 ฟังวงจรการดำเนินงานของต้นแบบโรงงานเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ

นำข้อมูลผลการศึกษาในข้อ 1-3 รวมทั้งข้อมูลสภาพแวดล้อม และข้อมูลเชิงพื้นที่ของที่ตั้งโรงงานฯ ณ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีมาสังเคราะห์ เป็นเทคโนโลยีการผลิตพื้นฐานที่มีในปัจจุบัน และนำมาประกอบการตัดสินใจในการจัดสร้างและจัดเตรียมสถานที่ในส่วนต่าง ๆ ของโรงงานฯ จัดหาวัสดุอุปกรณ์ และวางแผนส่วนต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาโรงงานต้นแบบฯ

เตรียมพ่อแม่พันธุ์ การศึกษาข้อมูลด้านชีววิทยา และนิเวศวิทยาประชากร ในสภาพระบบโรงงานของแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย เพื่อประกอบการพัฒนาและวางรากฐานโครงสร้างพื้นฐานของโรงงานฯ ได้แก่ การรวบรวมพ่อแม่พันธุ์จากแหล่งต่างๆ การศึกษาลักษณะทางอนุกรมวิธาน และชีววิทยาของพ่อแม่พันธุ์ และการทดสอบและขยายพันธุ์ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเพาะเลี้ยง และ บันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จำนวนวันที่มวนตัวห้ำใช้สำหรับพัฒนางจรชีวิตในแต่ละระยะ จำนวนไข่ของมวนตัวห้ำที่ฟัก ต่อกล่องจำนวนมวนตัวห้ำที่ตายในแต่ละระยะในแต่ละกล่อง จำนวนเพศผู้และเพศเมียของ มวนตัวห้ำ ในแต่ละกล่อง ช่วงระยะเวลาในช่วงการให้ลูก (reproductive period) ความยืนยาวของอายุของมวนตัวห้ำแต่ละเพศ รวมทั้ง จำนวนไข่ที่มวนตัวห้ำวางในแต่ละกล่อง จากนั้นนำมาข้อมูลที่บันทึก มาหาค่าเฉลี่ย และข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าทางนิเวศวิทยาประชากร และ ชีววิทยา

- 1) บันทึกสภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มของแสง ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผสมพันธุ์และวางไข่ จากนั้นหาค่ากลางเพื่อการจัดสภาพอากาศในโรงงานให้เหมาะสมและมีความสอดคล้องๆ อีกทั้งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม
- 2) ศึกษาและบันทึกข้อมูลสภาพพื้นที่ และภูมิอากาศของที่ตั้งของ โรงงาน เช่น สภาพดิน ปริมาณฝน และอุณหภูมิ
- 3) ศึกษาชนิดและกระบวนการผลิตอาหารของแมลงศัตรูธรรมชาติ
- 4) นำข้อมูลในข้อ 1.1 และ 1.2.1 ถึง 1.2.5 มาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบโรงงานฯ กระบวนการผลิตและบริหารจัดการ โรงงานตามหลักทางกีฏวิทยา รวมทั้งการพัฒนาและจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ที่จำเป็นต่อการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในระบบโรงงาน

พัฒนาสถานที่สำหรับการทดสอบและควบคุมคุณภาพของเชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติดำเนินการ จัดเตรียมห้องควบคุมคุณภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยการใช้ประโยชน์จากห้องปฏิบัติการศูนย์เรียนรู้ เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ณ ฟาร์ม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งประกอบด้วย ระบบปรับอากาศ และระบบการให้แสง มีวัสดุอุปกรณ์สำหรับศึกษาวิจัย และตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ก่อเลี้ยงจุลทรรศน์ ตู้เพาะเลี้ยงแมลง (incubator) ตู้ปลอดเชื้อ หม้อนึ่งความดันสำหรับกิจกรรมการฆ่าเชื้อ สารเคมี สารอาหาร และองค์ประกอบอาหารเทียม และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์เช่นเครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

พัฒนาสถานที่สำหรับผลิตอาหารตามธรรมชาติ (diet) อาหารเทียม (artificial diet) และอาหารสังเคราะห์ (artificial media) และกิจกรรมการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ ในระดับโรงงานต้นแบบ โดยในด้านสถานที่สำหรับผลิตและจัดเก็บอาหารเทียม และอาหารสังเคราะห์ นำข้อมูลสภาพอากาศ ณ จุดที่ดำเนินการพัฒนาสถานที่สำหรับเตรียมและจัดเก็บอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยแบ่งเป็นอาหารสามกลุ่ม ได้แก่ อาหารตามธรรมชาติ อาหารเทียม และ อาหารสังเคราะห์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นตอนการศึกษาวิจัย และสำหรับโครงการวิจัยนี้ การพัฒนาสูตรอาหารสังเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับการนำมาเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ นับเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของ หน่วยวิจัย และพัฒนา

สถานที่ผลิตและเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย โดยพัฒนาโรงเพาะเลี้ยงแมลงสำหรับกิจกรรมการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ รวม 6 โรง แต่ละโรงมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 3x 8x 5 เมตร ในระบบการรักษาระดับอุณหภูมิ ระบบระบายอากาศ ระบบการให้ความชื้น ระบบการให้แสงและระบบการพรางแสง และปรับสภาพแสงให้เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย และ จัดหาอุปกรณ์จำเป็นสำหรับการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย แต่ละชนิด เช่น ชั้นวางกล่องแมลง กล่องแมลง และกรงเพาะเลี้ยงแมลงขนาดต่าง ๆ อุปกรณ์การให้น้ำและอาหารแมลง ได้แก่ งานเลี้ยงเชื้อ แบบแก้วและพลาสติก สำลี ฟู่กัน น้ำกลั่น น้ำผึ้ง กรรไกรตัดกิ่ง น้ำฆ่าเชื้อ โดยจัดเตรียมชั้นวาง กล่องตามความเหมาะสมกับสภาพการเพาะเลี้ยงแมลงชนิดต่าง ๆ

พัฒนาสถานที่สำหรับการวิจัยและพัฒนา การทดสอบประสิทธิภาพ อนุรักษเชื้อพันธุ์ และควบคุมคุณภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย โดยทำการพัฒนาโรงเพาะเลี้ยงแมลงสำหรับกิจกรรมการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ รวม 4 โรง แต่ละโรงมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 3x 8x 5 เมตร โดยเริ่มจากการปรับปรุงโรงเรือนสำหรับเพาะเลี้ยงในระบบการรักษาระดับอุณหภูมิ ระบบระบายอากาศ ระบบการให้ความชื้น ระบบการให้แสงและระบบการพรางแสง และปรับสภาพแสงให้เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูพืชซึ่งเป็นเป้าหมายที่จะนำมาเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ รวมทั้งจัดหาอุปกรณ์จำเป็นสำหรับ

การเพาะเลี้ยงแมลง แต่ละชนิดแบบจำเพาะเจาะจง เช่น ชั้นวางกล่องแมลง กล่องแมลง และกรงเพาะเลี้ยงแมลงขนาดต่าง ๆ อุปกรณ์การให้น้ำและอาหารแมลงได้แก่ จานเลี้ยงเชื้อ แบบแก้วและพลาสติก สำลี พู่กัน น้ำกลั่น น้ำผึ้ง กรรไกรตัดกิ่ง น้ำยาฆ่าเชื้อ โดยจัดเตรียมชั้นวาง กล่องตามความเหมาะสมกับสภาพการเพาะเลี้ยงแมลงชนิดต่าง ๆ การจัดทำมุ้งแบบปิดสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูพืชในระบบปิด ขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 3 x 8 x 3 เมตร จำนวน 8 หลัง และพัฒนา แปลง และสถานที่สำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูพืช และทดสอบประสิทธิภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติในระดับแปลงทดสอบ โดยปลูกพืชในแปลงเปิด ในการทดสอบประสิทธิภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยการปลูกพืชอาศัยชนิดต่าง ๆ เพื่อให้มีภาระระบาดของแมลงศัตรูพืชตามธรรมชาติ ได้แก่ มะนาว ส้ม มะกรูด แปลงมันสำปะหลัง พริกชี้ฟ้า ข้าวโพด และผักวงศ์กะหล่ำ และวงศ์แตง เป็นต้น

พัฒนาสถานที่ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ และระบบควบคุมความปลอดภัยด้านการระบาดของแมลงศัตรูพืชและระบบกำจัดของเสีย จัดทำระบบหมักเศษซากพืชอาศัยที่เพาะเลี้ยงแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ โดยใช้ถังหมักและชีวภัณฑ์สำหรับหมัก เพื่อกำจัดเชื้อปนื้อของแมลงศัตรูพืช หลังการใช้ประโยชน์ ผลิตปุ๋ยชีวภาพไว้สำหรับใช้ในโครงการ

พัฒนาหน่วยบริหารจัดการด้านธุรการและทรัพยากรบุคคล จัดเตรียมห้อง และสถานที่ดำเนินกิจกรรมด้านการบริหารจัดการ ของ โรงงานฯ ได้แก่ห้องธุรการพร้อมเครื่องมือและวัสดุสำนักงาน รวมทั้งจ้างเหมาบุคคลกรด้าน งานธุรการ งานวิจัยและพัฒนา รวมทั้งงานด้านเกษตร ตามความเหมาะสม

## 1.2 การศึกษาแนวทางการขยายปริมาณการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติมีอยู่ในปัจจุบัน และการผลิต สำหรับการใช้ในกิจกรรมการวิจัยและบริการวิชาการ

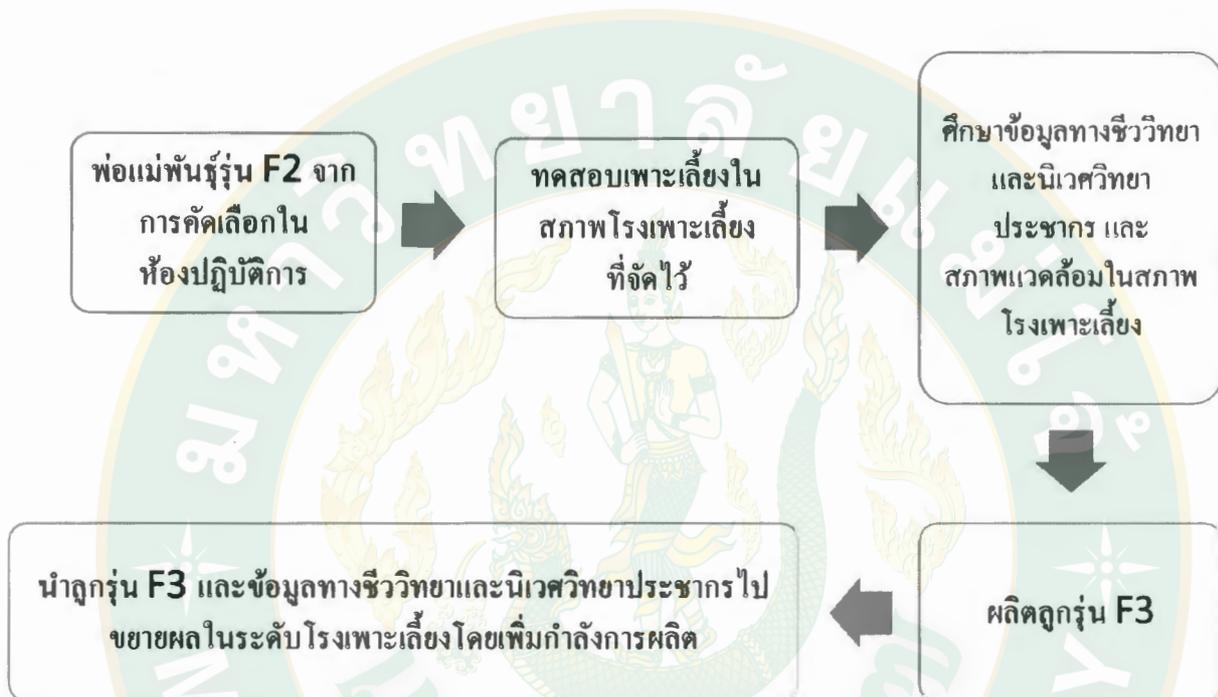
ดำเนินการพัฒนาและกำหนดมาตรฐานการผลิตทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ โดยสังเคราะห์จาก การวิเคราะห์ข้อมูลจากการอ้างอิงมาตรฐานโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติระดับสากล ของ International Organization for Biological Control (IOBC) ร่วมกับข้อมูล ด้านชีววิทยาของแมลง นิเวศวิทยาประชากร และนิเวศวิทยาเชิงพื้นที่ ในข้อ 1 จากนั้นดำเนินการผลิต และ การหมุนเวียน อาหารสำหรับเพาะเลี้ยงแมลง ศัตรูธรรมชาติ และการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ การผลิตหนอนนก (*Tenebrio molito*, Coleoptera: Tenebrionidae) สำหรับการเพาะเลี้ยงมวนตัวห้ำ ไข่ฝีเสื้อข้าวสารสำหรับการเพาะเลี้ยงแตนเบียนไข่ สำหรับการเพาะเลี้ยงแตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) เปลี้ยแป้งมันสำปะหลัง สำหรับเพาะเลี้ยงแมลงช้างปีกใส และ ตัวงเด้าตัวห้ำ รวมทั้งกิจกรรมด้านการวิจัยและพัฒนาเทคนิคการ เพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ ตัวงสาคร ตัวงเรดมะพร้าว เปลี้ยอ่อนถั่ว เปลี้ยอ่อนฝักกาดและ ไโรแมงมุม คันชวา





ภาพที่ 6 กรอบงานภาพรวมของการผลิต และควบคุมคุณภาพของแมลงศัตรูพืชgmjใช้สำหรับเป็น  
อาหารหมუნเวียนของแมลงศัตรูธรรมชาติ

หลังจากการกำจัดและเตรียมความพร้อมบริสุทธิ์ ของพ่อแม่พันธุ์ (เชื้อพันธุ์) ของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในเป้าหมาย ตามวิธีการในข้อ 1 จำนวน 3 ชนิด ซึ่งได้แก่ เพชฌฆาต และ/หรือ มวนพิฆาต และ แตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. ซึ่งเริ่มจากการสำรวจรวบรวมพ่อแม่พันธุ์ การคัดเลือก และปรับสภาพ ตามวิธีการในข้อ 1 จากนั้นนำนำตุ๊กตารุ่น F2 มาศึกษาชีววิทยา และนิเวศวิทยาประชากร ในโรงเพาะเลี้ยง ตามกระบวนการในภาพที่ 21 จากนั้นจึงดำเนินการดังต่อไปนี้



ภาพที่ 7 กระบวนการศึกษาแนวทางการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย เพื่อนำไปขยายผลการขยายปริมาณระดับโรงงาน

ดำเนินการเพาะเลี้ยงขยายปริมาณ มวนเพชฌฆาต (*Assassin bug, Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/ หรือ มวนพิฆาต (Stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) ควบคู่ไปกับการติดตามบันทึกข้อมูลด้านชีววิทยา และนิเวศวิทยา ตามช่วงเวลา เพื่อการประเมินผลและการบริหารจัดการในโรงงาน โดยเริ่มต้นเพาะเลี้ยงจากพ่อแม่พันธุ์ที่ได้รับและคัดเลือกไว้ ณ จำนวน 500 ตัว อัตราส่วนเพศเมีย ร้อยละ 50 อัตราการรอดชีวิตร้อยละ 90.50 และมีค่าอัตราการขยายพันธุ์สุทธิเท่ากับ 1.45 เท่า เมื่อเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเทียม (หนอนนกก)

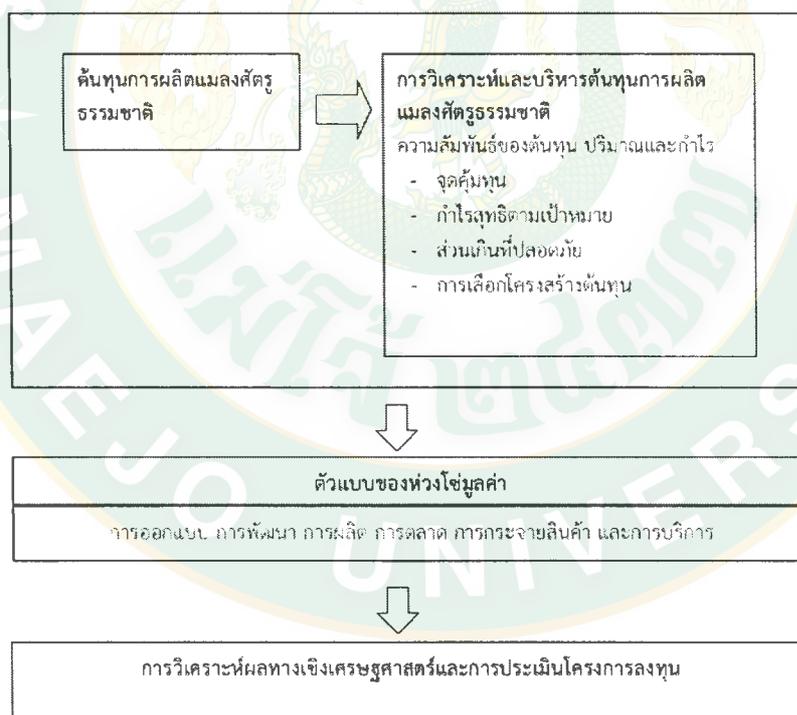
เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงแตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. ซึ่งจะใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการผลิตแตนเบียนชนิดนี้ในระดับโรงงาน คือการเพาะเลี้ยงโดยใช้ไข่ของผีเสื้อข้าวสาร หรือผีเสื้อข้าวเปลือก เป็นตัวอาศัยสำหรับการวางไข่และขยายพันธุ์ของแตนเบียน โดยมีวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นได้แก่ กล่องพลาสติกใส ที่มีฝาซึ่งเจาะรูระบายอากาศแล้วด้วยผ้าใยแก้ว กระจกใสโปสเตอร์สีแดง กาวเท่งฟูกัน ที่เย็บกระจก ลวดเย็บกระจก ตู้เขี่ยเชื้อพร้อมหลอด Ultraviolet (หลอดยูวี) ขนาด 30 วัตต์หลอดไฟนีออนมีคัตเตอร์กรรไกร อุปกรณ์สำหรับตีตารางกระจก น้ำผึ้ง สำลี กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ชั้นวางกล่อง โปสเตอร์ ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ไข่ผีเสื้อข้าวสาร ที่ทำความสะอาดแล้ว

### 1.3 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ด้านการผลิต การควบคุมคุณภาพ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

ดำเนินการด้านการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่สำหรับเพิ่มศักยภาพในการเพาะเลี้ยง โดยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นปีแรกของชุดโครงการ ได้ทำการการศึกษาในประเด็นต่างๆ ได้แก่ 1) ผลของชนิดอาหารต่อชีววิทยาและการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณของมวน 2) การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยไฟตัวห้ำสำหรับการพัฒนาแนวทางการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ (ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติชนิดใหม่สู่ตลาด) การศึกษาชีววิทยาของแมลงศัตรูธรรมชาติ สิ่งสำคัญอย่างยิ่ง คือการปลูกพืชอาศัย และเพาะเลี้ยงเหยื่อหรือตัวอาศัยให้เพียงพอ และ อยู่ในระยะเวลาที่เหมาะสมและสอดคล้อง สำหรับการนำมาใช้เพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติ ในกรณีนี้ ได้ทำการคัดเลือกแมลงที่จะใช้เป็นเหยื่อของเพลี้ยไฟตัวห้ำ *Karnyothrips flavipes* คือเพลี้ยหอย *Coccus viridis* และ เพลี้ยไฟพริก *Scirtothrips dorsalis* 3) การศึกษาชีววิทยาและการเตรียมการสำหรับการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงข้างปีกใส ซึ่งคาดว่าจะแล้วเสร็จในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

## 2. ด้านการศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติภายใต้ระบบห่วงโซ่มูลค่า

การศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติภายใต้ระบบห่วงโซ่มูลค่า โดยมุ่งเน้นที่การดำเนินการวิจัยแบบบูรณาการเพื่อศึกษาการศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติภายใต้ระบบห่วงโซ่มูลค่า ซึ่งมีวัตถุประสงค์ย่อยในการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ และการศึกษาห่วงโซ่มูลค่าของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ มีเป้าหมายเพื่อมุ่งสร้างองค์ความรู้และเป็นกลไกในการพัฒนาการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ และการพัฒนาโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์อย่างแท้จริง โดยสถานที่ในการวิจัย คือ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และแปลงปลูกพืชอินทรีย์ ในพื้นที่จังหวัดทางภาคเหนือตอนบน ประกอบด้วย เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน ได้มีการวางกรอบการวิจัยดังในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กรอบวิธีการดำเนินงานวิจัยด้านต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติภายใต้ระบบห่วงโซ่มูลค่า

ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามกรอบงานที่วางไว้ การวิจัยจึงมีการดำเนินงานในปีวิจัยที่ 1 โดยเริ่มจากการวิจัยนี้จะดำเนินการควบคู่ไปกับโครงการ การพัฒนาโรงงานต้นแบบสำหรับการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณสัตว์ธรรมชาติ (โครงการย่อยที่ 1 และโครงการย่อยทั้งหมดภายใต้ชุดโครงการใหญ่) โดยการศึกษา ขั้นการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแมลงสัตว์ธรรมชาติ และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงสัตว์ธรรมชาติต้นแบบ จะทำการศึกษาข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ เก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานที่ทดลองการเพาะเลี้ยงสัตว์ธรรมชาติ โดยดำเนินการควบคู่ไปกับโครงการย่อยที่ 1 โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลภาคสนาม การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง การสนทนากลุ่มประเด็นเฉพาะ (Focus group) และการเฝ้าสังเกตการณ์ การวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตแมลงสัตว์ธรรมชาติ และวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงสัตว์ธรรมชาติต้นแบบ โดยศึกษาภายใต้สภาพแวดล้อมการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการและโรงเพาะเลี้ยง ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาด้านต้นทุนการผลิตแมลงสัตว์ธรรมชาติและวิเคราะห์ต้นทุนที่ได้จากการทดลอง ออกแบบการทดลองโดยใช้ประเภทของแมลงสัตว์ธรรมชาติ 3 ชนิด เป็นสิ่งทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกแบบสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) มี 3 สิ่งทดลอง (treatments) สิ่งทดลองละ 3 ชุดการทดลอง ชุดละ 5 ซ้ำ ผลการวิจัยครั้งนี้จึงจำกัดขอบเขตในการอ้างถึงผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในงาน เพื่อการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรให้อยู่ในขอบเขตของการศึกษา และ ส่วนที่ 2 แสดงผลการศึกษาผลตอบแทนทางการเงินและเชิงเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงสัตว์ธรรมชาติต้นแบบ โดยใช้การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ ประกอบด้วยระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net Present Values: NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนภายใน (internal Rate of Returns: IRR) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (benefit-Cost Ratio: B/C ratio) และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity Analysis) ของโครงการสร้างโรงงานผลิตแมลงสัตว์ธรรมชาติต้นแบบ

### 3. การใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติ และการวัดมูลค่าความเป็นประโยชน์เพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุม โดยชีววิธี: กรณีศึกษา ในนาข้าวและพืชผักวงศ์กะหล่ำในระบบเกษตรอินทรีย์

โครงการวิจัยนี้ได้กำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานรวม 3 ปีวิจัย ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ถึง 2564 โดยในปีวิจัยแรก (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562) โดยได้เริ่มจากงานด้านการรวบรวมสมาชิกกลุ่มเกษตรกรในเป้าหมาย พร้อมไปกับการประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืชที่สามารถนำแมลงตัวห้ำได้แก่มวนเพชรฆาต (Assassin bug, *Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/หรือ มวนพิฆาต (Stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) และแมลงตัวเบียนคือแตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ไปใช้ควบคุมแบบเพิ่มขยายได้ โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาเป็นแปลงเกษตรกรที่ทำเกษตรอินทรีย์ และเกษตรปลอดภัย ในพื้นที่จังหวัดในภาคเหนือตอนบน ซึ่งได้แก่ เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน ในปีวิจัยที่ 2 (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562) จะทำการสังเคราะห์ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ และสถานการณ์การแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ ในแปลงของกลุ่มเกษตรกรเป้าหมาย และแนวทางการนำเชื้อพันธุของแมลงศัตรูธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ พร้อมไปกับการจัดทำแปลงทดลอง ที่ถูกจำลองขึ้น โดยแบ่งเป็นแปลงเกษตรอินทรีย์ และแปลงที่ใช้สารเคมี การเก็บรวบรวมข้อมูลผลการนำไปใช้ ทั้งในด้านต้นทุน ความพึงพอใจในการนำไปใช้ และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณประชากรของแมลงศัตรูพืชในเป้าหมาย โดยศึกษาควบคู่กับการศึกษาจากแปลงเกษตรกรที่มีการใช้จริง โดยกำหนดให้สมาชิกเกษตรกรนำแมลงศัตรูธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในเป้าหมาย โดยดำเนินการรวมจำนวน 1 วงจรพืชไร่/ปี และ 2 วงจรพืชผัก/ปี (ข้อมูลชุดที่ 1) และ ในปีวิจัยที่ 3 (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564) จะทำการศึกษาตามวิธีการในปีที่ 2 ได้แก่การทดสอบใช้แมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายในแปลงทดลองที่จัดทำขึ้นและแปลงเกษตรกร (ข้อมูลชุดที่ 2) จากนั้นนำข้อมูลชุดที่ 1 และ 2 คำนวณค่า beneficial cost เพื่อประเมินคุณค่าทางเศรษฐกิจและสังคมของการใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติ และจัดทำคู่มือการใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายสำหรับนาข้าวและแปลงปลูกพืชผักวงศ์กะหล่ำอินทรีย์ต่อไป โดยการดำเนินงานในปีวิจัยที่ 1 นี้ได้แก่

### 3.1 การรวบรวมสมาชิกกลุ่มเกษตรกรในเป้าหมาย

ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเกษตรกรที่มีการปลูกพืชในเป้าหมาย ได้แก่ ข้าว และพืชผักวงศ์กะหล่ำ ในพื้นที่เป้าหมาย ได้แก่ จังหวัด เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน โดยการสืบค้นข้อมูลจากระบบออนไลน์ และการติดต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์การบริหารส่วนตำบล เกษตรอำเภอ และศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการบริหารจัดการศัตรูพืช และนำข้อมูลมาสังเคราะห์เป็นกลุ่มเกษตรกรเป้าหมายของแต่ละจังหวัด จังหวัดละ 2 กลุ่ม รวมทั้งจำแนกพื้นที่ปลูกพืชในเป้าหมาย สำหรับการสำรวจและประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืชในเป้าหมายต่อไป

### 3.2 การประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดและการวิเคราะห์ชนิดของแมลงศัตรูพืชนาข้าว และในแปลงปลูกพืชผักวงศ์กะหล่ำ ซึ่งสามารถนำแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ไปใช้ควบคุมแบบเพิ่มขยายได้

หลังจากการรวบรวมข้อมูลในด้านพื้นที่เป้าหมายตามวิธีการในข้อ 1 แล้ว ทำการดำเนินกิจกรรมสำรวจและรวบรวมและจำแนกชนิดของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติที่พบในพื้นที่ เพื่อนำผลไปประเมินแนวทางการใช้ประโยชน์จากศัตรูธรรมชาติที่ผลิตจากโรงงานต้นแบบในพื้นที่เป้าหมาย ได้แก่ จังหวัด เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกพืชในเป้าหมาย ได้แก่ ข้าว และผักวงศ์กะหล่ำแบบอินทรีย์ ซึ่งมีแผนการจัดการอย่างเป็นระบบในการผลิตภายใต้มาตรฐานการผลิตเกษตรอินทรีย์ มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย และผ่านการเห็นชอบ ของคณะกรรมการบริหารงานวิจัยและ พัฒนาเกษตรอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กำหนดจุดสำรวจซึ่งมีการปลูกพืชในเป้าหมาย ได้แก่

- 1) จังหวัดเชียงราย ต. โป่งผา อ. แม่สาย ต. โยนก อ. เชียงแสน ต. ปลื้ม อ. เทิง
- 2) จังหวัดแม่ฮ่องสอนได้แก่ เครื่องข่ายเกษตรอินทรีย์วิถีแม่ฮ่องสอน ตำบลปางหมู อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน และ กลุ่มอาชีพการเกษตรบ้านผาเผือก อ.ปางมะผ้า
- 3) จังหวัดพะเยา ได้แก่ บ้านศรีจอมแจ้ง และ ต. หงส์หิน อ.จุนและ ต. ลอ (มีพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์เชื่อมต่อกัน) แปลงเกษตรอินทรีย์/ปลอดสารพิษ ใน อ. จุน จ. พะเยา
- 4) จังหวัดเชียงใหม่ ต.หนองแหง และ ต. หนองจ้อม อ. สันทราย ต. ชมพู อ. สารภี
- 5) จังหวัดลำพูน ได้แก่ แปลงเกษตรอินทรีย์/ปลอดสารพิษ ใน ต. ทาสบเส้า อ. แม่ทา โครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม อ. ลี้
- 6) จังหวัดลำปางได้แก่ แปลงเกษตรอินทรีย์/ปลอดสารพิษ ใน อ. เมืองปาน แปลงเกษตรอินทรีย์/ปลอดสารพิษ ใน อ. กาว

- 7) จังหวัดแพร่ ได้แก่ องค์การเกษตรกรอินทรีย์ลานนาไทย บ้านวังน้ำเย็น หมู่ที่ 10 ตำบลแม่ป้าก อำเภอวังชิ้น และเกษตรกรอินทรีย์ในอำเภอลอง
- 8) จังหวัดน่าน ได้แก่ เครือข่ายวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์น่าน และกลุ่มเกษตรอินทรีย์พีจีเอส น่าน อ.ท่าวังผา

### 3.3 เก็บตัวอย่างและศึกษาจำนวนชนิดและปริมาณประชากรของแมลงศัตรูพืชในเป้าหมาย

#### 1) ประชากรของแมลงศัตรูข้าว

หลังกำหนดพื้นที่ศึกษา ตามข้อ 2.1 แล้ว ทำการสำรวจปริมาณประชากรของแมลงศัตรูข้าว ในฤดูกาลปลูกข้าวแบบนาปี (ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึง พฤศจิกายน) รวมทั้งแมลงศัตรูธรรมชาติในพื้นที่ พื้นที่ละ 5 จุดสำรวจ โดยแบ่งเป็นแต่ละพื้นที่ กำหนดให้มีขนาดตั้งแต่ 3,000 ตารางเมตรขึ้นไป จากนั้นแบ่งแต่ละพื้นที่ออกเป็นจุดสำรวจย่อยพื้นที่ละ 5 จุด ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 50 x 50 เมตร แต่ละจุดห่างกันไม่น้อยกว่า 200 เมตร รวม 15 จุด สำรวจประชากรของศัตรูธรรมชาติในนาข้าวตามวิธีทางสถิติและวิทยาศาสตร์ ที่เหมาะสม ตามชนิดของศัตรูธรรมชาติ ตามวิธีของ Peterson (1970) บันทึกข้อมูลชนิดของแมลงศัตรูพืชที่เป็นตัวอาศัย ชนิดพืช วันที่ แสงสถานที่ เพื่อการจำแนกชนิดโดยการตรวจดูใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ กับ กุญแจการจำแนกชนิด (identification keys) เอกสารอ้างอิงประกอบการจำแนกที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้แมลงตัวเบียนบางชนิด (ตัวผู้และตัวเมีย) ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ชื่อวิทยาศาสตร์ได้ตามวิธีข้างต้น ได้ถูกส่งไปวิเคราะห์ชื่อวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ ทั้งในและต่างประเทศ

นำข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณหาจำนวนเฉลี่ยของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรที่พบ ในแต่ละช่วงการเจริญของข้าว รวมทั้งหาค่าเฉลี่ยรวม ตามวิธีของ LeClerc *et al.* (1966) จากนั้นวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและขึ้นลง ของประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ ที่พบในนาข้าวในรอบปี 2562 โดยการนำค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรจากทุก 14 วัน ของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติที่สำคัญมาพลอตเป็นกราฟ ตามวิธีของ Price (1975) โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรเป็นแกนตั้ง (y) และระยะเวลาเป็นแกนนอน (x)

#### 4. การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์

ปีวิจัยแรก (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562) พัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิตผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งในการสร้างและพัฒนาระบบติดตามและประเมินผลนั้น จะพัฒนาโดยยึดข้อมูลการวิจัย 3 ด้านได้แก่ การบริหารจัดการด้านการผลิต ด้านการตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ เป็นหลัก

พัฒนาระบบ โดยใช้หลักการออกแบบเว็บไซต์เป็นแบบปรับอัตโนมัติ (Responsive Web Design) โดยแบ่งส่วนการทำงานไว้เป็นสองส่วนคือส่วนสำหรับบริหารจัดการและส่วนสำหรับผู้ใช้ ส่วนขอบเขตด้านระบบงานที่จะทำการพัฒนานั้นมีการพัฒนาระบบงานในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- (1) ส่วนจัดการข้อมูลสมาชิกและตรวจสอบสิทธิ์เก็บข้อมูลสมาชิกผู้ในระบบและผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง โดยตรงกับระบบ เช่น
  - ผู้ดูแลระบบ
  - ผู้ใช้ทั่วไป
- (2) ส่วนจัดการข้อมูลการติดตาม
 

เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องของแต่ละด้านดังต่อไปนี้

  - ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยนำเข้า
  - ข้อมูลการดำเนินงาน
  - ข้อมูลผลการดำเนินงาน
- (3) ส่วนการประเมินผลแบ่งตามช่วงเวลาของการประเมิน ดังนี้
  - การประเมินปัจจัยนำเข้า (Input Evaluation)
  - การประเมินกระบวนการ (Process Evaluation)
  - การประเมินผลผลิต (Output/Product Evaluation)
  - การประเมินผลกระทบ (Outcome/Impact Evaluation)

เตรียมชุดไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องลูกข่าย (Client) ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางคอร์ไอ 5 2.60 เมกะเฮิร์ซ (CPU Core i5 260 MHz), หน่วยความจำสำรอง (RAM) 4 กิกะไบต์, ฮาร์ดดิสก์ (Harddisk) 500 กิกะไบต์, ดีวีดีรอม (DVD-ROM), จอภาพแอลซีดี 17 นิ้ว (17" LCD Monitor) เครื่องโน้ตบุ๊ก Mac Book Pro หน่วยประมวลผลกลางคอร์ไอ 7 (CPU Core i7), หน่วยความจำสำรอง (RAM) 8 กิกะไบต์, ฮาร์ดดิสก์ (Harddisk) 500 กิกะไบต์, จอภาพแอลซีดี 17 นิ้ว (17" LCD Monitor) และ ชุดเครื่องแม่ข่าย (Server) ประกอบด้วย ระบบปฏิบัติการยูนิกซ์เซฟเวอร์ เวอร์ชัน 5.0.67 (UNIX, Server 5.0.67), อาปาเช่ 2.2.9 (Apache 2.2.9), ระบบฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล 5.0.67 (MySQL 5.0.67), ฟีเอชพี 5.4.7 (PHP 5.4.7) และเตรียมซอฟต์แวร์ โปรแกรมพัฒนาระบบ Visual Studio Code 1.14

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษานี้ได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น ผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุแมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ เช่น มวนเพชรฆาต, มวนพิฆาต, หนอนนก เป็นต้น โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือ ข้อมูลจากเอกสารที่ได้มีการเก็บรวบรวมไว้แล้ว อาทิเช่น จากหนังสือ งานวิจัย รายงานทางสถิติทางการเกษตรและวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ จากหน่วยงานภาครัฐบาลและเอกชน เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร ศูนย์วิจัยกัญชศึกษาป่าไม้ ตลอดจนข้อมูลจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Internet) เป็นต้น และ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) คือ การจัดประชุมแบบมีส่วนร่วม โดยมีผู้เข้าร่วมประชุมได้แก่ เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจากหน่วยงานภาครัฐบาล ได้แก่ นักวิชาการจากมหาวิทยาลัยแม่โจ้และสถาบันการศึกษาในพื้นที่ศึกษา

พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสร้างฐานข้อมูล ทำการทดสอบการใช้งานด้วยการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มประชากรที่เกี่ยวข้อง แล้วประเมินผลระบบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ระบบการติดตามและประเมินผลการบริหารจัดการด้านการผลิต ผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุแมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ที่พัฒนาขึ้นมา ใช้ระบบที่เรียกว่า วัฏจักรพัฒนาระบบงาน (System Development Life Cycle หรือ SDLC) ส่วนเนื้อหาฐานข้อมูล ใช้วิธีการที่ประยุกต์จากการควบคุมทางบรรณานุกรม (Bibliographic control) ทางบรรณารักษศาสตร์ โดยเริ่มจาก ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบระบบงาน ตามขั้นตอนทางวิชาการของการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานคอมพิวเตอร์ (SDLC) ได้แก่ 1) รวบรวมข้อมูลและความต้องการ 2) การวางแผนออกแบบและวิเคราะห์ระบบ 3) การพัฒนาระบบ ซึ่งเป็นการพัฒนาระบบบนเว็บไซต์ โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ใช้โปรแกรม อาปาเช่ 2.2 (Apache 2.2) ทำงานบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) และระบบฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) 4) การทดสอบระบบ 5) การแก้ไขและการนำระบบไปใช้งานจริง 6) การประเมินผลระบบ

ออกแบบแบบประเมินผลความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผลการบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์เป็นการประเมินเพื่อดูว่าระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมา นั้น มีความง่ายต่อการใช้งานมากน้อยเพียงใด มีความเร็วในการนำเสนอข้อมูลเป็นอย่างไร และมีความสะดวกต่อการใช้งานหรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบประเมินความพึงพอใจฯ (ภาคผนวก ข) และกำหนดเกณฑ์ประเมินตามเทคนิคของของลิเคิร์ต (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินผลความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลฯ

เกณฑ์การให้คะแนน	ความหมาย
4.21 – 5.00	มีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับมากที่สุด
3.41 – 4.20	มีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับมาก
2.61- 3.40	มีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับปานกลาง
1.81- 2.60	มีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.80	มีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับน้อยที่สุด

จากนั้น ได้นำเอาแบบประเมินที่ออกแบบไว้ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับแมลงศัตรูเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ และ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบงานคอมพิวเตอร์ เป็นผู้ทดสอบใช้และทำการประเมินผลระบบแบบเฉพาะเจาะจง เป็นผู้ทำการทดสอบระบบและทำการประเมินผลระบบ และได้ทำการเก็บรวบรวมผลที่ได้จากการประเมินผลนำมาสรุปวิเคราะห์ผลโดยใช้หลักการทางสถิติเข้ามาช่วยเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาหรือปรับปรุงระบบฐานข้อมูลให้สมบูรณ์และดียิ่งขึ้นต่อไป

ในการพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ได้ทำการจำลองให้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมให้เป็น Web Server โดยได้ใช้เว็บเซิร์ฟเวอร์: Apache server 2.2 ทำงานบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์(Linux) ซึ่งเป็น Web Server ที่ใช้งานง่าย มีความมั่นคงและปลอดภัยสูง

ส่วนในการเขียนโปรแกรม ได้ใช้โปรแกรม Visual Studio Code 1.14 (PHP) ในการพัฒนาระบบ และใช้โปรแกรมระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL Server 5.7.23 ในการจัดเก็บระบบฐานข้อมูล ซึ่งทั้งสองโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพ มั่นคง และมีความปลอดภัยในการทำงานสูง

การทดลองใช้งานระบบ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการทดลองใช้ระบบ 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทดลองในขั้นแอลฟา (Alpha Stage) เพื่อทดสอบหาข้อบกพร่องของระบบโดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมด้วยชุดทดสอบที่ผู้วิจัยได้จัดตั้งขึ้น หลังจากนั้นทำการแก้ไขปรับปรุงระบบให้ถูกต้องและดียิ่งขึ้นต่อไป และ 2) การทดลองในขั้นเบต้า (Beta Stage) เพื่อทดสอบคุณภาพของระบบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับแมลงศัตรูเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ และ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบงานคอมพิวเตอร์ เป็นผู้ทดลองใช้ระบบและทำการประเมินระบบ หลังจากนั้นได้นำผลการประเมินจากการทดลองมาสรุปผลเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไขระบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

การประเมินผลระบบหลังจากการทดลองใช้งานระบบ แล้ว ได้มีการประเมินผลความพึงพอใจของระบบฯ หลังจากนั้นได้นำผลการประเมินมาทำการวิเคราะห์สรุปผลโดยใช้วิธีการทางสถิติเข้ามาช่วย ซึ่งวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ มีดังนี้

- ✓ การหาค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อให้สรุปความคิดเห็นของกลุ่ม เพื่อทราบความคิดเห็นว่าเป็นเช่นใดอยู่ในระดับใด โดยใช้สูตร ดังนี้ (กมลพร, 2553 : 43)

$$\sum x \bar{X} = \dots N$$

เมื่อกำหนดให้

$\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยของการประเมิน

$\sum x$  แทน ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการประเมิน

N แทน จำนวนผู้ที่มีความเกี่ยวข้องในการใช้ระบบ

## 5. ด้านการบริหารจัดการชุดโครงการวิจัย

หลังจากการประชุมระดมความคิด ด้านแนวทางการวิจัย ในโครงการวิจัยย่อยต่าง ๆ ผู้รับผิดชอบโครงการร่วมกันพัฒนาข้อเสนอโครงการวิจัย การติดตามผลการประเมินข้อเสนอโครงการวิจัย และหลังจากได้รับการจัดสรรทุนวิจัย โครงการได้จัดทำปฏิทินการประชุมติดตามผลการดำเนินงานวิจัย/ และการใช้จ่ายทุก 1 เดือน โดยมีการสรุปประเด็นปัญหา ด้านการดำเนินงานการทดลองและวิจัย การบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล การบริหารทรัพยากรด้านการเงินและการเบิกจ่าย และการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ เพื่อร่วมกันปรับแก้ไขและพัฒนาารรวบรวมและจัดทำรายงานผลการดำเนินงานวิจัยและดำเนินการจัดส่งตามรอบระยะเวลาที่มหาวิทยาลัยกำหนด ดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แผนการบริหารแผนงานวิจัยและแผนการดำเนินงานของชุดโครงการวิจัย

ช่วงเวลา	กิจกรรมและการบริหารความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ
ปีวิจัยปี 2562 ปี 2563 และ ปี 2564		
เดือนที่ 1 ของปีวิจัย	- ประชุมชี้แจงผลการพิจารณาข้อเสนอโครงการวิจัย - ดำเนินการด้านเอกสาร/การเบิกจ่ายที่เกี่ยวข้อง	หัวหน้าโครงการและผู้ร่วมวิจัย
เดือนที่ 1-12 ของปีวิจัย	- ดำเนินการวิจัย และมีการประชุมติดตามผลการดำเนินงานวิจัย และติดตามการใช้จ่ายทุก 1 เดือน โดยมีการสรุปประเด็นปัญหาเพื่อร่วมกันปรับปรุงและพัฒนา	หัวหน้าโครงการและผู้ร่วมวิจัย
เดือนที่ 3, 6, 9 และ 12 ของปีวิจัย	- รวบรวมและจัดทำรายงานผลการดำเนินงานวิจัยและดำเนินการจัดส่งตามรอบระยะเวลาที่มหาวิทยาลัยกำหนด	หัวหน้าโครงการและผู้ร่วมวิจัย
ปีงวิจัยปี 2563 และปี 2564	- ประชุมพิจารณา จัดทำผลงานวิชาการ และแนวทางการเผยแพร่ผลงานวิจัยตามความเหมาะสม	หัวหน้าโครงการและผู้ร่วมวิจัย

## ผลการวิจัย

การดำเนินการชุดโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาตัวแบบโรงงานต้นแบบของการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีในเชิงพาณิชย์ ซึ่งได้ดำเนินงานโดยการบูรณาการศาสตร์ด้านกีฏวิทยา นิเวศวิทยา เศรษฐศาสตร์และการเงิน รวมทั้งเทคโนโลยีด้านสารสนเทศ เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้เป็นต้นแบบของโรงงานต้นแบบ โดยมีการบริหารจัดการชุดโครงการโดยมีการจัดประชุมระดมความคิดเห็นและร่วมกันสังเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการติดตามการดำเนินงาน รวมทั้งการวิเคราะห์ภาพรวมกันดำเนินงานเป็นระลอกอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง โดยได้มีการติดตามและส่งเสริมสนับสนุนการวิจัยในทุกโครงการย่อย และมีการประชุมฯรวม 12 ครั้ง โดยได้สังเคราะห์เป็นผลการดำเนินงานด้านต่างๆ ดังจะกล่าวในส่วนต่อไปนี้

### 1. การพัฒนาโรงงานต้นแบบ

#### 1.1 การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและจัดหาวัสดุอุปกรณ์จำเป็น และระบบการดำเนินกิจกรรมการผลิตสำหรับการดำเนินงานของโรงงานต้นแบบฯ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของโรงงานต้นแบบ และโครงสร้างพื้นฐาน ตามมาตรฐานการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในระดับสากล ทางโครงการได้ดำเนินการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการประกอบกิจการโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติโดยอาศัยพื้นฐานทางกีฏวิทยาและนิเวศวิทยา โดยโรงงานต้นแบบฯ ซึ่งถูกพัฒนาได้ตั้งอยู่ ณ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัดเส้นรุ้ง (latitude) 18.9264 เส้นแวง (longitude) 99.0532 เป็นพื้นที่รวมโดยประมาณ 6 ไร่ แบ่งเป็นส่วนอาคารปฏิบัติการด้านการควบคุมโดยชีววิธี โรงเพาะเลี้ยงแมลงรวมมุ้งทดสอบ และ แปลงทดสอบและอนุรักษเชื้อพันธุ์ศัตรูธรรมชาติเป็นพื้นที่โดยประมาณ 1 ไร่ 1 ไร่ และ 4 ไร่ ตามแปลนใน ภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ภาพรวมส่วนต่าง ๆ ของโรงงานต้นแบบสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ทั้งนี้ในองค์ประกอบซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับกิจกรรมด้านการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติของโรงงาน ซึ่งได้รับการออกแบบสำหรับการเป็นโรงงานต้นแบบเพื่อตอบสนองความต้องการทั้งทางด้านปริมาณ และคุณภาพ รวมทั้งความยั่งยืนของกิจการ โดยประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ฝ่ายผลิตอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ

ในด้านกิจกรรมของส่วนงาน การผลิตอาหารของแมลงศัตรูธรรมชาติ (ภาพที่ 10) โครงการวิจัยฯ ได้พัฒนาส่วนสถานที่ และจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการผลิตอาหารเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย (มวนตัวห้ำ และแตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp.) และ สำหรับกิจกรรมการวิจัย ในส่วนของการวิจัยและพัฒนา แมลงอาหารเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติชนิดอื่น ๆ เพื่อดำเนินกิจกรรมวิจัยในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตใหม่เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย รวมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ของโรงงาน

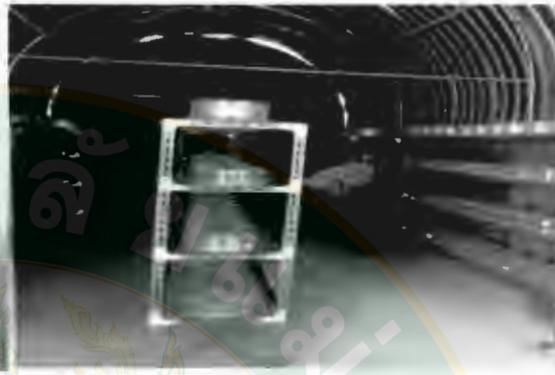
จากพิจารณาวงรอบการผลิตตามเทคโนโลยีพื้นฐาน ร่วมกับการบริหารจัดการความเสี่ยงทางด้าน ปริมาณและคุณภาพ โรงงานฯ จึงได้วางกรอบการผลิตอาหารฯ โดยแบ่งออกเป็น การจัดหาและผลิตอาหาร เทียม (artificial diets) อาหารตามธรรมชาติ (natural diets) และ การวิจัยและพัฒนาสูตรอาหารสังเคราะห์ และอาหารสังเคราะห์ (artificial media) สำหรับทดแทนและเสริมสำหรับแมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่ง ในปีวิจัย พ.ศ. 2563 ได้ดำเนินการผลิต 1) อาหารเทียม (artificial diet) ได้กำหนดอนกกและฝึเสื่อ และ เพลี้ยแป้งซึ่ง เป็นแหล่งอาหารเทียมสำหรับแมลงช้างปีกใส ตัวง่าตัวห้ำในจีนัส *Scymnus* spp. 2) อาหารตามธรรมชาติ (natural diet) เหยื่อ (pray) สำหรับแมลงตัวห้ำ หรือ ตัวอาศัย (host) สำหรับแมลงตัวเบียน ซึ่งในภาพรวมจะ มีการปลูกพืชอาหารและเสาะหาเชื้อพันธุ์ของแมลงศัตรูพืชซึ่งต้องการนำมาเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยมีการดำเนินการเพาะเลี้ยงทั้งในระบบปิดจำนวน 8 หลัง และในแปลงทดลอง ซึ่งปลูกพืช มะเขือเปราะ สลับกับ มะเขือเทศ และมะตะกอก ผักวงศ์กะหล่ำ (กะหล่ำ คะน้า และผักกวางตุ้ง) มะนาว มะกรูดและส้มจี๊ด และมันสำปะหลังสำหรับการเพิ่มปริมาณไรและเพลี้ยแป้ง พริก ถั่วฝักยาว และ ข้าวโพด สำหรับผลิตและ เพาะเลี้ยง หนอนกระทู้ หนอนชอนใบ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ และไรศัตรูพืช ตามธรรมชาติ 3) อาหาร สังเคราะห์ (artificial media หรือ synthetic diet) ซึ่งกำลังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาสูตรและทดสอบ



โรงเพาะเลี้ยงหน่อกบนอก



ภาชนะที่ใช้ เพาะเลี้ยงหน่อกบนอก



โรงเพาะเลี้ยงผีเสื้อข้าวสาร



ภาชนะที่ใช้ เพาะเลี้ยงผีเสื้อข้าวสาร



มุ้งผลิตอาหารตามธรรมชาติในระบบปิด



พืชผักที่ปลูกหมุนเวียนในระบบปิด

โรงเพาะเลี้ยงด้วงสาकुและด้วง โรงเพาะเลี้ยงด้วงเรด



โรงเพาะเลี้ยงเพ็ช้แปง



แปลงผลิตอาหารจากพืชวงศ์ส้ม

แปลงผลิตอาหารจากพืชวงศ์ส้ม

แปลงผลิตอาหารจากมันสำปะหลัง



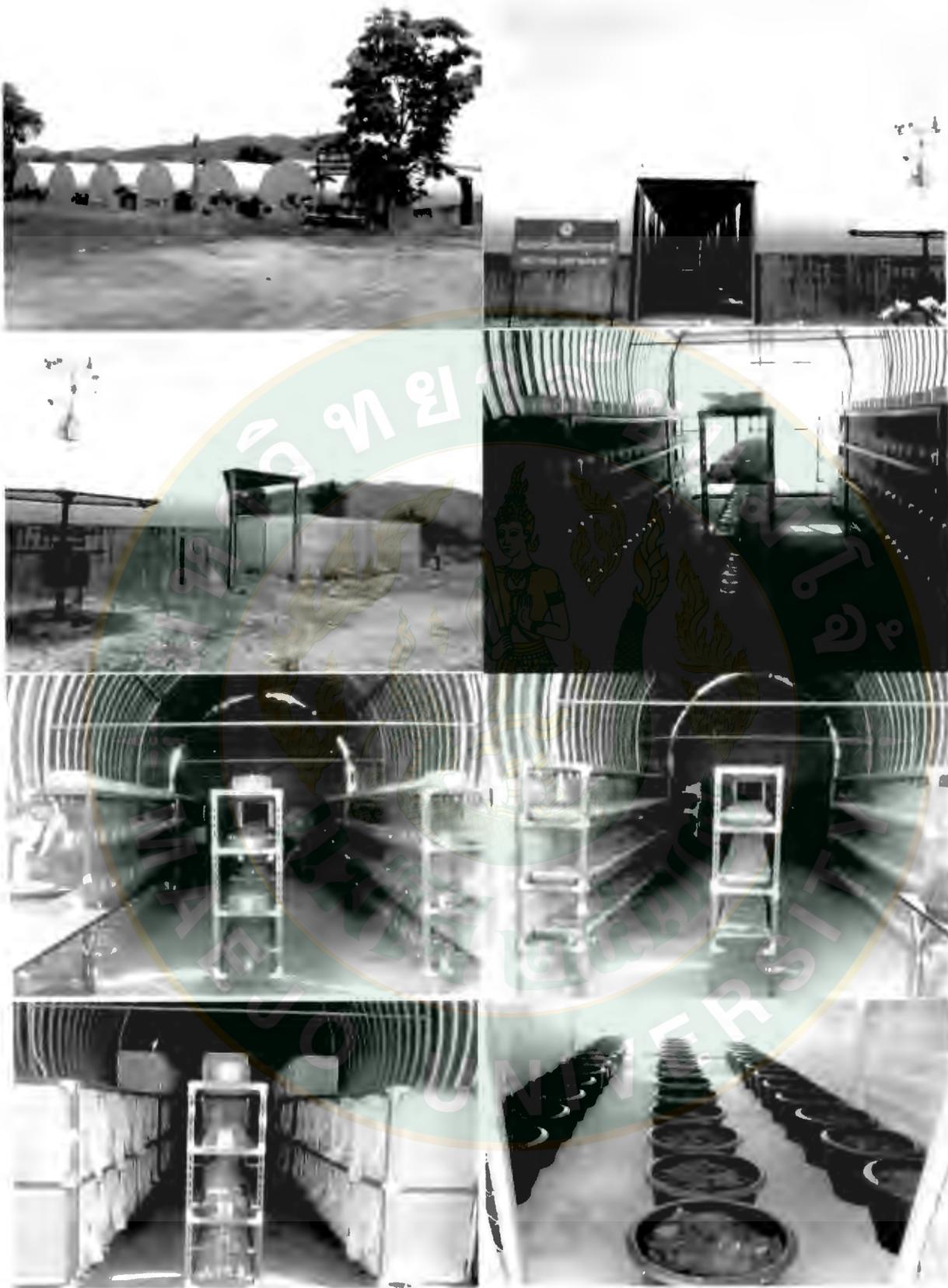
แปลงผลิตอาหารจากหมุนเวียนจากพืชผัก

ภาพที่ 10 หน่วยผลิต และหมุนเวียน อาหารของแมลงศัตรูธรรมชาติ

## 2) หน่วยเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ

ในปีวิจัยที่หนึ่ง พ.ศ. 2562 ได้มีการพัฒนาหน่วยเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติซึ่งเน้นแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ได้แก่ มวนเพชฌฆาต (*Assassin bug, Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/หรือ มวนพิฆาต (*Stink bug, Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) และแมลงตัวเบียนคือ แตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (ภาพที่ 11) โดยมีผลการดำเนินงานด้านโครงสร้างพื้นฐาน ประกอบด้วย โรงเรือนสำหรับหربيةเพาะเลี้ยงมวนพิฆาต ห้องสำหรับผลิตแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมม่าซึ่งจัดตั้งอยู่ในตัวอาคารปฏิบัติการศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ซึ่งมีกำลังการผลิตแตนเบียนไข่ได้ 500,000 ตัวต่อวัน





ภาพที่ 11 โครงสร้างพื้นฐานและวัสดุอุปกรณ์การผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ

### 3) ฝ่ายวิจัยและพัฒนา

พัฒนาฝ่ายวิจัยและพัฒนา โดยเริ่มจากการพัฒนาห้องปฏิบัติการด้านการควบคุมโดยชีววิธีเพื่อดำเนินกิจกรรมด้านการวิจัยพัฒนาและควบคุมคุณภาพแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ณ อาคารปฏิบัติการด้านการควบคุมโดยชีววิธี ภายใต้การดำเนินงานของศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีมีการใช้ห้องขนาด 25 ตารางเมตร ซึ่งได้มีระบบปรับอากาศ และวัสดุอุปกรณ์สำหรับกิจกรรมฯ ได้แก่ หม้อนึ่งความดัน ตู้ปลอดเชื้อ ตู้แช่แข็ง เต้าไฟฟ้า เต้าไมโครเวฟ สารเคมีสำหรับการฆ่าเชื้อ การย้อม การเตรียมตัวอย่างแบบถาวร สารอาหาร อาหารเทียม รวมทั้งวัสดุวิทยาศาสตร์และเครื่องแก้วที่จำเป็น ซึ่งมีความพร้อมสำหรับการดำเนินงานร้อยละ 100 และสามารถรองรับกิจกรรมการวิจัยและพัฒนา ในระดับห้องปฏิบัติการครอบคลุมด้านชีววิทยา การทดสอบประสิทธิภาพ การพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยง และกิจกรรมการเก็บรวบรวมเชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ (ภาพที่ 12) และได้มีการใช้ประโยชน์ในการดำเนินกิจกรรมด้านการวิจัยและพัฒนาไปแล้ว ได้แก่ การศึกษาชีววิทยาของมวนเปลี้ยไฟตัวห้ำ (การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของโรงงาน) การศึกษาชนิดของอาหารเทียมสำหรับเพาะเลี้ยงมวนตัวห้ำ (การพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย) การพัฒนาสูตรอาหารสังเคราะห์ (การพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย) และการศึกษาชีววิทยาของแตนเบียนหนอนกระทู้ (การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของโรงงาน) เป็นต้น อีกทั้งประกอบด้วย หน่วยตรวจสอบคุณภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยวัสดุวิทยาศาสตร์ที่มีความจำเป็นสำหรับการบันทึกและการศึกษาชีววิทยา สันฐานวิทยานุกรมวิธาน ของแมลงศัตรูธรรมชาติ กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ และแบบคอมพิวเตอร์ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ด้านวิทยาศาสตร์สำหรับกิจกรรมการเตรียมตัวอย่าง และ ฝ่ายควบคุมคุณภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติซึ่งมีการวางกรอบการดำเนินงานโดยมีกิจกรรมด้านการควบคุมคุณภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่ 1) ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชของแมลงศัตรูธรรมชาติ 2) การคัดเลือกและการอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ รวมทั้ง 3) การรักษาคุณภาพเชิงคุณภาพ เช่น ลักษณะความถูกต้องทางชนิดและสายพันธุ์ การตรวจสอบและป้องกันการเกิดการผสมพันธุ์ รวมทั้งการรักษาคุณสมบัติทางชีววิทยาที่เอื้อต่อการนำมาใช้ประโยชน์ เช่น พฤติกรรมการเป็นตัวห้ำและตัวเบียน ความสามารถในการหาอาหาร และ ความสมบูรณ์พันธุ์ เป็นต้น และ 4) การรักษาคุณภาพเชิงปริมาณที่เพียงพอต่อการผลิตและให้บริการในระดับโรงงาน เป็นต้น ทั้งนี้โครงการวิจัยได้มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและจัดหาวัสดุอุปกรณ์สำหรับกิจกรรมการดำเนินงานด้านการควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้



ภาพที่ 12 หน่วยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี และ และตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ ระดับห้องปฏิบัติการ  
โรงเพาะเลี้ยง ระบบปิด และแปลงทดสอบ

#### 4) ฝ่ายบริหารจัดการและงานธุรการ

ในด้านฝ่ายบริหารจัดการและงานธุรการในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 โครงการได้มีการพัฒนาและวางระบบงานด้านบริหารจัดการ ซึ่งได้แก่ ด้านบุคลากร ซึ่งประกอบด้วย 1) ผู้จัดการ โรงงาน ซึ่งมีหน้าที่กำกับดูแลกิจกรรมด้านการผลิต วิจัยและพัฒนา และการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ระบบการจ้างเหมา และงานด้านธุรการ ในโรงงานจำนวน 1 คน ร่วมกับการจ้างเหมาแบบเป็นครั้งคราว 2) พนักงานในโรงงานซึ่งมีหน้าที่ดำเนินกิจกรรมด้านการผลิต และด้านการบริหารจัดการมุ่งทดสอบและแปลงทดสอบจำนวน 2 คน ร่วมกับการจ้างเหมาแบบเป็นครั้งคราว



1. หน่วยผลิตอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ

2. หน่วยผลิตและเพิ่มปริมาณเชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ

3. หน่วยวิจัยและพัฒนา

4. ฝ่ายควบคุมคุณภาพ

5. ฝ่ายธุรการและบริหารจัดการกิจการโรงงาน

ภาพที่ 13 ภาพรวมขององค์ประกอบหน่วยต่าง ๆ ของโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ

1.2 การศึกษาแนวทางการขยายปริมาณการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีอยู่ในปัจจุบัน และการผลิตสำหรับการใช้ในกิจกรรมการวิจัยและบริการวิชาการ

### 1) การวิเคราะห์มาตรฐานการผลิตระดับโรงงาน

ผลการศึกษาและการกำหนด มาตรฐานการผลิตระดับโรงงานต้นแบบแนวทางการใช้เทคโนโลยีการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีอยู่ในปัจจุบันในการผลิตในระดับโรงงาน

- จากการสืบค้น ยังไม่พบรายงานที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการผลิตมวนพิฆาตและมวนเพศฆาตในระดับโรงงานทั้งในและต่างประเทศ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องมีการศึกษา เพื่อพัฒนามาตรฐานการเพาะเลี้ยงมวนตัวห้ำสองชนิดนี้ในระดับโรงงานต่อไป

- มาตรฐานการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. พบว่า ในระดับสากลมีการใช้และยอมรับการผลิตตามมาตรฐานของ International Organization for Biological Control (IOBC) standard กล่าวคือตัวชี้วัดมาตรฐานจะเป็นข้อมูลทางชีววิทยาของแตนเบียน ได้แก่ สิ่งที่ต้องวัด sex ratio (อัตราส่วนเพศ), จำนวนตัวเมียที่ต้องปล่อยต่อไร่, ความยืนยาวของอายุ (longevity), ความสมบูรณ์พันธุ์ หรือ จำนวนไข่หรือลูกที่ออกมาต่อตัวเมียหนึ่งตัว (fecundity), อัตราการฟักออกจากไข่ (emergence rate) ศักยภาพในการเบียน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเบียน โดยใช้ตัวอาศัยตามธรรมชาติ (parasitism) มากกว่าร้อยละ 90

1. อัตราการฟักออกจากไข่ผีเสื้อข้าวสารของแตนเบียน ต้องมากกว่าร้อยละ 90
2. จำนวนของไข่ผีเสื้อที่ถูกลงเบียนต้องอยู่ระหว่าง 16,000 – 18,000 ฟองต่อแผ่นกระดาษ หรือ emergence rate มากกว่าร้อยละ 90 หรือ เบียนได้มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ไข่/ตัว/4ชั่วโมง
3. อัตราส่วนเพศเพศเมียไม่น้อยกว่าร้อยละ 50
4. อัตราการอยู่รอดไม่น้อยกว่า ร้อยละ 80 (คำนวณจากตารางชีวิต)
5. จำนวนลูก มากกว่าหรือเท่ากับ 40 ตัวต่อตัวเมีย ในเวลา 7 วัน
6. ความยืนยาวของอายุ (longevity) ของตัวเต็มวัยเพศเมีย มากกว่าหรือเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ใน เวลา 7 วัน

นอกจากนี้ยังพบว่ามียางงานด้านมาตรฐานของจำนวนการปล่อยในแปลงตามมาตรฐาน 100,000 ตัวต่อเฮกแตร์ หรือประมาณ 17,000 ตัว/ไร่

หลังจากการจัดการและเตรียมความพร้อมวัสดุของพ่อแม่พันธุ์ (เชื้อพันธุ์) ของแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายซึ่งได้แก่ มวนเพชฌฆาต มวนพิฆาต และแตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. ซึ่งสามารถจัดการและจำแนกชนิดได้ตรงตามลักษณะทางอนุกรมวิธาน ของแมลงศัตรูธรรมชาติแต่ละชนิด จากนั้นได้มีการนำแมลงศัตรูธรรมชาติเหล่านี้มาทำการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ ในระดับโรงงาน โดยอาศัยมาตรฐานการผลิตตามข้อมูลการค้นคว้าในข้อ 1 ควบคู่ไปกับการจัดเตรียมระบบการผลิตอาหารในระบบโรงงาน

ผลการศึกษาข้อมูลทางชีววิทยาของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในเป้าหมายโดยใช้เทคโนโลยีการผลิต ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยมีเป้าหมายให้ปริมาณและคุณภาพสอดคล้องกับมาตรฐานระดับสากล ซึ่งจากข้อมูลที่ได้รับจากการค้นคว้า มาตรฐานสากลระดับโรงงานเพาะเลี้ยงฯ มีปรากฏเพียงในกรณีของแตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. ซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดค่าต่าง ๆ จากตัวชี้วัดทางนิเวศวิทยาและชีววิทยา ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต ของโรงงานต้นแบบ มีความสอดคล้องกับมาตรฐานฯ ส่วนในกรณีมวนตัวห้ำ การค้นคว้ายังไม่พบมาตรฐานการผลิตระดับโรงงาน ทั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดค่าทางชีววิทยา โดยคาดว่าจะต้องมีการนำข้อมูลด้านการระบาดของแมลงมาเป็นตัวกำหนดมาตรฐานจำนวนก่อนเป็นเบื้องต้น จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงเส้นจากสมการถดถอย (regression) ระหว่างค่าคุณสมบัติทางชีววิทยา กับปริมาณค่าเป้าหมายที่จะต้องผลิต ซึ่งกำลังมีการดำเนินการ

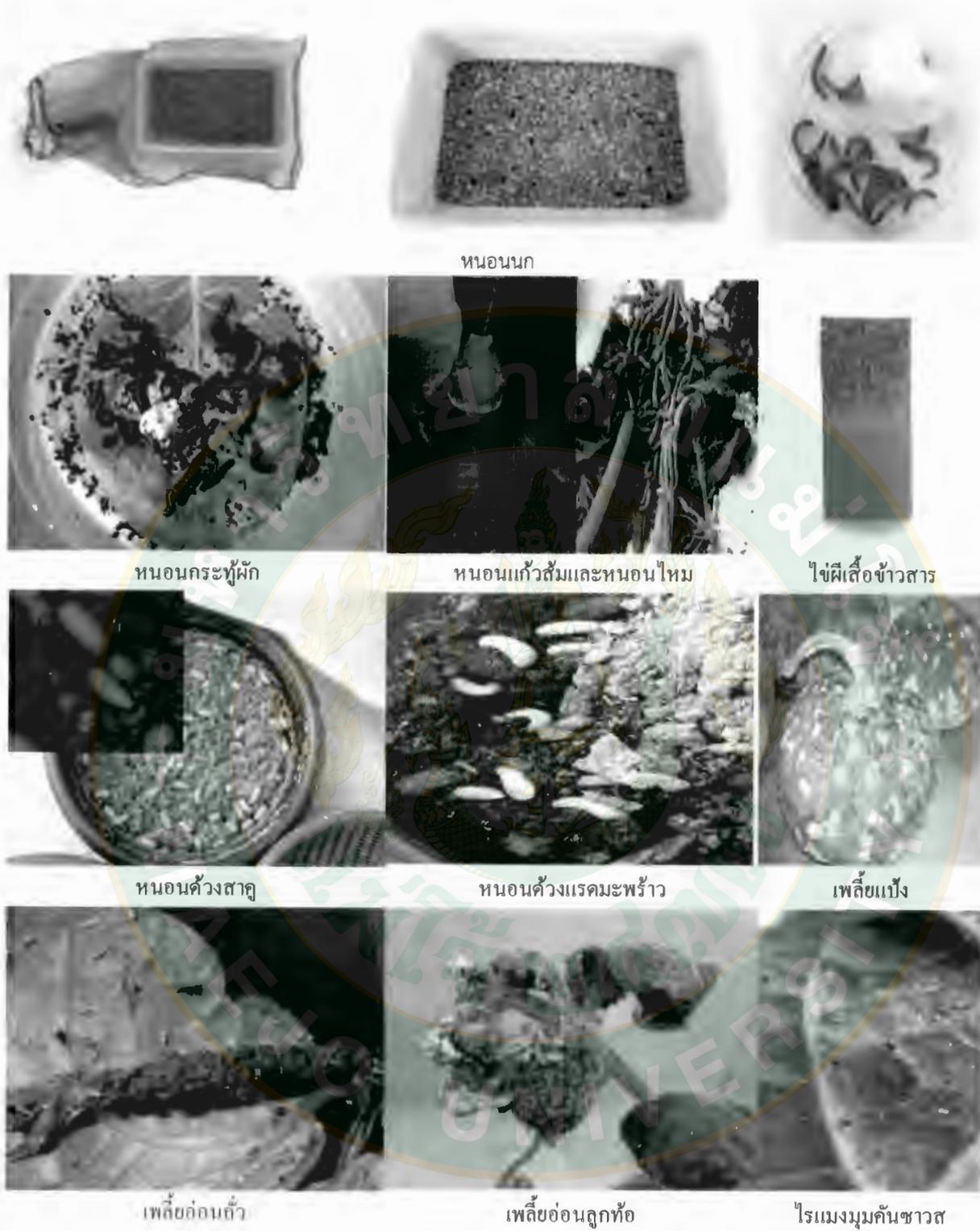
## 2) ผลการดำเนินงานด้านกำลังการผลิต และการทดสอบระบบการผลิต

ในปีวิจัยที่หนึ่ง หลังจากพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการผลิต ทางโครงการได้มีการดำเนินการผลิต โดยแบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่

ผลการทดสอบระบบการผลิตขยายปริมาณอาหารหมუნเวียนสำหรับการเพาะเลี้ยงผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายในปีวิจัยที่ 1 หลังจากการพัฒนาหน่วยผลิต การจัดหาแหล่ง และวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการผลิต และหมუნเวียนอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยเน้นการผลิตอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย รวมทั้งอาหารสำหรับใช้ในกิจกรรมด้านการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ อาหารตามธรรมชาติและอาหารเทียม (ภาพที่ 14) ซึ่งได้แก่ หนอนนก *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) หนอนด้วงสาหร่าย *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) หนอนด้วงแรดมะพร้าว *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Dynastinae) หนอนกรู่ฝัก *Spodoptera litura* (Lepidoptera:

Noctuidae) ไข่ผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae) เพลี้ยแป้ง (Homoptera: Pseudococcidae) เพลี้ยอ่อนถั่ว *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) เพลี้ยอ่อนผักกาด *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) ไรแมงมุมคันชาวา *Tetranychus kanzawai* (Acariformes: Prostigmata: Tetranychidae) ซึ่งในภาพรวมเพียงพอสำหรับการดำเนินกิจกรรมการวิจัยและสามารถผลิตหมูนเวียนได้ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินโครงการ





ภาพที่ 14 อาหารเห็ดและอาหารธรรมชาติซึ่งผลิตหมุนเวียนในโรงงานฯ

ตารางที่ 3 กำลังผลิตและหมุนเวียนอาหารเทียมและอาหารตามธรรมชาติ สำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติของโรงงานต้นแบบ

ชนิดของอาหาร (diets)	หน่วยผลิต	ศักยภาพการ ผลิตต่อวัน	ระดับความ เพียงพอตัวชี้วัด	การหมุนเวียน	การใช้ประโยชน์
หนอนนก <i>Tenebrio molitor</i> (Coleoptera: Tenebrionidae)	1 โรง	NA	ยังไม่เพียงพอ ความต้องการ	ยังไม่เพียงพอ ต่อความ ต้องการ	- ใช้สำหรับเป็นอาหารเทียมในการเพาะเลี้ยงขยาย ปริมาณ ของมวนตัวห้ำสองชนิด ได้แก่ มวน เพศผสม - ใช้สำหรับการวิจัยและพัฒนา
หนอนด้วงสาถู <i>Rhynchophorus ferrugineus</i> (Coleoptera: Curculionidae)	1 โรงผลิต	50 ตัวต่อวัน	เพียงพอสำหรับ กิจกรรมวิจัยและ พัฒนา	เพียงพอ	- ใช้สำหรับกิจกรรมวิจัยและพัฒนา การคัดเลือก อาหารที่เหมาะสมสำหรับ เป็นอาหารเทียมใน การเพาะเลี้ยงขยายปริมาณ ของมวนตัวห้ำสอง ชนิด ได้แก่ มวนเพศผสมและมวนพิฆาต
หนอนด้วงแรดมะพร้าว <i>Oryctes rhinoceros</i> (Coleoptera: Dynastinae)	1 โรงผลิต		เพียงพอสำหรับ กิจกรรมวิจัยและ พัฒนา	เพียงพอ	- ใช้สำหรับกิจกรรมวิจัยและพัฒนา การคัดเลือก อาหารที่เหมาะสมสำหรับ เป็นอาหารเทียมใน การเพาะเลี้ยงขยายปริมาณ ของมวนตัวห้ำสอง ชนิด ได้แก่ มวนเพศผสมและมวนพิฆาต
หนอนกรู้จัก <i>Spodoptera litura</i> (Lepidoptera: Noctuidae)	1 โรงเพาะ/ 1 แปลงผลิต		เพียงพอสำหรับ กิจกรรมวิจัยและ พัฒนา และอาหาร เสริมแก่มวนตัวห้ำ	เพียงพอ	- ใช้สำหรับกิจกรรมวิจัยและพัฒนา การคัดเลือก อาหารที่เหมาะสมสำหรับ เป็นอาหารเทียมใน การเพาะเลี้ยงขยายปริมาณ ของมวนตัวห้ำสอง ชนิด ได้แก่ มวนเพศผสมและมวนพิฆาต

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชนิดของอาหารเทียม (artificial diets)	หน่วยผลิต	ศักยภาพการผลิต ต่อวัน	ระดับความเพียงพอ ตัวชี้วัด	การหมุนเวียน	- การใช้ประโยชน์
ไข่ผีเสื้อข้าวสาร <i>Corcyra cephalonica</i> (Lepidoptera: Pyralidae)	2 โรงผลิต		เพียงพอสำหรับ กิจกรรมวิจัยและ พัฒนา และผลิต แตนเบียนไข่	เพียงพอ	- ใช้สำหรับเป็นอาหารเทียมในการเพาะเลี้ยงขยาย ปริมาณ แตนเบียนไข่ไตรโคเกรมา - ใช้สำหรับการวิจัยและพัฒนา
เพลี้ยแป้ง (Homoptera: Pseudococcidae)	1 โรงผลิต		เพียงพอสำหรับ กิจกรรมวิจัยและ พัฒนา และผลิต แตนเบียนไข่	เพียงพอ	- ใช้สำหรับกิจกรรมการวิจัยและพัฒนา (ด้วงเต่าตัว ห้ำ และแมลงช้างปีกใส)
เพลี้ยอ่อนถั่ว <i>Aphis craccivora</i> (Hemiptera: Aphididae)	1 โรงเพาะ/ 1 แปลงผลิต		เพียงพอสำหรับ กิจกรรมวิจัยและ พัฒนา	เพียงพอ	- ใช้สำหรับกิจกรรมการวิจัยและพัฒนา (ด้วงเต่าตัว ห้ำ และแมลงช้างปีกใส)
เพลี้ยอ่อนผักกาด <i>Lipaphis erysimi</i> (Hemiptera: Aphididae)	1 โรงเพาะ/ 1 แปลงผลิต		เพียงพอสำหรับ กิจกรรมวิจัยและ พัฒนา	เพียงพอ	- ใช้สำหรับกิจกรรมการวิจัยและพัฒนา (ด้วงเต่าตัว ห้ำ และแมลงช้างปีกใส)
ไรแมงมุมกันชาวา <i>Tetranychus kanzawai</i> (Acariformes: Prostigmata: Tetranychidae)	1 แปลงผลิต (มัน สำปะหลัง)		เพียงพอสำหรับ กิจกรรมวิจัยและ พัฒนา	เพียงพอ	- ใช้สำหรับกิจกรรมการวิจัยและพัฒนา (ด้วงเต่าตัว ห้ำ และแมลงช้างปีกใส เพลี้ยไฟตัวห้ำ และ ไรตัวห้ำ)

### 3) การทดสอบระบบการผลิตขยายปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย

การทดสอบระบบที่วางไว้ในการผลิตมวนตัวห้ำ สองชนิด ได้แก่มวนพิฆาต และมวนเพชรฆาต โดยเริ่มต้นจากพ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว จำนวน อย่างละ 500 ตัว โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

#### มวนพิฆาต

หลังจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการผลิตมวนตัวห้ำ ควบคู่ไปกับการพัฒนามาตรฐานการผลิตระดับสากลตามกรอบของมาตรฐานของ International Organization for Biological Control (IOBC) standard รวมทั้งกิจกรรมการเพาะเลี้ยงแมลงอาหาร โครงการฯ ได้มีการเพาะพันธุ์มวนพิฆาต โดยเริ่มจากการเสาะหาพ่อแม่พันธุ์ซึ่งอาศัยอยู่ตามสภาพธรรมชาติ รวมทั้งการขอความอนุเคราะห์พ่อแม่พันธุ์ ซึ่งเพาะเลี้ยง ณ ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดเชียงใหม่ และแมลงลำปาง หลังจากระดับของการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ การตรวจสอบพันธุ์กรรมและการผสมพันธุ์รุ่น F1 จากนั้น นำไข่ในชั่วลูก F2 มาเพิ่มปริมาณในสภาพโรงเพาะซึ่งเตรียมไว้ โดยเริ่มจากพ่อแม่พันธุ์จำนวนรวม 500 ตัว (อัตราส่วนเพศเมีย ร้อยละ 50) ตามมาตรฐานจำนวนเชื้อพันธุ์ระดับ โรงงาน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 เป็นต้นมา โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่มีอยู่ ณ ปัจจุบัน และมีการซื้ออาหารเทียมซึ่งคือหนอนนกก สำหรับเป็นอาหาร เนื่องจากสายการผลิตหนอนนกกในโรงงานยังไม่สามารถรทหมุนเวียนใช้ใน โรงงานได้เพียงพอ โดยมีสาเหตุจากหนอนนกกมีวงจรชีวิตค่อนข้างยาว และบางช่วงของการผลิต ประสบปัญหาการลงทำลายของไรไก่และมีผลต่อการเจริญเติบโตของหนอนนกก ทั้งนี้ด้วยการจัดซื้อหนอนนกร่วมกับการใช้หนอนของแมลงศัตรูพืช ซึ่งได้แก่ หนอนกระตุ้ผัก และ หนอนแก้วส้ม เป็นอาหารร่วมด้วย ผลการดำเนินงานด้านการผลิตมวนตัวห้ำของโรงงานมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ กล่าวคือ หากเริ่มต้นจำนวนพ่อแม่พันธุ์ในระยะเวลา 500 ฟอง ในอัตราส่วนเพศเมียร้อยละ 50 ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาชีววิทยาของกลุ่มตัวอย่างวางใน ช่วงเวลาเดียวกัน โดยมีอัตราการฟักไข่เฉลี่ยร้อยละ 90.79 ซึ่งใช้เวลาตั้งแต่ระยะ ไข่จนตัวเต็มวัยตายหมด เฉลี่ย 70.50 วัน และหากไม่มีการจำหน่ายออก และ/ หรือปลดปล่อยสู่ธรรมชาติ โรงงานจะมีกำลังผลิตเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 รวม 25,560 653,313.60 และ 16,698,695.62 ฟองตัวอ่อนซึ่งมีอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยร้อยละ เป็นจำนวน 97.28 24,864.77 81,222,455.48 และ 16,244,491.10 ตัวเต็มวัยซึ่งมีอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยร้อยละ 98.10 เป็นจำนวน 24,392.34 79,679,228.82 และ 15,935,845.76 ตัว ตามลำดับ โดยมีกำลังผลิตต่อวัน แบ่งเป็นระยะไข่

365.14 9,266.86 และ 236,860.93 ฟองต่อวัน ตัวอ่อนในจำนวน 352.69 222,440.21 และ 230,418.31 ตัวต่อวัน ตัวเต็มวัย 345.99 218,213.85 และ 226,040.37 ตัวต่อวัน ตามลำดับ

อนึ่งเนื่องจากในปีวิจัยที่หนึ่งซึ่งเป็นการทดสอบระบบทางโครงการได้มีการบริหารจัดการประชากรของมวนตัวห้ำ เพื่อให้เหมาะสมต่อปัจจัยด้านแรงงานและสถานที่เพาะเลี้ยง จึงมีการปลดปล่อยมวนสู่ธรรมชาติเป็นระยะ ร่วมกับการนำไปใช้ในกิจกรรมบริการวิชาการในโครงการต่างๆ ทั้งภายนอกและภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตลอดจนการแจกจ่ายพ่อแม่พันธุ์ให้กับเกษตรกร โดยควบคุมจำนวนการผลิตมวนไว้สองโรงเพาะ ในปริมาณไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย เป็น 3,000 ฟอง 7,000 ตัว และ 5,000 ตัวตามลำดับ โดยดำเนินการควบคู่ไปกับการวิจัยและพัฒนาเพื่อการบริหารจัดการและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะดำเนินการในปีวิจัยที่สองต่อไป

#### มวนเพศเมีย

หลังจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการผลิตมวนตัวห้ำ ควบคู่ไปกับการพัฒนามาตรฐานการผลิตระดับสากลตามกรอบของมาตรฐานของ International Organization for Biological Control (IOBC) standard การเสาะหาพ่อแม่พันธุ์ซึ่งอาศัยอยู่ตามสภาพธรรมชาติ รวมทั้งการตรวจสอบพันธุ์กรรมและการผสมพันธุ์รุ่น F1 แล้ว หลังจากนั้นลูกในชั่ว F2 เพาะเลี้ยงในระดับโรงเพาะเลี้ยง พบว่าในภาพโรงเพาะเลี้ยงที่จัดไว้ สามารถเพาะเลี้ยงมวนตัวห้ำชนิดนี้ได้เพียงหนึ่งรุ่น ในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึง มกราคม พ.ศ. 2563 จึงยังไม่ประสบผลในการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณมวนชนิดนี้ในระดับโรงงาน

แตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp.

หลังจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการผลิตมวนตัวห้ำ ควบคู่ไปกับการพัฒนามาตรฐานการผลิตระดับสากลตามกรอบของมาตรฐานของ International Organization for Biological Control (IOBC) standard และกิจกรรมการเพาะเลี้ยงแมลงอาหาร ทางโครงการได้มีการเพาะพันธุ์แตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. โดยนำลูกรุ่น F2 ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ มาเพิ่มปริมาณในระบบปิดในห้องปรับอากาศ ที่ระดับอุณหภูมิเฉลี่ย  $22 \pm 3$  องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ  $60 \pm 5.0$  และเริ่มเพิ่มปริมาณโดยเริ่มจากพ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านการผสมและทดสอบแล้วจำนวน 1,000 ตัว ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่มีอยู่ ณ ปัจจุบัน โดยใช้ไข่ของผีเสื้อข้าวสารเป็นตัวอาศัย พบว่า ณ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563 มีกำลังผลิตเป็น รวม 700,000 ตัว เฉลี่ยวันละ 4,666 ตัวต่อวัน ซึ่งเพียงพอสำหรับการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมการวิจัยพัฒนา รวมทั้งการเพิ่มศักยภาพการผลิตระดับโรงงาน ทั้งนี้กำลังอยู่ในขั้นตอนการศึกษาชีววิทยาและตารางชีวิต รวมทั้งการพัฒนาศักยภาพของการเพาะเลี้ยงทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ อย่างต่อเนื่อง โดยคาดว่าจะเสร็จสิ้นภายในปีวิจัยที่สอง

ตารางที่ 5 ศักยภาพการผลิต และ ข้อมูลทางชีววิทยาประชากรและแมลงตัวห้ำในเป้าหมายของโรงงาน  
ต้นแบบ ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2562

ศักยภาพการผลิตต่อวัน	มวนพินาศ	มวนเพศมาด
ไข่ (ฟองต่อวัน)	1643.28	-
ตัวอ่อน (ตัวต่อวัน)	1453.44	-
ตัวเต็มวัย (ตัวต่อวัน)	1410.50	-
คุณลักษณะทางชีววิทยา		
อัตราส่วนเพศเมีย (เปอร์เซ็นต์)	50	50
อัตราการวางไข่ (ฟองต่อตัววัน)	70.5	28.54
อัตราการฟักไข่ (เปอร์เซ็นต์)	97.28	75.02
ระยะเวลาการให้ลูก (reproductive period) (วัน)	38.54	32.25
ความยืนยาวของอายุตัวเต็มวัย (วัน)	75.21	78.63
อัตราการรอดชีวิต (เปอร์เซ็นต์)		
ไข่	95.88	80.35
ตัวอ่อน	97.12	85.11
ตัวเต็มวัย	97.54	86.35
ชั่วอายุขัย (generation time: T)	42.35	55.30
อัตราการขยายพันธุ์สุทธิ (capacity of increase: R <sub>c</sub> )	1.34	-
ระยะเวลาสำหรับการเพิ่ม ประชากรเป็นสองเท่า (วัน)	55.21	-

#### หมายเหตุ

- 1) ตารางแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล ครั้งละสามชั่วโมง ในสภาพ โรงงานผลิต ที่อุณหภูมิเฉลี่ย  $23 \pm 12$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ  $65.0 \pm 8.2$  ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล
- 2) ข้อมูลศักยภาพการผลิตบันทึกผลจากกิจกรรมการผลิตรวมในโรงงานต้นแบบฯ
- 3) ข้อมูลคุณลักษณะทางชีววิทยาแปลผลจากการวิเคราะห์ตารางชีวิตและตารางความสมบูรณ์พันธุ์ของกุ่มตัวอย่าง สำหรับการประเมินผลและวางแผนการผลิต

### 3) กิจกรรมการวิจัยและพัฒนา

การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่สำหรับเพิ่มศักยภาพในการผลิตและ เพาะเลี้ยง ได้แก่ 1) การศึกษาผลของ ชนิดอาหารเทียมต่อการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณของมวนพิฆาต (กำลังอยู่ในขั้นตอนการดำเนินงาน โดยคาดว่าจะแล้วเสร็จภายในปีวิจัยที่สอง) 2) การพัฒนาสูตรอาหารเทียมสำหรับเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ (กำลังอยู่ในขั้นตอนการดำเนินงาน โดยคาดว่าจะแล้วเสร็จภายในปีวิจัยที่สอง) 3) การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยไฟตัว ห้ำ *Karnyothrips flavipes* สำหรับการพัฒนาแนวทางการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ 3) การศึกษาชีววิทยาและการ เตรียมการสำหรับการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงช่วงปีกใส ซึ่งมีรายละเอียดผลการดำเนินงานในรายงาน วิจัยของโครงการย่อยที่ 1



## 2. การศึกษาต้นทุน

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ และวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการสร้างโรงงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ โดยศึกษาภายใต้สภาพแวดล้อมการตลาด ณ ห้องปฏิบัติการและโรงเพาะเลี้ยง ศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีด้านการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติและวิเคราะห์ต้นทุนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ (สิ่งทดลอง 3 สิ่งทดลอง) ได้แก่ มวนพิฆาต มวนเพชฌฆาต และแตนเบียน ไข่โคโรแกรมมา จำนวนต้นทุนการผลิตจากการข้อมูลต้นทุนการเพาะเลี้ยงจนได้ผลผลิตใน 3 ระยะเวลาเจริญเติบโต คือ ตัวอ่อน (ระยะที่ 1 – 2) ตัวเต็มวัย (ระยะที่ 3 – 4) และระยะเป็นไข่ของมวนพิฆาต มวนเพชฌฆาต และแตนเบียน ผลการศึกษาพบว่าในแต่ละชนิดของแมลงศัตรูธรรมชาติมีต้นทุนการผลิตรวมและผลผลิตแตกต่างกันไป การศึกษาได้จำแนกต้นทุนตามประเภทของต้นทุนการผลิต และตามพฤติกรรมต้นทุน

การจำแนกต้นทุนตามประเภทของต้นทุนการผลิต แบ่งออกเป็นวัตถุดิบทางตรง (Direct Material) ได้แก่ ค่าอาหารของแมลงศัตรูธรรมชาติ คือ ค่าหอนอนก ค่าแรงงานตรง (Direct Labor) ประกอบด้วยค่าจ้างนักวิชาการเกษตรเพื่อทำกิจกรรมการเพาะเลี้ยงดูแลคุณภาพการผลิต และค่าใช้จ่ายการผลิต (Manufacturing Overhead Cost) ประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบทางอ้อม ได้แก่ ค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าแรงงานทางอ้อม ได้แก่ ค่าจ้างในการดูแลโรงเพาะเลี้ยง และค่าใช้จ่ายการผลิตอื่น ๆ ได้แก่ ค่าเช่าที่ดิน ค่าวัสดุสิ้นเปลือง ค่าเสื่อมราคา-เครื่องมือและอุปกรณ์ และค่าสาธารณูปโภค

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (ต่อตัวมวน หรือ ต่อจำนวนฟองไข่) พบว่าต้นทุนการผลิตตัวอ่อนมวนพิฆาตมีต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด (เท่ากับ 2.97 บาทต่อหน่วย) รองลงมาคือ ตัวอ่อนมวนเพชฌฆาต (เท่ากับ 4.71 บาทต่อหน่วย) ตัวเต็มวัยมวนเพชฌฆาต (เท่ากับ 6.35 บาทต่อหน่วย) และตัวเต็มวัยมวนพิฆาต (เท่ากับ 6.63 บาทต่อหน่วย) ตามลำดับ โดยที่กำหนดให้อัตราการรอดชีวิตของแมลงศัตรูธรรมชาติมีสัดส่วนเป็นไปตามผลการศึกษาของโครงการย่อยที่ 1 และเงื่อนไขของการทดลอง

การวิเคราะห์ต้นทุนโดยจำแนกต้นทุนตามพฤติกรรมต้นทุนมีเกณฑ์ในการพิจารณาพฤติกรรมต้นทุนคือการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนตามปริมาณหรือระดับของการทำกิจกรรมและเงื่อนไขของการทดลอง จำแนกต้นทุนเป็นต้นทุนผันแปร (variable Costs) และต้นทุนคงที่ (fixed Costs) ซึ่งต้นทุนผันแปรประกอบด้วย ค่าอาหาร-หอนอนก และค่าแรงในการทำกิจกรรมการเพาะเลี้ยง ส่วนต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย ค่าเช่าที่ดิน ค่าวัสดุสิ้นเปลือง ค่าเสื่อมราคา-เครื่องมือและอุปกรณ์ และค่าสาธารณูปโภค การคำนวณจุดคุ้มทุนโดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุน – ปริมาณ – กำไร (cost – Volume – Profit Analysis) เนื่องจากราคาของผลิตภัณฑ์แมลงศัตรูธรรมชาติยังขาดราคาตลาด (market price) การวิจัยนี้จึงกำหนดราคาด้วยการตั้งราคาโดยบวกเพิ่มจากต้นทุน และใช้วิธีการตั้งราคาเพื่อให้ได้ผลตอบแทนจากการลงทุนตามเป้าหมาย (target

return Pricing) กำหนดกำไรเป้าหมายร้อยละ 10 และคาดการณ์ปริมาณขายตามกำลังการผลิตที่มีประสิทธิภาพ พบว่าการผลิตตัวอ่อนมวนพิฆาตมีกำไรผันแปรต่อหน่วยสูงที่สุด จึงมีจุดคุ้มทุนเฉลี่ยต่ำที่สุดในขณะที่การผลิตไข่มวนเพชฌฆาตมีจุดคุ้มทุนเฉลี่ยสูงที่สุด ดังนั้น การผลิตตัวอ่อนมวนพิฆาตจึงมีกำไรผันแปรที่ไปชดเชยต้นทุนคงที่มากกว่า และสามารถทำปริมาณยอดขายให้บรรลุจุดคุ้มทุนด้วยปริมาณที่ต่ำกว่าการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นภายใต้สภาพแวดล้อมการผลิตเดียวกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยต้นทุนและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของต้นทุนแต่ละประเภทในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ พบว่าต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ยของการเพาะเลี้ยงจิ้งจกได้ไข่มวนเพชฌฆาตมีจำนวนต้นทุนสูงที่สุด รองลงมาคือไข่มวนเบียน และไข่มวนพิฆาต ตามลำดับ โดยต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ยมีจำนวนเงินลดลงเมื่อปริมาณผลผลิตตัวมวนและไข่มวลได้เพิ่มขึ้น ประเภทของต้นทุนผันแปรที่มีต้นทุนเฉลี่ยสูงที่สุดคือค่าแรงในการทำกิจกรรมการเพาะเลี้ยงของนักวิชาการเกษตร รองลงมาคือค่าहनอนนค ต้นทุนคงที่ที่มีจำนวนเงินสูงที่สุดคือค่าเสื่อมราคา-อุปกรณ์และเครื่องมือ ในขณะที่ค่าใช้จ่ายการผลิตคงที่รวมเฉลี่ยมีจำนวนเท่ากันในทุกชนิดของผลผลิต ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนในทางสถิติของตัวแปรต้นทุนเฉลี่ยแต่ละประเภท ได้แก่ ค่าจ้างนักวิชาการเกษตรเพื่อทำกิจกรรมการเพาะเลี้ยง ต้นทุนผันแปรรวม และต้นทุนรวมทั้งหมด รวมทั้งปริมาณผลผลิต พบว่าค่าเฉลี่ยของต้นทุนเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนพบว่าอัตราส่วนของต้นทุนคงที่เฉลี่ยและต้นทุนผันแปรเฉลี่ย (Operation Leverage) ของแต่ละผลิตภัณฑ์มีอัตราส่วนของต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรแตกต่างกันไป

การศึกษาสามารถระบุค่าใช้จ่ายก่อนเริ่มก่อสร้างโรงงาน และต้นทุนในการก่อสร้างโรงงาน โดยค่าใช้จ่ายก่อนเริ่มก่อสร้างโรงงาน ประกอบด้วยรายการดังนี้ (1) ค่าจ้างที่ปรึกษาในการออกแบบ โรงเรือน (2) ค่าออกแบบ และ (3) ต้นทุนและค่าใช้จ่ายรายการอื่นที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอาคารสำนักงาน ส่วนต้นทุนในการก่อสร้างโรงงาน ในการศึกษาจำแนกต้นทุนออกเป็น 4 ประเภท ประกอบด้วย (1) ค่าวัสดุในการก่อสร้าง (2) ค่าใช้จ่ายในการปรับพื้นที่ดิน (3) ค่าแรงงานทางตรงและทางอ้อม และ (4) งานระหว่างก่อสร้าง จากการวิเคราะห์ต้นทุนในการก่อสร้างอาคาร โรงงานพบว่ามีต้นทุนในการก่อสร้างอาคาร โรงงานมีมูลค่ารวมทั้งสิ้นประมาณ 2,570,140 บาท คิดเป็นต้นทุนการก่อสร้างต่อโรงเพาะเลี้ยงเท่ากับ 160,633.75 บาทต่อโรงเพาะเลี้ยง

การศึกษาส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการสร้างโรงงานการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ การวิจัยนี้กำหนดข้อสมมติว่าโครงการลงทุนมีเงินทุนมาจากส่วนของเจ้าของทั้งหมด มูลค่าของต้นทุนเงินทุนถ่วงเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Capital: WACC) จึงมีค่าเท่ากับ 10.80 ผลการศึกษาพบว่าโครงการสร้างโรงงานการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

เท่ากับ 14.52 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เท่ากับ 4 ปี 9 เดือน สามารถคืนทุนได้ภายในอายุโครงการ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.83 จากผลการวิเคราะห์ทางการเงิน สรุปได้ว่าการลงทุนมีผลตอบแทนคุ้มค่าในการลงทุน (ภายใต้การประมาณการณ์กำลังการผลิตตามการออกแบบการวิจัยของโครงการย่อยที่ 1)

สำหรับผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของการลงทุน โดยการทดสอบมูลค่าการแปรเปลี่ยนของปัจจัยต้นทุน (Switching Value Test of Cost) และปัจจัยผลตอบแทน (Switching Value Test of Benefit) ผลการศึกษาเปิดเผยว่าโครงการมีความเสี่ยงอยู่ในระดับต่ำ และปัจจัยด้านผลตอบแทนมีความอ่อนไหวมากกว่าปัจจัยด้านต้นทุน ผลการศึกษาให้ข้อเสนอแนะว่าการดำเนินโครงการ โรงงานการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ ควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษในปัจจัยที่มีผลทำให้ผลตอบแทนลดลงหรือเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ คุณภาพผลิตภัณฑ์ การผลิตให้ผลผลิตออกสู่ตลาดในช่วงฤดูกาลที่มีความต้องการของตลาดสูง เพื่อให้มียอดจำหน่ายสูง รวมทั้งการบริหารต้นทุนของโครงการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน

### 3. การใช้ประโยชน์แมลงศัตรูธรรมชาติ และการวัดมูลค่าความเป็นประโยชน์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมโดยชีววิธี: กรณีศึกษา ในนาข้าวและพืชผักวงศ์กะหล่ำในระบบเกษตรอินทรีย์

หลังจากการติดต่อประสานงานกับกลุ่มเกษตรกรเกษตรอินทรีย์ ควบคุมเกี่ยวกับการขอเข้าสำรวจประชากรของแมลงศัตรูพืช และแมลงศัตรูธรรมชาติ (ถั่วหน้า) ทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการประสานงานกลุ่มเกษตรกรในวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถี เกษตรกรที่ทำเกษตรอินทรีย์แต่ไม่อยู่ในกลุ่มหรือเครือข่ายใดๆ รวมทั้งเกษตรกรผู้ปลูกข้าว และ/ หรือพืชผักวงศ์กะหล่ำ ในจังหวัด เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และ น่าน 50 รายต่อจังหวัด รวม 400 ราย หลังจากการวิเคราะห์จากการสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่าการรับรู้ด้านการใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ซึ่งได้แก่ มวนพิฆาต และ แตนเบียนไข่ไตรโคแกรมมา แบ่งเป็นสามกรอบ 1) รู้จัก เคยใช้แต่หาแหล่งจำหน่ายหรือให้บริการได้ 2) รู้จัก เคยใช้ แต่หาแหล่งจำหน่ายไม่ได้ 3) ไม่รู้จัก ไม่เคยใช้ มีค่าเป็นร้อยละ 5.58 81.25 และ 13.17 ตามลำดับ โดยมีความต้องการใช้ประโยชน์จากแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย แบ่งเป็น 1) มีความจำเป็นในการกำจัดศัตรูพืชและต้องการใช้ ร้อยละ 72.21 2) มีความจำเป็นในการกำจัดศัตรูพืชแต่ไม่ต้องการใช้ร้อยละ 2.25 3) ไม่มีความจำเป็นในการกำจัดศัตรูพืชแต่มีความสนใจนำมาใช้หากมีการปลูกพืช 18.18 และ 4) ไม่มีความจำเป็นในการกำจัดศัตรูพืชและไม่มีความต้องการใช้หากมีการปลูกพืช ใช้ 7.36

สถานการณ์การแพร่ระบาดของและการวิเคราะห์ชนิดของแมลงศัตรูพืชในนาข้าว และในแปลงปลูกพืชผักวงศ์กะหล่ำ ซึ่งสามารถนำแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ไปใช้ควบคุมแบบเพิ่มขยายได้ พบว่าในนาข้าว: จากการสำรวจพบแมลงกว่า 112 ชนิดในนาข้าวที่ทำการสำรวจ โดยมีสัดส่วนประชากรของแมลงศัตรูพืช และ แมลงศัตรูธรรมชาติ ในภาพรวมเป็นอัตราร้อยละ  $47.89 \pm 8.45$  และ  $52.11 \pm 9.30$  ตามลำดับ โดยแบ่งเป็นการสำรวจในนาข้าวอินทรีย์ นาข้าวซึ่งปลูกแบบทางเลือก เช่นการใช้สารชีวภัณฑ์ และลดการใช้สารเคมี และนาข้าวที่ปลูกแบบใช้สารเคมี ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 ทั้งนี้ชนิดของแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติ ที่สำคัญ และเชื่อมโยงกับกิจกรรมโครงการวิจัย พบว่าในนาข้าวแบบใช้สารเคมีและแบบอินทรีย์ อย่างน้อย 20 ชนิด เป็นชนิดที่พบอย่างสม่ำเสมอ และอาจมีความสำคัญหากมีการระบาดในปริมาณสูง แต่ทั้งนี้ไม่พบว่าแมลงดังกล่าวระบาดทำความเสียหายอย่างหนักถึงระดับเศรษฐกิจ แมลงศัตรูข้าวที่สำคัญที่พบ คือ หนอนแมลงวันเจาะยอดข้าว (rice whorl maggot, *Hydrellia* spp. (Diptera: Ephydriidae) เพลี้ยจักจั่นปีกลายหยัก (zigzag leafhopper, *Recilia dorsalis* (Motschulsky) (Hemiptera: Cicadellidae) เพลี้ยจักจั่นสีเขียว (green leafhoppers. *Nephotettix* spp. (Hemiptera: Cicadellidae) เพลี้ยกระโดดหลังขาว (whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath) (Hemiptera: Delphacidae) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae) หนอนห่อใบข้าว (rice leaf folder, *Cnaphalocrosis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) หนอนกอข้าวสีครีม (yellow rice stem borer, *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) หนอนกัดใบข้าวหนวดสั้น (rice skipper, *Parnara guttata* Bremer et Grey (Lepidoptera: Hesperidae) รวมทั้งแมลงขี้ผึ้ง (Asian rice gall midge, *Orseolia oryzae* (Wood- Mason) (Diptera: Cecidomyiidae) มวนในวงศ Pentatomidae แมลงสี (rice bug, *Leptocorisa oratorius* (F.) (Hemiptera: Coreidae) แมลงห้ำ (rice black bug หรือ Malayan black bug, *Scotinophara coarctata* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) เพลี้ยกระโดดค้ำถั่ว (rice water weevil, *Hydronomus sinuaticollis* Faust (Coleoptera: Curculionidae) (*Ampittia dioscorides* (Hewitson) (Lepidoptera: Hesperidae) และ ตั๊กแตนข้าว (rice grasshopper, *Hieroglyphus banian* (F.) (Orthoptera: Acrididae)

ศัตรูธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับแมลงศัตรูพืชเหล่านี้โดยการเป็นตัวห้ำ ตัวเบียน และเชื้อโรค อย่างน้อย 50 ชนิด ศัตรูธรรมชาติที่มีความเกี่ยวข้องกับแมลงเหล่านี้ที่สำคัญ และพบแพร่กระจายอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่ศึกษา แบ่งออกได้เป็นสามกลุ่ม ได้แก่ ตัวห้ำทั่วไป (generalist predators) เช่น แมลงปอบ้าน (*Neurothemis* sp.) แมลงปอเข็ม (*Agriocnemis* sp.) ในอันดับ Odonata ค้างคาว (*Micraspis discolor* (F.) และ ค้างคาว *Micraspis vincta* (Gorham) ในวงศ์ Coccinellidae อันดับ Coleoptera แมงมุมชนิดต่างๆ เช่น *Neoscona jinghongensis*, *Argiope catemulate*, *Tetragnatha maxillosa*, *Thomisus stoliczka* และ *Runcinia albostrata* แมลงตัวเบียนชนิดต่างๆ เช่น แตนเบียน *Charops brachypterum* (Cameron) แตนเบียน *Temelucha philippinensis* (Ashmead) แตนเบียน *Stenobracon* sp. แตนเบียนในวงศ์ Braconidae แตนเบียน *Opius* sp. แตนเบียน *Panstenon* sp. แมลงวันเบียน *Pipunculus mutillatus* (Loew) และ แมลงวันก้นขน *Argyrophylax nigrotibialis* (Baranov) (Diptera: Tachinidae) และ เชื้อราสาเหตุโรคของแมลงชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่ *Hirsutella citrifomis* Speare ทำลายเพลี้ยจักจั่น *Hirsutella* sp. ทำลายแมลงในอันดับ Diptera *Metarhizium* sp. ทำลายบั่ว *Conidiobolus* sp. ทำลายเพลี้ยจักจั่น เชื้อราไม้ทราบชนิด ทำลายหนอนแมลงในอันดับ Lepidoptera เป็นต้น

ผลการสำรวจแปลงปลูกพืชผักวงศ์กะหล่ำในพื้นที่ศึกษา พบว่าสัดส่วนประชากรของแมลงศัตรูพืช และ แมลงศัตรูธรรมชาติ ในภาพรวมเป็นอัตราร้อยละ  $59.16 \pm 10.15$  และ  $40.84 \pm 9.29$  ตามลำดับ โดยแบ่งเป็นการสำรวจในนาข้าวอินทรีย์ นาข้าวซึ่งปลูกแบบทางเลือก เช่นการใช้สารชีวภัณฑ์ และลดการใช้สารเคมี และนาข้าวที่ปลูกแบบใช้สารเคมี ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 ส่วนชนิดของแมลงศัตรูพืชที่พบในพื้นที่ได้แก่ 1) กลุ่มเพลี้ยอ่อน (Aphis, Homoptera: Aphididae) เช่น เพลี้ยอ่อนฝ้าย; Cotton aphid, *Aphis gossypii* เพลี้ยอ่อนกะหล่ำ; Cabbage aphid, *Lipaphis erysimi* เพลี้ยอ่อนข้าวโพด; Corn leaf aphid, *Phopalosiphum maidis* และ เพลี้ยอ่อนยาสูบ; Tobacco aphid, *Myzus persicae* 2) มวนผัก; Leaf sucking bug, *Eurydema pulchra* (Hemiptera: Pentatomidae) 3) เพลี้ยไฟ (thrips, Thrips spp., Thysanoptera: Thripidae) 3) กลุ่มด้วงหมัด (Coleoptera: Chrysomellidae) 4) คือ ด้วงหมัดผัก; Leaf eating beetle, *Phyllotreta inuate* และ *Phyllotreta chontanica* และ 5) กลุ่มหนอน เช่น หนอนเจาะยอดกะหล่ำ; Cabbage webworm, *Hellula undalis* (Lepidoptera: Crambidae) หนอนกะหล่ำ; Cabbage moth, *Crociodomia binoltalis* (Lepidoptera: Crambidae) หนอนใยผัก; Diamond back moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) หนอนผีเสื้อขาว; Cabbage white butterfly, *Pieris* spp. (Lepidoptera: Pieridae) หนอนกะทู้ผัก; Common cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) หนอนกระทู้หอม; Beet army worm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) หนอนคืบกะหล่ำ; Cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) ทั้งนี้ พบว่าด้วงหมัดผัก หนอนใยผัก หนอนผีเสื้อในวงศ์ Crambidae และ Noctuidae เป็นแมลงศัตรูที่มี

ความสำคัญมากในพื้นที่ โดยพบว่าในบางจุดที่ทำการสำรวจมีแมลงศัตรูพืชก่อความเสียหายอย่างมากและเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างไร้ประสิทธิภาพในหลายพื้นที่คือตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวโดยดำเนินการแบบเป็นตารางการพ่นตามประสบการณ์ที่เคยทำมา แม้จะพบศัตรูหรือไม่ก็ตาม จึงเป็นการยากที่จะประเมินความเสียหายที่แท้จริง ซึ่งอาจไม่ถึงระดับเศรษฐกิจหรือระดับที่ต้องพ่นยากำจัดศัตรูพืช นอกจากนี้ได้มีการเก็บเชื้อพันธุแมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการศึกษาการศึกษาประสิทธิภาพและจัดทำคู่มือแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ มวนเพชฌฆาต (Assassin bug, *Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/หรือ มวนพิฆาต (Stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) และแมลงตัวเบียนคือแตนเบียนไข่ *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) นอกจากนี้แมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในแปลงปลูก มีจำนวนซึ่งน้อย โดยในการศึกษาค้นคว้าพบแตนเบียน ในวงศ์ Braconidae 2 ชนิด แตนเบียนเพี้ยอ่อน 1 ชนิด หนอนแมลงวันดอกไม้ และด้วงเต่าตัวห้าบางชนิด

การเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูพืชในพื้นที่ศึกษา ทั้งในระบบที่ปลูกแบบใช้สารเคมี แบบทางเลือก และแบบอินทรีย์ ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรรวม และ การขึ้นลงของประชากร แสดงให้เห็นแนวโน้มการขึ้นลงของประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ ที่เป็นไปตาม หรือมีความสัมพันธ์กับอายุของต้นข้าว โดยแบ่งเป็นสามระยะในข้าว (กล้า แดกกอ และให้ผลผลิต) และสองระยะในพืชผักวงศ์กะหล่ำ (กล้า และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตสด) ในระยะกล้าแม้ว่าจะพบแมลงศัตรูพืชบางชนิดลงทำลายพืช เช่น หนอนแมลงวันเจาะยอด จิ้งหรีด แมลงกระซอนกัดใบ รวมทั้งหอยกินพืช ในบางฤดูปลูก แต่ในทุกพื้นที่สำรวจ ไม่พบความเสียหายถึงระดับเศรษฐกิจ อีกทั้งตลอดระยะเวลาของช่วงดังกล่าว พบศัตรูธรรมชาติที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อแมลงศัตรูพืชที่พบ ในระยะที่สอง ถึงระยะที่ 3 สำหรับข้าว คือระยะข้าวเริ่มแตกกอ ไปจนถึงระยะข้าวเริ่มตั้งท้อง พบแมลงศัตรูพืชขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น โดยแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญกลุ่มแรกที่เข้ามาระบาดได้แก่ เพี้ยจักจั่นชนิดต่างๆ ในวงศ์ Cicadellidae เช่น เพี้ยจักจั่นปีกลายหยัก เพี้ยจักจั่นสีเขียว เพี้ยกระโดด ในวงศ์ Delphacidae เช่น เพี้ยกระโดดหลังขาว รวมทั้งเพี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยจะพบการระบาดของเพี้ยจักจั่นปีกลายหยักมากที่สุด นอกจากนี้พบว่าหนอนกอข้าวสีครีม หนอนห่อใบข้าว หนอนกัดใบข้าวหนวดสั้น รวมทั้งแมลงบั่ว ระบาดทั่วไปในช่วงระยะข้าวแตกกอไปจนถึงระยะข้าวตั้งท้อง และในช่วงข้าวตั้งท้องไปถึงช่วงเก็บเกี่ยว พบการระบาดเพิ่มขึ้นของ แมลงสิง มวนเขียวข้าว และ แมลง หล่า เพี้ยจักจั่นบางชนิด ด้วงน้ำ หนอนบู่ และ แมลงซึ่งระบาดตลอดฤดูปลูกเช่นตั๊กแตนข้าว รวมทั้งแมลงศัตรูข้าวอีกหลายชนิด แต่ไม่พบในปริมาณการระบาดถึงระดับที่ก่อความเสียหายทางเศรษฐกิจได้ ส่วนในผักวงศ์กะหล่ำในระยะพัฒนาทางใบ นั้นมีความเสี่ยงต่อการระบาดของแมลงกลุ่มหนอนผีเสื้อ เช่น หนอนใยผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนผีเสื้อในวงศ์ Crambidae สูง ไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว หากมีการปล่อยให้พืชเจริญจนให้ดอกจะพบปัญหาจากแมลงกลุ่มเพี้ยอ่อนและมวนผัก และในภาพรวมการขึ้นลงของประชากรของ

แมลงศัตรูธรรมชาติ แปรผันตามประชากรของแมลงศัตรูพืชที่มีความสัมพันธ์กัน แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าไม่เพียงพอต่อการควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืชหากมีระดับการระบาดสูง

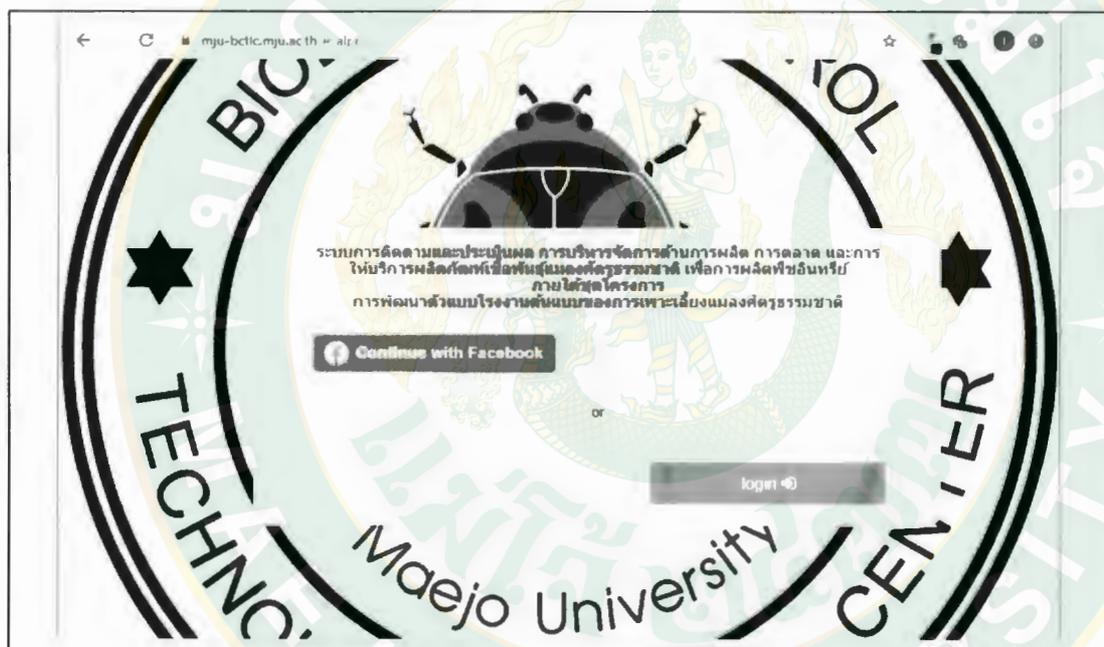
สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการนำแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายไปปลดปล่อย ในรอบปี 2562 ถึง 2563 (ข้อมูลชุดแรก) เพื่อเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีการปลดปล่อยแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ทางโครงการได้กำหนดกรอบระยะเวลาของการเก็บข้อมูล เพื่อความแม่นยำของการวิเคราะห์ซึ่งส่งผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ไว้ในรอบรวม 3 ปีวิจัย โดยปีวิจัยนี้เป็นปีแรก ซึ่งได้มีการรวบรวม และสรุปข้อมูลจำเป็น ได้แก่ สภาพพื้นที่ และสภาพอากาศ นิเวศวิทยาประชากร ในพื้นที่จริงที่ศึกษา ข้อมูลทางชีววิทยาของแมลงศัตรูพืชในเป้าหมายในระดับห้องปฏิบัติการและแปลงทดสอบ ซึ่งจะมีการนำไปวิเคราะห์ร่วมกันกับผลการศึกษาในข้อ 1 และ 3 หลังจากครบใน 3 ปีวิจัย ซึ่งในเบื้องต้น ในปีแรกที่ศึกษา สภาพแวดล้อมมีความเป็นไปได้สำหรับการนำแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายไปปลดปล่อยแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย



#### 4. การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์

หลังจากได้พัฒนาระบบตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้และทำการติดตั้งระบบในเว็บไซต์ของศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โดเมนเนม <https://mju-bctlc.mju.ac.th/evalpro/> ผลของการพัฒนาระบบแสดงได้ ดังต่อไปนี้หน้าจอสำหรับการตรวจสอบผู้ใช้งาน การตรวจสอบสิทธิ์เข้าใช้งานสามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่ 1.การตรวจสอบสิทธิ์ผู้ใช้งานระบบ FACEBOOK และ 2.การตรวจสอบสิทธิ์ผู้ใช้งานระบบหนึ่งผู้หนึ่งรหัสผ่าน (OUOP) ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตามภาพที่

15



ภาพที่ 15 แสดงหน้าจอสำหรับการตรวจสอบผู้ใช้งานก่อนการเข้าใช้งานระบบ

หน้าจอการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้ แสดงหน้าจอเมื่อมีการเข้าใช้งานในครั้งแรก การกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้มี 2 วิธี คือ วิธี A. ผู้ใช้จะป้อนรหัสกลุ่มผู้ใช้งาน ซึ่งรหัสได้มาจากผู้ดูแลระบบเป็นคนกำหนดให้ สิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้ในส่วนนี้คือ สิทธิ์การเข้าถึงแบบกลุ่มผู้ดูแลระบบ และแบบกลุ่มผู้จัดการโรงงาน วิธี B. ผู้ใช้จะเลือกกลุ่มการ ใช้งาน ได้แก่ กลุ่มบุคลากรวิจัย ได้แก่ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และผู้ช่วยนักวิจัย กลุ่มผู้ประกอบการ ได้แก่ผู้ประกอบการที่มีความสนใจด้านการควบคุมแมลงศัตรูพืช กลุ่มเกษตรกร ได้แก่เกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการเกษตรอินทรีย์และเกษตรยั่งยืน และกลุ่มผู้สนใจทั่วไป ได้แก่บุคคลทั่วไปที่มีความสนใจ ตามภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงหน้าจอแสดงการลงทะเบียนและกำหนดสิทธิ์การใช้งานสำหรับผู้ใช้งานใหม่

หน้าจอแสดงผลหลัก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ A.ส่วนแสดงเมนูหลักของระบบ B.ส่วนแสดงเนื้อหา C.ส่วนกำหนดปีปฏิทินดำเนินการ ตามภาพที่ 17



ภาพที่ 17 แสดงหน้าจอแสดงผลหลัก

ส่วนเมนูหลักของระบบ มี 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนของการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับระบบ ได้แก่ ตั้งค่ารหัสกลุ่มผู้ใช้สำหรับผู้ดูแลระบบและผู้จัดการโรงงาน ตั้งค่าจำนวนโรงเพาะเลี้ยงแมลง ตั้งค่าปีปฏิทินดำเนินการ และตั้งค่าตัวชีวิตและเกณฑ์สำหรับการประเมินผล

ส่วนที่ 2 ส่วนงานผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ สำหรับแสดงและบันทึกผลการเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ

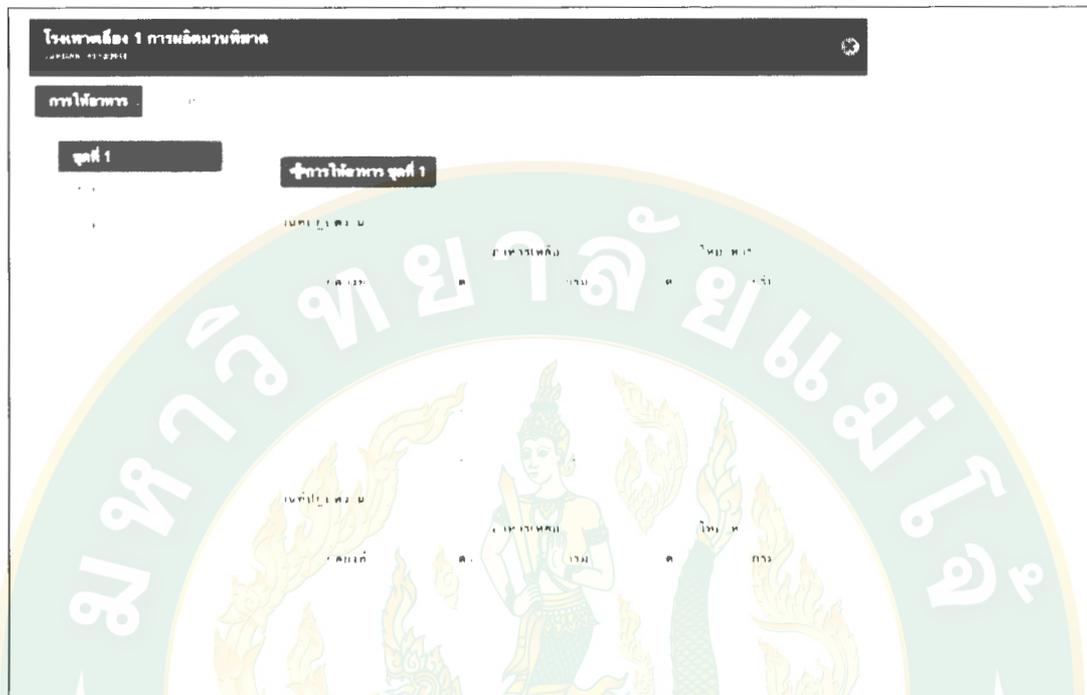
ส่วนที่ 3 ส่วนการประเมินผล สำหรับประเมินผลโรงเพาะเลี้ยงแมลงตามตัวชีวิตต่างๆ

หน้าจอแสดงผลการเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ ผลบันทึกข้อมูลการเลี้ยงแมลงฯ ในโรงเพาะเลี้ยง จะแสดงอยู่ในแผนการผลิต โดยแสดงรายละเอียด วันที่เริ่มต้นผลิต แมลงที่ทำการผลิต จำนวนชุดที่ผลิต และจำนวนกล่องต่อชุด ตามภาพที่ 18



ภาพที่ 18 แสดงหน้าจอแสดงผลการเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ

หน้าจอแสดงการบันทึกผลการให้อาหารแมลง แบ่งตามชุดการเลี้ยงแมลงและกล่อง ข้อมูลการบันทึกได้แก่ วันที่ปฏิบัติงาน จำนวนอาหารเหลือตัว จำนวนอาหารเหลือกรัม จำนวนการให้อาหารตัวและน้ำหนักกรัม ตามภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แสดงหน้าจอแสดงการบันทึกผลการให้อาหารแมลง

หน้าจอแสดงการบันทึกจำนวนการตายของแมลง โดยแสดงสถิติจำนวนมวนตาย จำนวนหนอนนกตาย อุณหภูมิและความชื้น ข้อมูลการบันทึกได้แก่ วันที่ปฏิบัติงาน จำนวนมวนตาย จำนวนมวนเหลือ ระยะวงจรชีวิต จำนวนหนอนนกตาย จำนวนหนอนนกเหลือ อุณหภูมิและความชื้น ตามภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แสดงหน้าจอแสดงการบันทึกจำนวนการตายของแมลง

หน้าจอแสดงการบันทึกการเก็บไข่แมลง โดยแสดงสถิติจำนวนไข่ ข้อมูลการบันทึกได้แก่ วันที่ปฏิบัติงาน จำนวนไข่ฟอง จำนวนไข่กลุ่ม จำนวนฟักออก ตามภาพที่ 21

โรงเพาะเลี้ยง 4 การผลิตมวนพิฆาต

การให้อาหาร จำนวนตาย การเก็บไข่

ชุดที่ 1

การเก็บไข่ ชุดที่ 1

จำนวนไข่ คิดเป็นค่าเฉลี่ย (15.33) ± (2.51)

วันที่ปฏิบัติงาน 25/12/2018

กล่องที่	ฟอง	จำนวนไข่กลุ่ม	ฟักออก	จำนวนไข่ฟอง/กลุ่ม	เฉลี่ย
1				/	0.00
2	9	1		9 / 1	9.00
3				/	0.00

วันที่ปฏิบัติงาน 19/12/2018

กล่องที่	ฟอง	จำนวนไข่กลุ่ม	ฟักออก	จำนวนไข่ฟอง/กลุ่ม	เฉลี่ย
1				/	0.00
2					0.00
3	30	2		30 / 2	15.00

ภาพที่ 21 แสดงหน้าจอแสดงการบันทึกการเก็บไข่แมลง

หน้าจอการตั้งค่าหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผล ประกอบด้วยส่วน A. สร้างหัวข้อการประเมินผล และ B. กำหนดตัวชี้วัด ค่าเป้าหมายและเกณฑ์การประเมินผล สำหรับใช้ในการประเมินการบริหารจัดการและการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ตามภาพที่ 22

ตั้งค่าหัวข้อ/ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผล

กำหนดหัวข้อประเมิน กำหนดหัวข้อประเมินการบริหารจัดการ กำหนดหัวข้อประเมินสำหรับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ

เพิ่มหัวข้อประเมิน แก้ไขหัวข้อประเมิน

หัวข้อเกณฑ์การประเมิน ตารางควบคุมคุณภาพ

เกณฑ์คะแนน

หัวข้อการประเมิน	เป้าหมาย	0- min	0- max	1- min	1- max	2- min	2- max	3- min	3- max	4- min	4- max	5- min	5- max
ระยะเวลาบวมไข่ (วัน)	3	30	25	16	20	11	15	5	10	3.5	5.5	3	5
เปอร์เซ็นต์การฟักของไข่	3	20	25	30	45	40	55	50	65	60	75	80	100
เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของระยะตัวอ่อน	3	20	26	30	45	40	55	50	65	60	75	80	100
ระยะเวลาฟักไข่	3	56	60	48	50	38	40	28	30	21	25	15	20
ระยะเวลาพัฒนาตัวอ่อน	3	75	80	65	70	55	60	45	50	35	40	15	30
รวมทั้งหมด (ใช้ค่าเฉลี่ย) Total development period	3	131	140	111	120	91	100	71	80	58	65	30	50
ค่าเฉลี่ยของอายุตัวอ่อนวันฟัก	3	0	1	2	3	5	10	15	20	25	30	35	10

ภาพที่ 22 แสดงหน้าจอการตั้งค่าหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผล

หน้าจอกำหนดหัวข้อการประเมินให้กับการประเมินด้านการบริหารจัดการ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ A. หัวข้อที่ถูกเลือกสำหรับการประเมิน B. หัวข้อประเมินที่สามารถเลือกได้ C. กำหนดค่าเป้าหมายให้กับตัวชี้วัด ตามภาพที่ 23

ตั้งค่าหัวข้อ/ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผล

กำหนดหัวข้อประเมิน    กำหนดหัวข้อประเมินการบริหารจัดการ    กำหนดหัวข้อประเมินสำหรับการนิเทศมองศัตรูรวมชาติ

หัวข้อประเมินสำหรับการบริหารจัดการ

ด้านงานธุรการ/บริหารบุคคล

ด้านวัสดุ

ด้านการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (A)

ด้านการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ไข่ Trichogramma

ด้านการคัดคืนสัตว์น้ำตัวน้ำ

ด้านการคัดคืนสัตว์น้ำตัวน้ำ ไข่ Trichogramma

หัวข้อประเมินที่สามารถเลือกได้

ด้านการควบคุมคุณภาพ

ด้านปริมาณ (กำลังการผลิต) ไร่

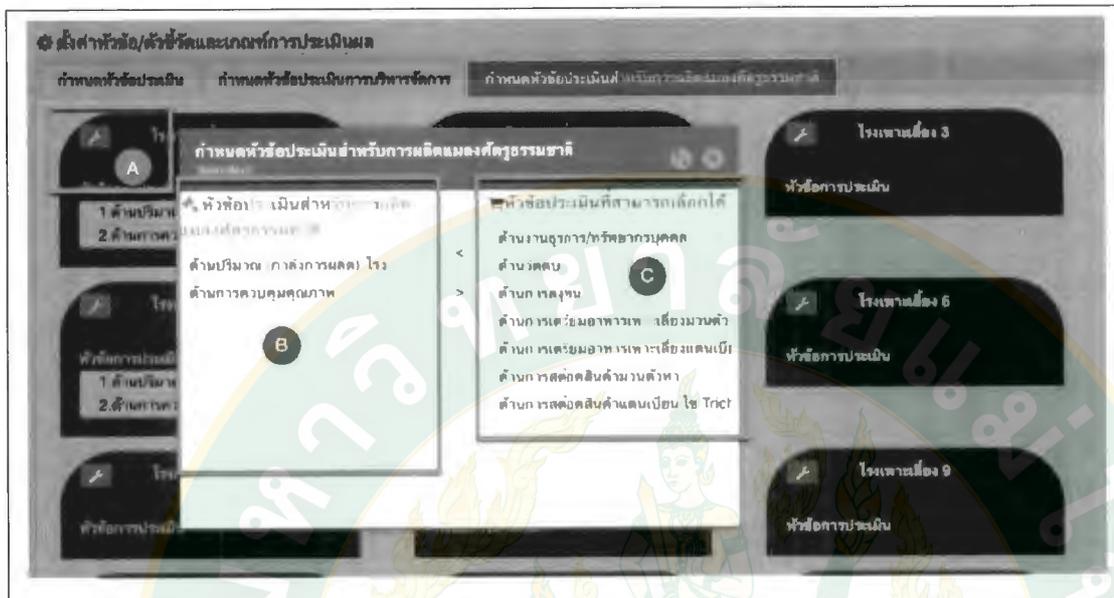
ด้านการลงทุน (B)

ตั้งค่าเป้าหมายสำหรับเกณฑ์การประเมิน

ชื่อเกณฑ์การประเมิน	เป้าหมาย	0min	0max	1min	1max	2min	2max	3min	3max	4min	4max	5min	5max
1. ระดับการตอบเอกสารส่งชื่อ	1	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
2. ระดับการส่งเอกสารส่งชื่อ	1	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
3. ความรวดเร็วทางจัดส่ง	1	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
4. ความถูกต้องของการจัดส่ง	1	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
5. ระดับความชำนาญของนักวิชาการ	3	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
6. ระดับความชำนาญของพนักงาน	1	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5

ภาพที่ 23 แสดงหน้าจอกำหนดค่าหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินผล

หน้าจอกำหนดหัวข้อการประเมินให้กับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ  
 A. โรงเพาะเลี้ยงที่เลือกสำหรับการประเมิน B. หัวข้อที่ถูกเลือกสำหรับการประเมิน C. หัวข้อประเมินที่  
 สามารถเลือกได้ ตามภาพที่ 24



ภาพที่ 24 แสดงหน้าจอกำหนดหัวข้อการประเมินให้กับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ

หน้าจอกำหนดหัวข้อการประเมินให้กับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ของโรงเพาะเลี้ยงแต่ละโรง ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ A. ตัวชี้วัดที่มีตัวอักษร A สีแดง คือตัวชี้วัดที่ประเมินผลจากการคำนวณค่าที่ได้บันทึกไว้ B. ตัวชี้วัดที่ประเมินผลจากผู้ประเมิน C. แสดงผลการผ่านการประเมิน D. แสดงผลการไม่ผ่านการประเมิน E. แสดงรายละเอียดการประเมินผล ตามภาพที่ 24

ตัวชี้วัดการประเมินผล	โรงเพาะเลี้ยง 4		โรงเพาะเลี้ยง 1		ผลการประเมิน
	เป้าหมาย	ผลการปฏิบัติงาน	เป้าหมาย	ผลการปฏิบัติงาน	
ระยะเวลาการวางไข่ (วัน)	6.5-10	-1	6.5-10	-1	
เปอร์เซ็นต์การฟักไข่ (%)	90-95	64.82	90-95	0	Unassessed (0/3)
เปอร์เซ็นต์การรอดชีพของตัวอ่อน	90-95	-1	50-65	-1	
ระยะเวลาฟักไข่	26-30	-1	26-30	-1	
ระยะเวลาพัฒนาตัวอ่อน	45-50	-1	45-50	-1	
ระยะพัฒนารวม (ไข่-ตัวเต็มวัย) Total developmental period	71-80	-1	71-80	-1	
ความชื้นของอาหารตัวเต็มวัยเพศผู้	15-20	1	15-20	-1	
ความชื้นของอาหารตัวเต็มวัยเพศเมีย	20-25	-1	20-25	-1	
อัตราการเพิ่มปริมาณ	1500-2000	904.84	1500-2000	5077.24	Satisfied (2/1)
อัตราส่วนเพศ (ผู้/เมีย)				-1	
เปอร์เซ็นต์การตาย	50-55	-1	50-55	-1	
จำนวนรุ่น/3 เดือน	2-3	-1	2-3	-1	
เปอร์เซ็นต์ Inbreed	30-15	1	30-15	-1	

ภาพที่ 25 แสดงหน้าจอกำหนดหัวข้อการประเมินให้กับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ

ผลการประเมิน อัตราการเพิ่มปริมาณ				
โรงพยาบาลเลี้ยว 1				
ชุดที่	เป้าหมาย	ผลการปฏิบัติงาน	ผลการประเมิน	ระดับคะแนน
ผลิตภัณฑ์มาต				
1	1500-2000	3238.19	Sastisfied ⓘ	
2	1500-2000	733.04	Unsastisfied ⓘ	
3	1500-2000	13960.5	Sastisfied ⓘ	

ชุดที่ 3						
X	NX	Ix	mx	Ixmx	XIxmx	
0	2	1	0	0	0	
1	86	43	0	0	0	
2	73	36.5	0	0	0	
				SUM	13960.5	169751.5
				RO	13960.5	
				T	12.16	

ภาพที่ 26 แสดงรายละเอียดการประเมินผล

การทดสอบระบบการทดสอบโปรแกรมในครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ การทดสอบแบบแบล็กบ็อกซ์ (Blackbox Testing) และ การทดสอบการ Login เข้าสู่ระบบฯ จะต้องใส่ UserName และ Password ให้ถูกต้อง ถ้าใส่ข้อมูลไม่ถูกต้องระบบจะแสดงข้อผิดพลาดขึ้นมา พบว่าทดสอบการเพิ่ม/ลบ/แก้ไข ข้อมูล เข้าไปในระบบฯ โดยเมื่อมีการป้อนข้อมูลได้ครบถ้วนและถูกต้อง ในส่วนของการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ / การเพิ่มข้อมูลเข้าไปในระบบฯ ระบบจะแสดงผลลัพธ์ของการจัดการข้อมูลมาให้ ผู้ใช้ทราบผ่านทางหน้าจอภาพ จากการทดสอบระบบฯ แบบ Blackbox Testing พบว่าระบบที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้คือ สามารถบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้ สามารถตรวจสอบความผิดพลาดเมื่อป้อนข้อมูลไม่ถูกต้อง และสามารถประมวลผลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

สำหรับการทดสอบโดยใช้แบบประเมิน ซึ่งได้แก่ 1) การประเมินผลความพึงพอใจในการใช้บริการเว็บไซต์ การพัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ผลลัพธ์จากการทดสอบระบบจากการที่ได้ทดลอง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับระบบแมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ จำนวน 5 คน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบงานคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 คน ทำการประเมิน โดยแจกแบบสอบถามจำนวน 10 คน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ และได้ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการศึกษา พบว่า ผู้ประเมินที่

มีประสบการณ์ทำงาน ระหว่าง 4-6 ปี มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0 ผู้ประเมินที่มีประสบการณ์ทำงาน ระหว่าง 1-3 ปี มีจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30.0 และ ผู้ประเมินที่มีประสบการณ์ทำงาน 7-10 ปี และมากกว่า 10 ปีขึ้นไป มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10.0 เท่ากัน ตามลำดับ ทั้งนี้ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ด้านการประเมินความเหมาะสมในหน้าที่การทำงานของโปรแกรม (System Requirement Test) ในประเด็นของความสามารถของระบบในการประเมินผล มีค่าเฉลี่ย คือ 4.50 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก รองลงมา ในประเด็นของความสามารถในการจัดเก็บและแก้ไขข้อมูลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ในโรงเพาะเลี้ยง มีค่าเฉลี่ย คือ 4.10 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี และในประเด็นของความสามารถในการจัดการ กำหนดหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัด และเกณฑ์การประเมินผล พบว่า มีค่าเฉลี่ย คือ 4.00 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี

ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ด้านความถูกต้องในการทำงาน โปรแกรม (Functional Test) พบว่า ในประเด็นของความถูกต้องในการบันทึกข้อมูลลงระบบ สูงที่สุดคือ 4.50 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก รองลงมาคือ ทัศนคติในประเด็นของความถูกต้องในการทำงานของระบบ ในภาพรวม และ ความถูกต้องต่อการแก้ไขข้อมูล มีค่าเฉลี่ย เป็น 4.40 เท่ากัน ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก และในประเด็นของความถูกต้องในการประมวลผลข้อมูล และ ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.22 เท่ากัน ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก ตามลำดับ

ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ด้านการประเมินความคิดเห็นด้านความสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน โปรแกรม (Usability Test) พบว่า ในประเด็นของการใช้ภาษาต่อการใช้งานตามวัตถุประสงค์ สูงที่สุดคือ 4.30 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก รองลงมาคือ ทัศนคติในประเด็นของความรวดเร็วในการประมวลผลและการแสดงระบบ มีค่าเฉลี่ย เป็น 4.20 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี และในประเด็นของความง่ายต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเป็น 3.80 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี ตามลำดับ

ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ด้านการประเมินความคิดเห็นด้านความรักษาความปลอดภัยของโปรแกรม (Security Test) พบว่า ในประเด็นของการป้องกันการแก้ไขข้อมูล สอดคล้องกับระบบการทำงาน สูงที่สุดคือ 4.50 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก และในประเด็นของความเหมาะสมต่อการตรวจสอบในการป้อนข้อมูลนำเข้าสู่ระบบ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.30 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก

การศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการระบบฯ ผู้ใช้บริการมีระดับความพึงพอใจโดยรวมจากการเข้า ใช้งานระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.90 ซึ่งเมื่อแยกออกเป็นรายการประเมินความพึงพอใจในประเด็นต่าง ๆ พบว่า ผู้ประเมินมีความพึงพอใจโดยรวมจากการเข้า ใช้งานระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.90 และประโยชน์ที่ท่านได้รับจากการเข้าใช้บริการในครั้งนี้ ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยคือ 4.00

## 5. การบริหารจัดการชุดโครงการ

หลังจากการประชุมระดมความคิด ด้านแนวทางการวิจัย ในโครงการวิจัยย่อยต่างๆผู้รับผิดชอบโครงการร่วมกันพัฒนาข้อเสนอโครงการวิจัย การติดตามผลการประเมินข้อเสนอโครงการวิจัย และหลังจากได้รับการจัดสรรทุนวิจัย โครงการได้จัดทำปฏิทินการประชุมติดตามผลการดำเนินงานวิจัย/ และการใช้จ่ายทุก 1 เดือน รวม 12 ครั้งตั้งแต่ ตุลาคม 2561 เป็นต้นมา (ภาพที่ 27 และ 28) โดยได้มีการหารือประเด็นปัญหา ด้านการดำเนินงานการทดลองและวิจัย การบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล การบริหารทรัพยากรด้านการเงินและการเบิกจ่าย และการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ เพื่อร่วมกันปรับแก้ไขและพัฒนารวบรวมและจัดทำรายงานผลการดำเนินงานวิจัยและดำเนินการจัดส่งตามรอบระยะเวลาที่มหาวิทยาลัยกำหนด ซึ่งทำให้ผลการดำเนินงานในภาพรวมของทุกโครงการมีความก้าวหน้ากว่าร้อยละ 50



ภาพที่ 27 กิจกรรมการติดตามการดำเนินงาน และเก็บข้อมูลชุดโครงการวิจัย



ภาพที่ 28 กิจกรรมการดำเนินงานชุดโครงการวิจัย

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์ (Outcome) ที่คาดว่าจะได้ตลอดระยะเวลาโครงการ กับผลการดำเนินงานในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

รายการผลลัพธ์/ ตัวชี้วัด	ตัวชี้วัดที่ กำหนด	ผลการ ดำเนินการ	รายละเอียดผลลัพธ์ที่กำหนด	รายละเอียดผลการดำเนินงาน
โรงงานต้นแบบการ เพาะเลี้ยงแมลงศัตรู ธรรมชาติ	1 โรงงาน ต้นแบบ	1 โรงงาน ต้นแบบ	<p>โครงสร้างพื้นฐานและวัสดุ อุปกรณ์จำเป็นสำหรับการผลิตแมลง ศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายในระดับ โรงงาน ตามเกณฑ์ มาตรฐานปริมาณ เชิงปริมาณ และคุณภาพ ตามเกณฑ์ของ IOBC (2019) ได้แก่ โรงเพาะเลี้ยง วัสดุ อุปกรณ์จำเป็นสำหรับ องค์ประกอบ จำเป็นสำหรับการวิจัยพัฒนาและการ ตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ และ บุคลากรที่มีความรู้และทักษะในการ ผลิตฯ</p> <p>โรงงานผลิตฯ ที่พัฒนาขึ้นได้รับ การทดสอบใช้ระบบและโครงสร้าง พื้นฐานที่ระบุข้างต้น ในผลิตแมลงศัตรู ธรรมชาติในเป้าหมาย</p>	<p>โครงการฯ ได้พัฒนาโรงงานต้นแบบที่มีความพร้อมสำหรับการผลิต แมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ตามค่ามาตรฐานปริมาณเชิงปริมาณ และ คุณภาพ ตามเกณฑ์ของ IOBC (2019) ที่ประกอบด้วย</p> <p>1) หน่วยผลิตและหมუნเวียนอาหารเพาะเลี้ยงซึ่งสามารถผลิตอาหาร เพียงพอสำหรับการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติและกิจกรรมด้านการ วิจัยและพัฒนาในโครงการรวมทั้งโครงการอื่น ๆ ในชุดโครงการวิจัย: โดยสามารถผลิตอาหารตามธรรมชาติ และอาหารเทียม หมุนเวียน สำหรับกิจกรรมของโครงการรวม 8 ชนิด</p> <p>2) หน่วยผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ ที่มีความพร้อมสำหรับการผลิตแมลง ศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย ซึ่งประกอบด้วยโรงเพาะเลี้ยงซึ่งถูกจัด สภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับการผลิต พร้อมวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น สำหรับการผลิตฯ ตามหลักวิชากีฏวิทยา จำนวน 14 โรง: ได้รับการ ทดสอบระบบซึ่งใช้ผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายแล้ว 3 ชนิด โดยสามารถใช้ผลิตตามมาตรฐานเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพแล้ว 2 ชนิด</p>

รายการผลลัพธ์/ ตัวชี้วัด	ตัวชี้วัดที่ กำหนด	ผลการ ดำเนินการ	รายละเอียดผลลัพธ์ที่กำหนด	รายละเอียดผลการดำเนินงาน
				<p>3) หน่วยวิจัยพัฒนา และตรวจสอบคุณภาพของแมลงศัตรูธรรมชาติ ในระดับ ห้องปฏิบัติการ ระบบปิด และระดับแปลงทดสอบ ซึ่งมีความพร้อม สำหรับกิจกรรมของโครงการฯ ซึ่งประกอบด้วยห้องปฏิบัติการ พร้อมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์จำเป็นตามหลักกีฏวิทยา สองห้อง มุ่งทดสอบในระบบปิดรวม 8 มุ้ง และแปลงทดลองซึ่งมีการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ในพื้นที่รวม 3 ไร่: หน่วยฯ มีความพร้อมสำหรับการดำเนินกิจกรรมของโรงงาน ทุกระดับ และ มีการใช้ประโยชน์หน่วยดังกล่าวในกิจกรรมของโครงการ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 เป็นต้นมา</p>
<p>ต้นแบบวิธีการผลิต และบริหารจัดการ โรงงานต้นแบบ</p>	<p>2 องค์ ความรู้</p>	<p>4</p>	<p>องค์ความรู้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) เกี่ยวกับกระบวนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ</li> <li>2) องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการวางกรอบหรือผังวงจร หรือระบบ ที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการโรงงานฯ</li> <li>3) องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการจัดสภาพที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยง</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ต้นแบบการวางผังองค์ประกอบระบบที่จำเป็นต่อการดำเนินกิจการ และการจัดสภาพโรงงานต้นแบบตามหลักทางกีฏวิทยาและนิเวศวิทยา สำหรับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย เกณฑ์ระดับ โรงงานผลิตฯ ของ IOBC</li> <li>- และมาตรฐานทางคุณลักษณะทางชีววิทยาของแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ระดับ โรงงานผลิตฯ ของ IOBC</li> <li>- ต้นแบบกระบวนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายในสภาพ โรงงานผลิต ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์โรงงานผลิตฯ ของ IOBC จำนวน สองชนิด</li> </ul>

รายการผลลัพธ์/ ตัวชี้วัด	ตัวชี้วัดที่ กำหนด	ผลการ ดำเนินการ	รายละเอียดผลลัพธ์ที่กำหนด	รายละเอียดผลการดำเนินงาน
			4) องค์กรความรู้ที่เกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงฯ ตลอดจนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของโรงงาน	- ผลการศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยไฟตัวห้ำ การศึกษาชีววิทยาของแมลงช่วงปีกใส
เชื้อพันธุ์แมลงศัตรู ธรรมชาติ สำหรับการ ให้บริการ	2 ชนิด	3 ชนิด	เชื้อพันธุ์ แมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายจะประกอบด้วยแมลงตัวห้ำและแมลงตัวเบียนที่มีความเป็นไปได้ในการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในระดับโรงงานต้นแบบอย่างละ 1 ชนิดซึ่งได้แก่ มวนเพศฆาต และ/หรือ มวนพิฆาต และแมลงตัวเบียนคือแตนเบียนไข่ <i>Trichogramma</i> spp. สำหรับการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมวิจัย รวมทั้งการบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนและการให้บริการวิชาการ	โรงงานสามารถผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายได้รวม 3 ชนิด ได้แก่ - มวนพิฆาต ในปริมาณ และ คุณภาพระดับโรงงานผลิต ตามค่า มาตรฐานปริมาณเชิงปริมาณ และคุณภาพ ตามเกณฑ์ของ IOBC (2019) - มวนเพศฆาตปริมาณ สำหรับการศึกษาวิจัย และให้บริการทางวิชาการ - แแตนเบียนไข่ <i>Trichogramma</i> spp. ในปริมาณ และ คุณภาพระดับโรงงานผลิต ตามค่า มาตรฐานปริมาณเชิงปริมาณ และคุณภาพ ตามเกณฑ์ของ IOBC (2019)

รายการผลลัพธ์	ตัวชี้วัดที่กำหนด	ผลการดำเนินการ	รายละเอียดผลลัพธ์ที่กำหนด	รายละเอียดผลการดำเนินงาน
ย่อย 2	1 องค์กรความรู้	ร้อยละ 100	ระบบการคิดต้นทุน ของโครงสร้างพื้นฐาน และต้นทุนต่อตัวสำหรับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย	ระบบการคิดต้นทุน ของโครงสร้างพื้นฐาน
การศึกษาลวด ประชากรของแมลง ศัตรูพืชและศัตรู ธรรมชาติของแมลง	1 รอบปี	1 รอบปี	การขึ้นลงและสัดส่วนประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติในพื้นที่เป้าหมาย (ข้อมูลชุดที่ 1)	การขึ้นลงและสัดส่วนประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติในพื้นที่เป้าหมาย ได้แก่ ได้แก่ เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน ระยะเวลา 12 เดือน
ระบุชนิดของแมลง ศัตรูพืชในเป้าหมาย สำหรับการใช้ ประโยชน์จากแมลงศัตรู ธรรมชาติใน เป้าหมายควบคุมใน พื้นที่	5	10	ชนิดของแมลงศัตรูพืชที่สามารถใช้ควบคุม และแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมมาควบคุม (ข้อมูลชุดที่ 1)	ชนิดของแมลงศัตรูพืชที่สามารถใช้ควบคุม และแตนเบียนไข่ไตรโคแกรมมา ควบคุม ได้แก่ หนอนผีเสื้อศัตรูข้าว และศัตรูพืชผักชนิดต่างๆ รวม 10 ชนิด

รายการผลลัพธ์	ตัวชี้วัดที่กำหนด	ผลการดำเนินการ	รายละเอียดผลลัพธ์ที่กำหนด	รายละเอียดผลการดำเนินงาน
สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการนำแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายไปปลดปล่อย	1 ชุด	1 ชุด	สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการนำแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายไปปลดปล่อย เพื่อให้สามารถสถาปนาประชากรในแหล่งปลดปล่อยได้ (ข้อมูลชุดที่ 1)	สภาพแวดล้อม สภาพพื้นที่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝน รูปแบบการเพาะปลูก รวมถึงระบบนิเวศเกษตร ที่เหมาะสมต่อการนำแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายไปปลดปล่อย เพื่อให้สามารถสถาปนาประชากรในแหล่งปลดปล่อยได้ ได้แก่ เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน
ระบบประเมินผล	1 องค์ความรู้	ร้อยละ 100	1) ระบบประเมินผลด้านการผลิตและควบคุมคุณภาพ 2) ระบบการประเมินผลด้านการบริหารและจัดการ 3)ระบบการประเมินผลด้านต้นทุนและความคุ้มค่า	1) ระบบประเมินผลด้านการผลิตและควบคุมคุณภาพ 2) ระบบการประเมินผลด้านการบริหารและจัดการ

## วิจารณ์ผลการวิจัย

ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 (ปีงบประมาณแรกของการวิจัย) ซึ่งได้มีการดำเนินการวิจัยในลักษณะบูรณาการองค์ความรู้ด้าน ภูมิวิทยา นิเวศวิทยา เศรษฐศาสตร์และการเงิน และเทคโนโลยีสารสนเทศ ดำเนินงานวิจัยเพื่อพัฒนาตัวแบบของโรงงานต้นแบบในการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติ ในเป้าหมาย ซึ่งได้แก่ มวนเพชฌฆาต (Assassin bug, *Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/ หรือ มวนพิฆาต (Stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) และแมลงตัวเบียนคือแตนเบียนไข่ *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) โดยเริ่มจากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงและผลิตแมลง และสังเคราะห์ข้อมูลสำหรับนำมาเป็นแนวทางในการจัดหาโครงสร้างพื้นฐานและวัสดุอุปกรณ์ในการดำเนินกิจกรรมการเพาะเลี้ยงในระดับโรงงานต้นแบบ จากเทคโนโลยี ณ ปัจจุบันด้านการเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมาย แต่อย่างไรก็ตาม ในด้านมาตรฐานการผลิตระดับโรงงานนั้น มีเพียงกรณีของแตนเบียนไข่ เท่านั้นที่พบว่ามีกรอบโดย International Organization for Biological Control (IOBC) standard รวมทั้ง FAO เนื่องจากการผลิตแตนเบียนไข่ชนิดนี้มีประวัติอันยาวนาน ในการนำมาใช้สำหรับการควบคุมโดยชีววิธี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบอเมริกาเหนือและยุโรป ซึ่งในภาพรวมกิจกรรมการวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน ดำเนินการผลิตได้ในคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ส่วนในกรณีของมวนตัวห้ำ ยังไม่พบมาตรฐานการผลิตในระดับโรงงาน แม้ว่าจะมีรายงานการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ แต่จะอยู่ในระดับวิจัยเท่านั้น ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องขยายกรอบของการศึกษาในด้านการกำหนดมาตรฐานสำหรับผลิตภายในโรงงานซึ่งกำลังอยู่ในช่วงระยะเวลาของการดำเนินการ และคิดค้นวิธีการกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสมต่อไป ทั้งนี้ในด้านการจัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐานของโรงงานฯ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการไปแล้วกว่าร้อยละ 90 โดยในภาพรวม ประกอบด้วย พื้นที่ดำเนินการ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการ โรงผลิต มุ้งทดสอบ แปลงทดสอบ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์สำหรับการผลิตและศึกษาวิจัย ซึ่งแม้ในภาพรวมจะมีความก้าวหน้าเป็นลำดับ แต่อย่างไรก็ตามในด้านกระบวนการจัดหาและเบิกจ่าย ยังติดปัญหาเรื่องหมวดงบประมาณซึ่งต้องมีการดำเนินการตามระเบียบพัสดุ ซึ่งหลายกรณีทำให้เกิดความล่าช้าในการจัดหาและบางกรณีไม่เอื้อต่อการจัดซื้อและการดำเนินการ ซึ่งส่งผลให้ในบางรายรายต้องมีการซื้อวัสดุจากร้านค้าที่มีรายนามในระบบเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไม่สามารถซื้อจากร้านค้ารายย่อยซึ่งบางร้านมีราคาถูกลงกว่า หากแต่ไม่มีรายชื่อในระบบ และ/ หรือ มีเอกสารที่ต้องนำเสนอในระบบเบิกจ่ายไม่ครบถ้วน ทำให้ในบางรายการวัสดุมีราคาแพงเกินความจำเป็น หากแต่จำเป็นต้องซื้อเพื่อให้สามารถดำเนินการไปได้ลุล่วง ส่งผลให้ต้องมีการปรับหมวดงบประมาณ เพื่อเพิ่มภาพคล่องในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ อีกทั้งต้องมีการแก้ไขปัญหาเร่งด่วนในพื้นที่ศึกษา เช่น การจัดทำแนวกันไฟของโรงงานฯเนื่องจาก

การเกิดไฟไหม้ในพื้นที่ การจัดหาและจัดการเรื่องระบบน้ำในพื้นที่เนื่องจากพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นระยะเวลาอันยาวนาน การปรับสภาพดินแปลงทดลองซึ่งมีพื้นที่เป็นเห็นกรวด ที่ไม่สามารถเพาะปลูกได้ โดยการใช้ดินปลูกและปุ๋ยอินทรีย์รวมทั้งวัสดุปลูกต่างๆ ซึ่งต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้น การจัดจ้างแรงงานเพิ่ม ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่มีได้กำหนดไว้ในแผนการวิจัย

ในการสำรวจการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูพืชเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติของโรงงานฯ ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกจุดสำรวจซึ่งมีการปลูกข้าวแบบอินทรีย์ ซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจากกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งแต่งตั้งโดยสำนักงาน มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ โดยมีความพยายามให้พื้นที่ส่วนใหญ่ที่ศึกษาอยู่ในระดับการปลูกแบบอินทรีย์ระดับ 4 คือ ข้าวมาตรฐานอินทรีย์เต็มรูปแบบ ทั้งนี้เพื่อลดความแปรปรวนจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ในการสำรวจ และมีสภาพพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่สำรวจในจังหวัดเชียงใหม่ ก่อนข้างจะมีความแตกต่างจากพื้นที่ใน จ. เชียงราย และ จ. พะเยา เนื่องจากในสองจังหวัดหลัง เป็นพื้นที่ปลูกข้าวเป็นหลัก โดยปลูกเป็นพื้นที่ที่กว้าง อีกทั้งพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวอินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทเอกชน ซึ่งผลิตข้าวอินทรีย์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลากว่า 10 ปี ส่วนในจังหวัดเชียงใหม่ ถึงแม้ว่าจะมีการปลูกและส่งเสริมการปลูกข้าวแบบอินทรีย์แต่เป็นจังหวัดที่มีการทำการเกษตรตลอดปี และมีความหลากหลายของพืชปลูกมากกว่า ซึ่งผู้ที่จะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ ควรพิจารณาาร่วม เพราะปัจจัยเหล่านี้ อาจมีผลต่อข้อมูลทำการสำรวจและวิเคราะห์ โดยจากผลสำรวจชี้ให้เห็นว่าชนิด และ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติทั้งในนาข้าวและแปลงผักวงศ์กะหล่ำ ทั้งแบบที่ใช้สารเคมี และ แบบอินทรีย์ ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นแมลงศัตรูพืชที่มีการระบาดเป็นประจำอยู่แล้ว ดังในผลการวิจัยที่นำเสนอ โดยมีการเปลี่ยนแปลง และการขึ้นลงของประชากร ในลักษณะที่แปรไป ตามระยะการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในในข้าว และแมลงศัตรูพืชเป้าหมายที่จะมีการนำแมลงศัตรูธรรมชาติไปควบคุม ได้แก่ หนอนห่อใบข้าว หนอนกอข้าวสีครีม และ หนอนของแมลงกลุ่มผีเสื้อทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่ข้าวแตกกอ (tillering) ในด้านการขึ้นลงของประชากร เบื้องต้น แสดงให้เห็นว่า การขึ้นลงของความหนาแน่นประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ตามที่มีการอธิบายไว้โดย Slobodkin *et al.* (1967)

การศึกษาในนาข้าว และแปลงปลูกพืชผักวงศ์กะหล่ำ ตั้งแต่แปลงที่มีการใช้สารเคมี การใช้เกษตรทางเลือก และที่มี การปลูกพืชแบบอินทรีย์ ซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจากกลุ่มผู้บริโภค ซึ่งแต่งตั้งโดยสำนักงาน มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งได้แก่จุดสำรวจใน จังหวัด ได้แก่ เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ และน่าน โดยในส่วนของแปลงเกษตรอินทรีย์ได้มีความพยายามให้พื้นที่ส่วนใหญ่ที่ศึกษาอยู่ในระดับการปลูกแบบอินทรีย์ระดับ 4 คือ ข้าวมาตรฐานอินทรีย์เต็มรูปแบบ ทั้งนี้เพื่อลดความแปรปรวนจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ในการสำรวจ และมีสภาพพื้นที่ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่สำรวจในจังหวัดเชียงใหม่ ก่อนข้างจะมีความแตกต่างจากพื้นที่ใน จ. เชียงราย และ จ. พะเยา เนื่องจากในสองจังหวัดหลัง เป็นพื้นที่ปลูกข้าวเป็นหลัก โดยปลูกเป็นพื้นที่กว้าง อีกทั้งพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวอินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทเอกชน ซึ่งผลิตข้าวอินทรีย์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลากว่า 10 ปี ส่วนในจังหวัดเชียงใหม่ ถึงแม้ว่าจะมีการปลูกและส่งเสริมการปลูกข้าวแบบอินทรีย์ แต่เป็นจังหวัดที่มีการทำการเกษตรตลอดปี และมีความหลากหลายของพืชปลูกมากกว่า จึงเป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งมีผลต่อการขยายพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ส่วนที่พื้นที่ปลูกต้องอยู่ห่างจากจุดที่มีการใช้สารเคมีตามหลักของการเกษตรอินทรีย์ ให้ได้ตามมาตรฐานฯ ซึ่งอาจยังไม่สามารถตัดเทียบได้กับสองพื้นที่หลักในจังหวัดเชียงราย และ จังหวัดพะเยา ดังนั้น ปัจจัยด้านพื้นที่ศึกษา จึงน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่ง ซึ่งผู้ที่จะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ ควรพิจารณาพร้อม เพราะปัจจัยเหล่านี้ อาจมีผลต่อข้อมูลทำการสำรวจและวิเคราะห์

อนึ่งผลการศึกษา ซึ่งให้เห็นว่าชนิด และ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติทั้งในนาข้าวและแปลงผักวงศ์กะหล่ำ ทั้งแบบที่ใช้สารเคมี และ แบบอินทรีย์ ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นแมลงศัตรูพืชที่มีการระบาดเป็นประจำอยู่แล้ว ดังในผลการวิจัยที่นำเสนอ โดยมีการเปลี่ยนแปลง และการขึ้นลงของประชากร ในลักษณะที่แปรไป ตามระยะการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนาข้าว กล่าวคือ พบแมลงวันเจาะยอดข้าวในระยะกล้า ในระยะข้าวเริ่มแตกกอ จนถึงระยะข้าวตั้งท้อง เริ่มพบการระบาดของ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว เพลี้ยกระโดดหลังขาว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนห่อใบข้าว หนอนกอข้าวสีครีม และ แมลงบั่วเพิ่มขึ้นสูงในระยะดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แมลงกลุ่มเพลี้ยกระโดดและเพลี้ยจักจั่น และ เริ่มลดลงในช่วงตั้งแต่ข้าวเริ่มตั้งท้องจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sarwshri, (2007) ซึ่งศึกษาความหลากหลายทางชนิดของแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติ ในข้าวพื้นที่ชลประทาน (irrigated rice) ที่ใช้สารเคมีและไม่ใช้สารเคมี โดยการใช้กับดักแบบ Malaise trap และ สวิตช์โอบแมลง กับรายงานที่ แมลงที่พบมากที่สุดในระยะที่ข้าวแตกกอ (tillering) คือ แมลงกลุ่มเพลี้ยจักจั่น และ เพลี้ยกระโดด ในอันดับ Hemiptera วงศ์ Cicadellidae และ Del-phacidae ในการศึกษาครั้งนี้ผลการวิเคราะห์นี้เวศวิทยาประชากรชี้ว่าปริมาณประชากรของศัตรูธรรมชาติ มีการขึ้นลงใน

ลักษณะสอดคล้องกับการขึ้นลงของประชากรของแมลงศัตรูข้าว คือ เริ่มเพิ่มขึ้นตามอายุข้าวจากระยะข้าวกล้า (seedling) จนถึงระยะแตกกอ และ ลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วงข้าวให้ผลผลิต ทว่าการศึกษาค้นคว้านี้ได้มีการวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ของแนวโน้มที่เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในเรื่องนี้ได้มีรายงานว่า หลังจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรของแมลงศัตรูพืช และศัตรูธรรมชาติในนาข้าว โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย (correlation and regress analysis) เบื้องต้น (ยังไม่รายงานข้อมูลเนื่องจากข้อมูลต้องแสดงเมื่อสำรวจครบรอบ 12 เดือน) แสดงให้เห็นว่า การขึ้นลงของความหนาแน่นประชากรของแมลงศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก กล่าวคือ ประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นซึ่งเพิ่มขึ้นของแมลงศัตรูข้าว (Bambaradeniya and Edirisinghe, 2008) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์นี้ยังชี้ให้เห็น ว่าการเปลี่ยนแปลงของประชากรของศัตรูธรรมชาติในนาข้าวซึ่งผันตามปริมาณประชากรของแมลงศัตรูข้าว นั้น มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขของลำดับเวลา ก่อน/หลังที่พบ โดยจะเห็นว่าประชากรของศัตรูธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นภายหลังการเพิ่มปริมาณประชากรของแมลงศัตรูพืชระยะหนึ่ง โดยเรื่องนี้สามารถอธิบายได้จาก เรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ กล่าวคือ ผลการศึกษานี้อาจสอดคล้องกับการขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติและแมลงศัตรูพืช ที่อาจเป็นไปได้ทั้งกรณีที่ประชากรของศัตรูธรรมชาติมีการเพิ่มประชากรก่อนการเพิ่มประชากรของศัตรูพืช หรือประชากรของศัตรูธรรมชาติ เพิ่มขึ้น ภายหลังการเพิ่มประชากรของแมลงศัตรูพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์สามตัว ซึ่งได้แก่ อัตราการเพิ่มขึ้นของศัตรูพืช ระดับการถูกกดประชากรของระดับสมดุลของประชากรของศัตรูพืช และ ระดับของการแพร่กระจายเพื่อดำรงชีวิตของศัตรูธรรมชาติ ตามที่มีการอธิบายไว้ในเรื่องระบบของตัวอาศัยและตัวเบียน โดย Bellow and Hassel (1999) และ เรื่องของการขึ้นต่อกันตามความหนาแน่นของประชากร (Density dependence) โดย Slobodkin *et al.* (1967) รวมทั้ง การแปรตามกันของประชากรของตัวเบียนและตัวอาศัยซึ่งขึ้นต่อกัน ดังนั้นประชากรของสิ่งมีชีวิตทั้งสองในชุมชน หรือแหล่งอาศัยเดียวกัน จึงมีการขึ้นลงไปในแนวทางเดียวกัน (Synchrony of parasitoids and host dependence) (Bellow and Hassel, 1999) อนึ่งข้อสรุปเบื้องต้นจากการศึกษานี้ คือค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดของศัตรูธรรมชาติ มีผลกระทบน้อยมาก ต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตอินทรีย์ และแบบใช้สารเคมี จากสมมุติฐานที่ว่า หากข้าวถูกทำลายโดยแมลงศัตรูข้าว น้อยลง เนื่องจากมีปริมาณศัตรูธรรมชาติเพียงพอที่จะสามารถควบคุมประชากรของแมลงศัตรูข้าว มิให้ก่อความเสียหายต่อผลผลิตข้าว และ อาจเป็นไปได้ว่า ในนาข้าวที่ใช้สารเคมี อาจมีชนิดและปริมาณของศัตรูธรรมชาติ น้อยกว่าในนาข้าวที่ไม่ใช้สารเคมี ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้วัดความแตกต่างของชนิด ประชากร และ ดัชนีความหลากหลายทางชนิด รวมทั้งผลของความหลากหลายทางชนิดของแมลงศัตรูธรรมชาติต่อผลผลิตข้าว เปรียบเทียบระหว่างนาข้าวที่ปลูกโดยใช้สารเคมีที่พบทั่วไป และ แบบอินทรีย์ ทั้งนี้ในการวัดความหลากหลายทางชนิด

ซึ่งได้ดำเนินการในระยะเริ่มต้นแล้วในรอบ 12 เดือน ซึ่งจะเป็นข้อมูลชุดแรกสำหรับการนำไปสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์และคู่มือการใช้ศรัทธูธรรมชาติในเป้าหมายให้ตั้งรกรากต่อไป

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถนำผลการวิจัยมาอภิปรายผล ได้ดังนี้

ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ด้านการประเมินความเหมาะสมในหน้าที่การทำงานของโปรแกรม (System Requirement Test) ในประเด็นของความสามารถของระบบในการประเมินผล มีทัศนคติดีมากคือ 4.50 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก รองลงมาคือ ในประเด็นของความสามารถในการจัดเก็บและแก้ไขข้อมูลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในโรงเพาะเลี้ยง เป็น 4.10 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี และในประเด็นของความสามารถในการจัดการ กำหนดหัวข้อการประเมิน ตัวชี้วัด และเกณฑ์การประเมินผล เป็น 4.00 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี

ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ด้านความถูกต้องในการทำงานโปรแกรม (Functional Test) พบว่า ในประเด็นของความถูกต้องในการบันทึกข้อมูลลงระบบ สูงที่สุดคือ 4.50 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก รองลงมาคือ ทัศนคติในประเด็นของความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม และ ความถูกต้องต่อการแก้ไขข้อมูล เป็น 4.40 เท่ากัน ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก และในประเด็นของความถูกต้องในการประมวลผลข้อมูล และ ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.22 เท่ากัน ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมากตามลำดับ

ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ด้านการประเมินความคิดเห็นด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม (Usability Test) พบว่า ในประเด็นของการใช้ภาษาต่อการใช้งานตามวัตถุประสงค์ สูงที่สุดคือ 4.30 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก รองลงมาคือ ทัศนคติในประเด็นของความเร็วในการประมวลผลและการแสดงระบบ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.20 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี และในประเด็นของความง่ายต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเป็น 3.80 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดี ตามลำดับ

ทัศนคติของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์ระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ด้านการประเมินความคิดเห็นด้านความรัดกุมความปลอดภัยของ โปรแกรม (Security Test) พบว่า ในประเด็นของการป้องกันการแก้ไขข้อมูลสอดคล้องกับระบบการทำงาน สูงที่สุดคือ 4.50 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก และในประเด็นของความเหมาะสมต่อการตรวจสอบในการป้อนข้อมูลนำเข้าสู่ระบบ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.30 ซึ่งเป็นทัศนคติในระดับเห็นด้วยดีมาก

ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ประเมินที่มีต่อการใช้งานเว็บไซต์จากการเข้า ใช้งานระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ในภาพรวมเป็น 3.90 ซึ่งเป็นความพึงพอใจในระดับดี ซึ่งเมื่อแยกออกเป็นรายการประเมินความพึงพอใจในประเด็นต่าง ๆ พบว่า ผู้ประเมินมีความพึงพอใจโดยรวมจากการเข้า ใช้งานระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.90 และประโยชน์ที่ท่านได้รับจากการเข้าใช้บริการในครั้งนี้ ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยคือ 4.00

ตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าการวิจัยตามแผนที่วางไว้

รายละเอียดกิจกรรมการวิจัย	แผนการวิจัยที่วางไว้			ผลการดำเนินงาน			ร้อยละของผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
	ต.ค.-ธ.ค. 61	ม.ค.-มี.ค.62	เม.ย. -พ.ค.62	ต.ค.-ธ.ค. 61	ม.ค.-มี.ค.62	เม.ย. -พ.ค.62		
รวบรวมข้อมูลอ้างอิงเกี่ยวกับวิธีการเพาะเลี้ยงจากแหล่งข้อมูลทั้งในและต่างประเทศ	√	√	√	√	√	√	100	
จัดซื้อวัสดุของโครงการ		√	√	√	√	√	100	เริ่มการจัดซื้อ ก.พ. 62
ดำเนินการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของโรงงานต้นแบบ		√	√	√	√	√	100	
เตรียมวัสดุแปลงปลูก สำหรับผลิตอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์ธรรมชาติ		√	√	√	√	√	100	
เตรียมวัสดุดินและผลิตอาหารเพาะเลี้ยงสัตว์ธรรมชาติ		√	√	√	√	√		
เพาะเลี้ยงแมลงสัตว์ธรรมชาติในเป้าหมาย			√	√	√	√	100	
ศึกษาด้านวิจัยและพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ								
ออกเสาะหาและคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์แมลงสัตว์ธรรมชาติ		√	√	√	√		100	
การวิเคราะห์ต้นทุนของโรงงานผลิต		√	√	√	√	√	100	
การพัฒนากระบวนการประเมินผลการดำเนินงานของโรงงาน		√	√	√	√	√	100	
วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลรายเดือน		√	√	√	√	√	100	

2. รวบรวมข้อมูลการปลูกพืชในเป้าหมาย ของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ในพื้นที่เป้าหมาย ในพื้นที่เป้าหมาย	√	√	√	√	√	√	100	ข้อมูลชุดที่ 1 สำหรับ การวิเคราะห์ผลในปี วิจัยที่ 2 และ 3
5. สํารวจและรวบรวมข้อมูลการปลูกพืชใน เป้าหมายของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ในพื้นที่ เป้าหมาย ในพื้นที่เป้าหมาย ในจังหวัด เชียงราย พะเยา และเชียงใหม่		√	√	√	√	√	100	ข้อมูลชุดที่ 1 สำหรับ การวิเคราะห์ผลในปี วิจัยที่ 2 และ 3
6. สังเคราะห์ข้อมูล		√	√	√	√	√	100	

## สรุปผลการวิจัย

ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 (ปีงบประมาณแรกของการวิจัย) ได้มีการดำเนินการชุดโครงการวิจัย โดยมีการบริหารจัดการโครงการในลักษณะบูรณาการองค์ความรู้ ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กีฏวิทยา นิเวศวิทยา เศรษฐศาสตร์และการเงิน รวมทั้งเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมีการประยุกต์ติดตามความก้าวหน้า การวิจัย และการระดมความคิดเห็นของคณะผู้วิจัย ในช่วงเวลาอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง ซึ่งการดำเนินงาน วิจัยของชุดโครงการในภาพรวมสามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงโดยประมาณร้อยละ 90 โดยได้มีการซึ่ง กำหนดชนิดของแมลงศัตรูธรรมชาติในเป้าหมายร่วมกัน ได้แก่ มวนพิษฆาต (Assassin bug, *Sycanus collaris*, Hemiptera: Reduviidae) และ/ หรือ มวนพิฆาต (Stink bug, *Eocanthecona furcellata*, Hemiptera: Pentatomidae) และแมลงตัวเบียนคือแตนเบียนไข่ *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) จากนั้นได้สังเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดตัวแบบหรือ วงจรของการดำเนินงานของโรงงาน จากการสืบค้น ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากนั้นได้ดำเนินการด้านโครงสร้างพื้นฐาน ของโรงงานต้นแบบฯ ทางคณะผู้วิจัยได้ ดำเนินการแล้วเสร็จไปกว่าร้อยละ 55 ประกอบด้วย 1) พัฒนาห้องปฏิบัติการสำหรับกิจกรรมการวิจัยพัฒนา และควบคุมคุณภาพฯ ณ อาคารปฏิบัติการศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี ซึ่งดำเนินการ ไปแล้ว ร้อยละ 80 2) โรงผลิตย่อย 14 โรงที่มีปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็น และพร้อมสำหรับการผลิต จำนวน 5 โรง กำลังดำเนินการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ จำนวน 11 โรง 3) มุ้งทดสอบฯ ซึ่งมีความพร้อมสำหรับการทดสอบ จำนวน 8 มุ้ง 4) แปลงทดสอบที่ปลูกพืช และมีความพร้อมสำหรับการทดสอบตลอดจน สามารถเป็นแหล่ง เชื้อพันธุ์อาหารตามธรรมชาติของแมลงศัตรูธรรมชาติ รวม 3 ไร่ และได้ดำเนินการดำเนินการผลิตแมลงศัตรู ธรรมชาติในเป้าหมายแล้วทั้ง 3 ชนิด โดยมีการผลิตได้ในจำนวนที่พร้อมสำหรับการเริ่มต้นผลิตในระดับ โรงงานตามหลักการด้านนิเวศวิทยาประชากรทางกีฏวิทยา ซึ่งกำหนดจำนวนเริ่มต้นที่ต้องมีและต้องรักษา ระดับคือ 500 ตัว โดยในโครงการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติดังกล่าวได้เท่ากับ 500, 500 และ 2,000 ตัวต่อโรง ต่อวัน ตามลำดับ ในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและการศึกษาวิจัยในการรายงานครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษา และพัฒนาองค์ความรู้ โดยกำหนดไว้รวม 2 องค์ความรู้ และได้ดำเนินการแล้วเสร็จ จำนวน 1 องค์ความรู้ ได้แก่ การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยไฟตัวห้ำ และกำลังดำเนินการศึกษาอยู่ 1 องค์ความรู้คือการศึกษา อาหารที่เหมาะสมสำหรับเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณมวนตัวห้ำ

ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติและภาวะวิเคราะห์ต้นทุนที่ได้จากการเพาะเลี้ยง แมลงศัตรูธรรมชาติ พบว่าในแต่ละชนิดของแมลงศัตรูธรรมชาติมีต้นทุนการผลิตรวมและผลผลิตแตกต่างกันไป การศึกษาได้จำแนกต้นทุนตามประเภทของต้นทุนการผลิต และตามพฤติกรรมต้นทุน ต้นทุนตาม ประเภทของต้นทุนการผลิต แบ่งออกเป็นวัตถุดิบทางตรง (Direct Material) ได้แก่ ค่าอาหารของแมลงศัตรู

ธรรมชาติ คือ ค่าขนอนนง ค่าแรงงานตรง (direct labor) ประกอบด้วย ค่าจ้างนักวิชาการเกษตรเพื่อทำ  
 กิจกรรมการเพาะเลี้ยงดูแลคุณภาพการผลิต และค่าใช้จ่ายการผลิต (manufacturing overhead cost)  
 ประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบทางอ้อม ได้แก่ ค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าแรงงานทางอ้อม ได้แก่ ค่าจ้างในการดูแลโรง  
 เพาะเลี้ยง และค่าใช้จ่ายการผลิตอื่น ๆ ได้แก่ ค่าเช่าที่ดิน ค่าวัสดุสิ้นเปลือง ค่าเสื่อมราคา-เครื่องมือและ  
 อุปกรณ์ และค่าสาธารณูปโภค ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (ต่อตัวมวน หรือ ต่อจำนวนฟองไข่) พบว่าต้นทุน  
 การผลิตตัวอ่อนมวนพินาตมีต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด (เท่ากับ 2.97 บาทต่อหน่วย) รองลงมาคือ ตัวอ่อนมวน  
 เพชฌฆาต (เท่ากับ 4.71 บาทต่อหน่วย) ตัวเต็มวัยมวนเพชฌฆาต (เท่ากับ 6.35 บาทต่อหน่วย) และตัวเต็มวัย  
 มวนพินาต (เท่ากับ 6.63 บาทต่อหน่วย) ตามลำดับ การวิเคราะห์ต้นทุนโดยจำแนกต้นทุนตามพฤติกรรม  
 ต้นทุนมีเกณฑ์ในการพิจารณาพฤติกรรมต้นทุนคือการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนตามปริมาณหรือระดับของ  
 การทำกิจกรรมและเงื่อนไขของการทดลอง กำหนดกำไรเป้าหมายร้อยละ 10 และคาดการณ์ปริมาณขายตาม  
 กำลังการผลิตที่มีประสิทธิภาพ พบว่าการผลิตตัวอ่อนมวนพินาตมีกำไรขั้นแปรต่อหน่วยสูงที่สุด จึงมี  
 จุดคุ้มทุนเฉลี่ยต่ำที่สุด และสามารถทำปริมาณยอดขายให้บรรลุจุดคุ้มทุนด้วยปริมาณที่ต่ำกว่าการผลิต  
 ผลิตภัณฑ์อื่นภายใต้สภาพแวดล้อมการผลิตเดียวกัน การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยต้นทุนและค่าส่วนเบี่ยงเบน  
 มาตรฐานของต้นทุนแต่ละประเภทในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ พบว่าต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ยของการเพาะเลี้ยง  
 จนได้ไข่มวนเพชฌฆาตมีจำนวนต้นทุนสูงที่สุด รองลงมาคือ ไข่แตนเบียน และไข่มวนพินาต ตามลำดับ จาก  
 การวิเคราะห์ต้นทุนในการก่อสร้างอาคารโรงงานพบว่าต้นทุนในการก่อสร้างอาคาร โรงงานมีมูลค่ารวม  
 ทั้งสิ้นประมาณ 2,570,140 บาท คิดเป็นต้นทุนการก่อสร้างต่อโรงเพาะเลี้ยงเท่ากับ 160,633.75 บาทต่อโรง  
 เพาะเลี้ยง ทั้งนี้การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการสร้างโรงงานการ  
 ผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติต้นแบบ การวิจัยนี้กำหนดข้อสมมติว่าโครงสร้างการลงทุนมีเงินทุนมาจากส่วนของ  
 เจ้าของทั้งหมด มูลค่าของต้นทุนเงินทุนถ่วงเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (weighted average cost of Capital: WACC) จึง  
 มีค่าเท่ากับ 10.80 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 14.52 เปอร์เซนต์ ระยะเวลาคืนทุน (Payback  
 Period) เท่ากับ 4 ปี 9 เดือน สามารถคืนทุนได้ภายในอายุโครงการ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)  
 เท่ากับ 1.83 จากผลการวิเคราะห์ทางการเงิน สรุปได้ว่าการลงทุนมีผลตอบแทนคุ้มค่าในการลงทุน (ภายใต้  
 การประมาณการณีกำลังการผลิตตามการออกแบบการวิจัยของโครงการย่อยที่ 1)

ระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ มีการดำเนิน โดย 1) รวบรวมและวิเคราะห์จัดเก็บข้อมูลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ จำนวน 945 ไร่/ปี 2) พัฒนาระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ ที่สามารถบันทึก/เพิ่ม/ลบ/แก้ไข ข้อมูลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติ จำนวน 945 ไร่/ปี โดยมีการจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการให้อาหารแมลงศัตรูธรรมชาติ, จำนวนตาย/เหลือของแมลงฯ , จำนวนออกไข่ของแมลง เป็นต้น

ระบบการติดตามและประเมินผล การบริหารจัดการด้านการผลิต การตลาด และการให้บริการผลิตภัณฑ์เชื้อพันธุ์แมลงศัตรูธรรมชาติ เพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ เป็น โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อประเมินผลการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติในด้านการควบคุมคุณภาพและด้านปริมาณ(กำลังการผลิต)/โรง จากคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) หรืออุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น Tablet หรือ Smart Phone ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งสรุปผลการดำเนินการ ได้ดังนี้ คือ 1) สามารถประเมินผลตัวชี้วัดที่สามารถคำนวณได้จากผลการบันทึกการผลิตแมลงศัตรูธรรมชาติได้อย่างรวดเร็ว 2) สามารถแสดงตารางการคำนวณผลลัพธ์การประเมินได้ 3) สามารถเลือกประเมินโรงเพาะเลี้ยงฯ ที่ต้องการได้ 4) หัวข้อการประเมินสามารถมีเป้าหมายหรือเกณฑ์การประเมินที่แตกต่างกันในแต่ละโรงเพาะเลี้ยงได้ 5) โปรแกรมสามารถสร้างโรงเพาะเลี้ยงได้ตามต้องการ 6) โรงเพาะเลี้ยงฯสามารถสร้างแผนการผลิตเพื่อใช้บันทึกผลการผลิตฯ ได้หลายแผนการผลิต และ 7) ในหนึ่งแผนการผลิตสามารถมีจำนวนชุดและจำนวนกล่องตามต้องการได้

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2555. เอกสารวิชาการ ศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ. บริษัทยูไนเต็ดโปรดักชั่นเพรส จำกัด.  
กรุงเทพฯ. 77 หน้า.

กิ่งกนก พิทยานุคุณ, สุนทรี จรุง และรวีวัลย์ ภิชโยพนากุล. 2541. การบัญชีต้นทุน. โรงพิมพ์  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. 2550. โลจิสติกส์และการจัดการซัพพลายเชน กลยุทธ์สำหรับลดต้นทุนและเพิ่ม  
กำไร. พิมพ์ครั้งที่ 2. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซี.วาย. ซี.ซี.ทีเอ็ม พรินติ้ง.นนทบุรี.

คณูชา คุณพนิชกิจ. 2550. การวิเคราะห์ต้นทุน. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพฯ.

ดวงมณี โกมารทัต, วีรวรรณ พูลพิพัฒน์, แพริ กิระสุนทรพงษ์ และวรศักดิ์ ทุมมานนท์. 2545. การบัญชี  
บริหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แมกกรอ-ฮิล อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์. ینگค์.กรุงเทพฯ.

ดวงมณี โกมารทัต. 2546. การบัญชีต้นทุน. พิมพ์ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.  
กรุงเทพฯ.

ชนะใจ เดชวิทยาพร. 2540. การจัดการด้านการเงิน. เอ็ดดิสัน เพรส โปรดักส์.กรุงเทพฯ.

ทองโรจน์ อ่อนจันทร์. 2530. เศรษฐศาสตร์เกษตร. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ. 326 หน้า.

ธนิต ไสรัตน์. (2550). การประยุกต์ใช้การจัดการโซ่อุปทานโลจิสติกส์. โรงพิมพ์วิ-เชิร์ฟ โลจิสติกส์,  
กรุงเทพฯ.

บรรพต ณ ป้อมเพชร. 2525. การควบคุมแมลงศัตรูพืชและวัชพืชโดยชีววิธี. เอกสารพิเศษ ฉบับที่ 5.  
ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีววินทรีย์แห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/สำนักงาน  
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. 202 หน้า.

เบญจวรรณ รัชส์สุธี. 2539. การเงินธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 11. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.กรุงเทพฯ.

รุธีร์ พนมยงค์. (2552). การบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์. สำนักพิมพ์เวลาดี.กรุงเทพฯ.

รุธีร์ พนมยงค์. (2547). การจัดการโลจิสติกส์ในประเทศไทย. สำนักพิมพ์เวลาดี.กรุงเทพฯ.

พิมลพร นันทะ. 2545. ศัตรูธรรมชาติ หัวใจของ IPM. กองกัญและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร.  
กรุงเทพฯ. 215 หน้า.

พิมพ์พรรณ ลิลาภัทรพันธ์ และคณะ. 2557. ระบบสารสนเทศการติดตามและประเมินผลการปฏิบัติราชการ  
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา:

<http://202.29.32.179/contract/guidebook/download/125>, เข้าถึง: 16 สิงหาคม 2560.

พิสุทธิ์ เอกอำนวยการ. 2550. โรคและแมลงของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ. สวนสัตว์แมลงสยาม. เชียงใหม่.

สกวรัตน์ จงพัฒนากร และคณะ. 2558. ตัวแบบระบบการติดตามโครงการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ.

[ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา:[https://www.tei-thaijo.org/index.php/PRRJ\\_Scitech/](https://www.tei-thaijo.org/index.php/PRRJ_Scitech/)

เข้าถึง : 16 สิงหาคม 2560.

วิภาดา วังศิลาบัตร. (ไม่มี ว.ด.ป.) แมงมุมในนาข้าวของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กองกัญญาวิทยา กรม  
วิชาการเกษตร.

วิมลสิริ ศรีสมุทร. 2560. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามผลการตรวจสอบภายใน. [ระบบ  
ออนไลน์] แหล่งที่มา:[http://doi.nrct.go.th/ListDoi/\\_DOI=10.14456/jmu.2017.9](http://doi.nrct.go.th/ListDoi/_DOI=10.14456/jmu.2017.9), เข้าถึง : 16  
สิงหาคม 2560

วิโรจน์ พุทธิวิทย์. 2547. การจัดการโลจิสติกส์ ขุมพลังของธุรกิจยุคใหม่. โอเอซิส ปรีนทร์ตั้ง แอนด์พาร์ท  
เนอร์ จำกัด. กรุงเทพฯ.

วิทยา สุเหตุดำรง. 2546. โลจิสติกส์และการจัดการโซ่อุปทาน อธิบายได้ง่ายนิดเดียว. ซีเอ็ดยูเคชั่น.  
กรุงเทพฯ.

วิทยา สุเหตุดำรง และยุพา กลอนกลาง. 2550. โลจิสติกส์แบบสั้น. กรุงเทพฯ: บริษัท อี.ไอ. สแควร์ พับลิช  
ซิ่ง จำกัด.

สมาพร แสงยศ. 2556. เอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. หลักสูตรอารักขา  
พืช คณะผลิตการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่. 189 หน้า.

สมาพร แสงยศ. 2558. ความหลากหลายทางชนิด และการใช้ประโยชน์เพลิงไฟตัวห้ำเพื่อการควบคุมแมลง  
ศัตรูพืชโดยชีววิธี. รายงานการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนา  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 107 หน้า.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2555. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ: ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม. ซีเอ็ดยูเคชั่น.  
กรุงเทพฯ.

- Chapman, R.N. 1931. Animal ecology with especial reference to insects. McGraw-Hill, New York. 464 pp.
- Cracraft, J. and Grifo, F. T. (Eds.). 1999. The Living Planet in Crisis: Biodiversity Science and Policy. Chichester, NY: Columbia University Press.
- Clausen, C.P. 1940. Entomophagous Insects. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York. (reprinted in 1962 by Hafner Publishing Co. Inc., New York).
- Dent, D.R. and M.P. Walton. 1997. Methods in ecological and agricultural entomology. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. 387 pp.
- DeBach, P. (ed.). 1964. Biological control of insect pests and weeds. Reinhold Publishing, New York. 844 pp.
- DeBach, P. and D. Rosen. 1991. Biological control by natural enemies. Cambridge University Press, New York. 440 pp.
- Doutt, R.L. 1964. Biological characteristics of entomophagous adults, p. 145-167. In: Biological control of insect pests and weeds. P. DeBach. (ed.). Reinhold Publishing, New York. 844 pp.
- Etzel, L.K. and F.F. Legner. 1999. Culture and colonization, p. 125-197. In: Handbook of biological control. T.S. Bellows, Jr. and T.W. Fisher (eds.). Academic Press San Diego.
- Gauld, I. and B. Bolton. (eds.). 1988. The Hymenoptera. British Museum (Natural History). Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo. 332 pp. (Reprinted) 1966 by the Natural History Museum, London, Oxford University Press).
- Greathead, D.J. 1992. Natural enemies of tropical locusts and grasshoppers: their impact and potential as biological control agents, p. 105-132. In: Biological control of locusts and grasshoppers. C.J. Lomer and C. Prior. (eds.). Proceedings of a workshop held at the International Institute of Tropical Agriculture, Cotonou, Republic of Benin. 29 April – 1 May 1991. CAB International on behalf of International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Wallingford, Oxon, UK. 394 pp.
- Gutierrez, A.P., L.B. Caltagirone and W. Meikle. 1999. Evaluation of Results Economic of Biological control. In: Bellows, T. S., Jr. & T. W. Fisher, (eds) (pp 243-252). Handbook of Biological Control: Principles and Applications. Academic Press, San Diego, CA.

- Hansen, D.R. and Mowen, M.M. 2005. Management Accounting. Seven Edition. Singapore: South-Western.
- Hansen, D.R. and Mowen, M.M. 2006. Cost Management: Accounting and Control. Fifth Edition. United States of America: South-Western.
- Hassan, S. A. and W. Q. Zhang. 2001. Variability in Quality of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from Commercial Suppliers in Germany. *Biological Control*. 22: 115–121.
- Huffaker, C.B. and P.S. Messenger. (eds.). 1976. Theory and practice of biological control. Academic Press, New York. 788 pp.
- Imms, A.D. 1957. A General Textbook of Entomology. 9<sup>th</sup> ed. rev. by O.W. Richards and R.G. Davies. Methuen & Co. Ltd., London. (reprinted 1970).
- Juan A. Morales-Ramos. 2014. Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens Elsevier Science Publishing Co Inc San Diego, United States .764 pp.
- Knutson, A. 2018. The Trichogramma manual. The Texas A&M University System, USA. 98 pp.
- Lambert, D.M., Stock J.R., and Ellram, L. M. 1998. Fundamentals of Logistics Management. Boston: Irwin/McGraw-Hill, MA.
- LeClerg, E.L., W.H. Leonard and A.G. Clark. 1966. Field Plot Technique. Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minnesota.
- Lewis, T. 1973. Thrips their biology, ecology and economic importance. Academic Press, London. 349 pp.
- Peterson, A. 1964. Entomological techniques. Ann Arbor: Edwards Brothers, Inc.
- Tenth edition reprint, March 1970.
- Price, P. W. 1975. Insect ecology. New York: John Wiley & Sons.
- Pimentel, D. 2005. Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. *Environ Dev Sustain*. 7(2):229–252.

- Porter, M.E. (1985). *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press.
- Shannon, C.E. (1948). "A mathematical theory of communication". *The Bell System Technical Journal*, 27, 379–423.
- Singh, P. and R.F. Moore. 1985. *Handbook of Insect Rearing (Vol1)*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 514 pp.
- Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. 1989. *Statistical Methods*. 8<sup>th</sup> ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Southwood, T.R.E. and P.A. Henderson. 2000. *Ecological methods*. 3rd ed. Blackwell Science, Osney Mead, Oxford. 575 pp.
- Sweetman, H. L. 1936. *The biological control of insects*. Comstock Publishing, Ithaca, New York. 461 pp.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1998. *Managing the Japanese beetle: A homeowner's handbook (USDA APHIS Program Aid No. 1599)*. 18 pp.
- Van Driesche, R. G. and T. S. Bellows, Jr. 1996. *Biological control*. Chapman and Hall, New York. 539 pp.
- Van Lenteren, J.C., 2003. Commercial availability of biological control agents. In: van Lenteren, J.C. (Ed.), *Quality Control and Production of Biological Control Agents: Theory and Testing Procedures*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Van Lenteren, J.C. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57:1–20.
- Warner, K.D. and C. Cetz, 2008. A socio –economic analysis of the North American commercial natural enemies industry and implications for augmentative biological control. *Biological control*. 45: 1-10.
- Wongsiri, N. (1991). *List of insect, Mite and other zoological pests of economic plants in Thailand*. Bangkok: Entomology and Zoology Division, Department of Agriculture