ความหลากหลายทางชีวภาพของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในจังหวัดพะเยาและการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

เดช มานน์

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา
กันยายน 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

ความหลากหลายทางชีวภาพของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในจังหวัดพะเยาและการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

เดช มานน์

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา
กันยายน 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

BIODIVERSITY OF TRICHOPTERA LARVAE IN PHAYAO PROVINCE AND ITS CULTURE IN THE LABORATORY

DEJ MANN

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Master of Science Degree in Biology

September 2022

Copyright 2022 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความหลากหลายทางชีวภาพของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในจังหวัดพะเยาและการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

ของ เดช มานน์

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร. แตงอ่อน พรหมมิ)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกรียงไกร สีตะพันธุ์)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญช่วง บุญสุข)

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชยันต์ บุณยรักษ์)

เรื่อง: ความหลากหลายทางชีวภาพของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในจังหวัดพะเยาและการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัย: เดช มานน์, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (ชีววิทยา), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร สีตะพันธุ์

คำสำคัญ: ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ, การเลี้ยง, ห้องปฏิบัติการ, อาหาร

บทคัดย่อ

ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน แต่ยังขาดข้อมูลด้านการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในระดับห้องปฏิบัติการ จึงสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยเก็บตัวอย่างจากลำธารในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ (ห้วยแม่จุน) และเขตอุทยานแห่งชาติภูซาง (น้ำเปื๋อย, น้ำเปื๋อยส่วนต้น, ห้วยโป่งผา, ห้วยทรายกาด, น้ำญวนส่วนต้น, น้ำญวนห้วยปุ้ม) จังหวัดพะเยา รวม 7 สถานี ช่วงเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 พบตัวอ่อนจำนวน 13 วงศ์ รวม 2,795 ตัว โดยตัวอ่อนในวงศ์ Hydropsychidae พบสูงสุดในทุกสถานีสำรวจ พบตัวอ่อนที่สร้างปลอกหุ้มตัวจากวัสดุตามธรรมชาติ 7 วงศ์ กลุ่มที่สร้างเส้นใยเป็นปลอกหุ้มตัว 5 วงศ์ และกลุ่มที่อยู่อาศัยอิสระ 1 วงศ์ ค่าดัชนีความหลากหลาย ดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอ ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจ พบสูงสุดที่ ห้วยโป่งผา (1.90, 3.50 และ 0.86 ตามลำดับ) และต่ำสุดที่ น้ำญวนส่วนต้น (0.93, 2.27 และ 0.48 ตามลำดับ) ตัวอ่อนวงศ์ Odontoceridae ชนิด *Marilia sumatrana* ถูกคัดเลือกนำมาใช้ศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 การทดลองย่อย ได้แก่ 1) ศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อน *M. sumatrana* ในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ พบว่า ปลอกของตัวอ่อนที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหล และน้ำไม่ไหล มีความยาวที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อัตรารอดของชุดการทดลองที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหลสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงในน้ำไม่ไหลอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) 2) ศึกษาอิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อน *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารลูกปลาดุกบดละเอียด และอาหารกุ้งบดละเอียดมีความยาวของปลอกที่เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยเศษซากใบไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนอัตรารอดพบว่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และ 3) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกัน (25, 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง) ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อน *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ในทั้ง 3 ชุดการทดลอง ความยาวของปลอกที่เพิ่มขึ้นและอัตรารอดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) สรุปได้ว่า การเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการควรเลี้ยงในสภาวะน้ำไหล และเลี้ยงด้วยอาหารลูกปลาดุกบดละเอียด ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดอื่น ๆ ต่อไปได้

Title: BIODIVERSITY OF TRICHOPTERA LARVAE IN PHAYAO PROVINCE AND ITS CULTURE IN THE LABORATORY

Author: Dej Mann, Thesis: M.Sc. (Biology), University of Phayao, 2022

Advisor: Associate Professor dr. Sitthisak Pinmongkholgul Co-advisor Assistant ProfessorKriengkrai Seetapan

Keywords: Trichoptera larvae Rearing Laboratory Feed

ABSTRACT

Caddisfly larvae have been used in many fields. However, reported information on the rearing of caddisfly larvae in the laboratory was poorly understood. Therefore, it would be beneficial to study biodiversity of Trichoptera larvae in Phayao province. Samples of the larvae were collected from October 2019 to July 2020 in small streams at Wiang Lo Wildlife Sanctuary (Huai Mae Chun) and Phu Sang National Park (Nam Pueai, Nam Pueai upper stream, Huai Pong Pha, Huai Sai Kad, Nam Yuan upper stream, Nam Yuan Huai Pum) Phayao province (7 stations). A total of 2,795 individual caddisfly larvae belonging to 13 families were found. The larvae of the family Hydropsychidae were the most abundant from all stations. 7 families of case-making caddisflies, 5 families of net-spinning, and 1 family of free-living were found. The diversity index, richness index, and the evenness index of the larvae were highest at Huai Pong Pha (1.90, 3.50 and 0.86, respectively) and lowest at Nam Yuan upper stream (0.93, 2.27 and 0.48 respectively). *Marilia sumatrana* larvae of the Odontoceridae family were selected for study some optimal culture conditions in the laboratory. This study was divided into 3 experimental 1) The effects of the flowing and still water rearing systems on the growth and survival rate of *M. sumatrana* in the laboratory. The results indicated that the lengths gain of larvae cases reared in the flow water and still water were not significantly different ($p > 0.05$) and the survival rates of the flow water treatment were significantly ($p < 0.05$) higher than that of the still water treatment. 2) The effect of foods on the growth and survival rate of *M. sumatrana* in the laboratory. The results showed that the lengths gain of the larvae cases from treatments fed by catfish fry feed and shrimp feed were significantly ($p < 0.05$) higher than those fed by leaf litter but the survival rates of any treatment were not significantly different ($p > 0.05$). 3) The effect of temperature (25, 30 and room temp.) on the growth and survival rate of *M. sumatrana* in the laboratory. The results showed that in all three treatments, there was no difference in the length gain and the survival rates ($p > 0.05$). In conclusion, the culture conditions of the *M. sumatrana* larvae in the laboratory should be reared in flowing water in 25°C and fed with catfish fry feed. Finally, the results of this study might be applied to other types of caddisfly larval culture design.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เพราะได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งมาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ ปิ่นมงคลกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร สีตะพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และรองศาสตราจารย์ ดร. แตงอ่อน พรหมมิ ที่ได้สละเวลาเป็นอย่างมากในการให้คำแนะนำตลอดกระบวนการวิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ได้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกๆท่านที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดกระบวนการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สำหรับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอบกราบขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ บุคลากร คณะวิทยาศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และสถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย สถานที่ รวมถึงวัสดุอุปกรณ์และครุภัณฑ์ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

ขอบกราบขอบพระคุณบุคลากรของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้แก่ นายกฤตภาส ขันทะธงสกุลดี (หัวหน้าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ จังหวัดพะเยา) นายบันทม สมสุวรรณ (หัวหน้าอุทยานแห่งชาติภูซาง จังหวัดพะเยา) ตลอดจนเจ้าหน้าที่ท่านอื่นๆ นายเสน่ห์ ต่อมดวงแก้ว นายนิรันด์ ศรีเสี้ยง นายบรรดิฐ ที่สำราญ และนายสมชาย อินเป็ง ที่เอื้อเฟื้ออำนวยความสะดวกในการเข้าเก็บข้อมูลในพื้นที่รับผิดชอบ เป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณพี่น้องและเพื่อนร่วมงานทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ในกระบวนการต่าง ๆ ตลอดการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลต่าง ๆ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำองค์ความรู้นี้ไปต่อยอดในอนาคต

เดช มานน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

สมมุติฐานของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ข้อมูลทั่วไปของแมลงหนอนปลอกน้ำ 4

2.2 วงชีวิตของแมลงหนอนปลอกน้ำ 6

2.3 แมลงหนอนปลอกน้ำและการใช้ประโยชน์ 11

2.3.1 การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยใช้แมลงหนอนปลอกน้ำ 11

2.3.2 การใช้ประโยชน์จากแมลงหนอนปลอกน้ำเพื่อพัฒนาเป็นเครื่องประดับ 12

2.4 การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงแมลงหนอนปลอกน้ำ 13

2.5 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและทางเคมี 15

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 18

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี 18

3.2 การสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ 19

3.3 การศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ 23

การทดลองย่อยที่ 1: ศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ.....24

การศึกษาย่อยที่ 2: อิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ 26

การศึกษาย่อยที่ 3: อิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ 27

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....30

4.1 ผลการสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ 30

4.1.1 ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ.....30

4.1.2 ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ ดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอ31

4.1.3 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม.....38

4.2 ผลการศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ..... 41

4.2.1 การศึกษาย่อยที่ 1 ศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M.sumatrana* ในสภาวะน้ำไหล และน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ..... 41

4.2.2 การศึกษาย่อยที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ 43

4.2.3 การศึกษาย่อยที่ 3 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ 45

บทที่ 5 บทสรุป 47

5.1 สรุปผลการวิจัย 47

5.1.1 ผลการสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ 47

5.1.2 ผลการศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ 47

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 48

5.2.1 การสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ 48

5.2.2 การศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอด ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ 52

5.3 ข้อเสนอแนะ 54

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 54

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 54

บรรณานุกรม 55

ภาคผนวก 60

ประวัติผู้วิจัย 62

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 สถานีเก็บตัวอย่าง ในเขตเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และเขตอุทยานแห่งชาติภูซาง 19

ตาราง 2 วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยสิ่งแวดล้อม 23

ตาราง 3 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (อันดับไทรคอบเทอร่า) ที่พบในแต่ละสถานีระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 33

ตาราง 4 รูปแบบการสร้างปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำแต่ละวงศ์ที่พบจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 7 สถานี 37

ตาราง 5 ค่าดัชนีความหลากหลายดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจพบในแต่ละสถานี ของเดือนตุลาคม 2562 และ เดือนมกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 37

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในลำธารบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 40

ตาราง 7 การเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหล และน้ำไม่ไหล 42

ตาราง 8 คุณภาพทางกายกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการ ตลอดการทดลองเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ในสภาวะน้ำไหล และน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ 42

ตาราง 9 การเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงด้วย เศษซากใบไม้ (leaf litter) อาหารลูกปลาดุก บดละเอียด (catfish fry feed) และอาหารกุ้งบดละเอียด (shrimp feed) 44

ตาราง 10 การเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25, 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ตลอดการศึกษา 46

ตาราง 11 คุณภาพทางกายกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการตลอดการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ 47

ตาราง 12 จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิตในแต่ละสัปดาห์จากการศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด Marilia sumatrana ในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ 61

ตาราง 13 จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิตในแต่ละสัปดาห์จากการศึกษาอิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด M. sumatrana ในห้องปฏิบัติการ 61

ตาราง 14 จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิตในแต่ละสัปดาห์จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ M. sumatrana ในห้องปฏิบัติการ 61

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 ปลอกตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ 5

ภาพ 2 วงจรชีวิตแมลงหนอนปลอกน้ำ 7

ภาพ 3 ลักษณะทั่วไปของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ 9

ภาพ 4 เครื่องประดับที่สร้างจากปลอกของแมลงหนอนปลอกน้ำ 13

ภาพ 5 สถานีเก็บตัวอย่าง 7 จุด บริเวณเขตรักษาเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอและอุทยานแห่งชาติภูซาง จ.พะเยา 20

ภาพ 6 สภาพพื้นที่สถานีเก็บตัวอย่างสำรวจความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำ..... 21

ภาพ 7 ถาดฟักไข่ปลานิลที่ใช้ในการพักตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำก่อนนำมาทดลอง 24

ภาพ 8 ระบบสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* 25

ภาพ 9 ระบบเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ด้วยระบบน้ำไหล 27

ภาพ 10 ตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนน้ำที่พบจากจุดสำรวจ 7 สถานี 35

ภาพ 11 จำนวนวงศ์รวมของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจพบในแต่ละสถานีตลอดระยะเวลาการสำรวจ 36

ภาพ 12 จำนวนวงศ์รวมของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจพบในแต่ละสถานีของเดือนตุลาคม 2562 เดือน มกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 36

ภาพ 13 ความยาวปลอกของตัวอ่อนหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงใน . สภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล ตลอดการศึกษา 41

ภาพ 14ความยาวปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงด้วยเศษซากใบไม้ (leaf litter) อาหารลูกปลาดุกบดละเอียด (catfish fry feed) และอาหารกุ้งบดละเอียด (shrimp feed) ตลอดการศึกษา 44

ภาพ 15 ความยาวปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 25, 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศ ตลอดการศึกษา 46

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรมากขึ้นทุกปี ทำให้ความต้องการพื้นที่เพื่อทำการเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการบุกรุกทำลายและจับจองที่ดินในพื้นที่ป่าไม้ บางแห่งกระทำในพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2559 – 2560 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยเหลืออยู่เพียง 102,156,350.51 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 31.58 ของพื้นที่ประเทศ (สำนักจัดการที่ดินป่าไม้, 2562) ซึ่งการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย ส่งผลกระทบในหลาย ๆ ด้าน เช่น การขาดแคลนน้ำในฤดูแล้งและเกิดน้ำป่าไหลหลากดินโคลนถล่มในฤดูฝน รวมถึงส่งผลคุกคามต่อดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ มีรายงานจำนวนชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2558 เป็นชนิดพันธุ์พืชจำนวน 949 ชนิด และชนิดพันธุ์สัตว์จำนวน 569 ชนิด (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561) และอาจส่งผลกระทบถึงวงจรชีวิตของแมลงน้ำกลุ่มต่าง ๆ เนื่องจากแมลงน้ำส่วนใหญ่มีถิ่นที่อยู่ที่เฉพาะเจาะจง สามารถเคลื่อนที่ได้น้อย และหลายชนิดมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะแมลงหนอนปลอกน้ำ

แมลงหนอนปลอกน้ำ (caddisflies) จัดอยู่ในอันดับ ไทรคอบเทอร่า (order Trichoptera) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่หน้าดิน (benthic macroinvertebrates) พบอาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำไหล (lotic) และน้ำนิ่ง (lentic) ถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด โดยมีบทบาทเป็นผู้บริโภค ทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานและสารอาหารไปยังลำดับขั้นของการบริโภคต่างๆ มีการใช้ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำเพื่อเป็นดัชนีทางชีวภาพ (bioindicator) ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นแมลงที่มีความหลากหลายและกระจายตัวค่อนข้างสูง มีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละชนิด

อย่างไรก็ตามพบว่าการศึกษาวิจัยในด้านการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำยังมีรายงานไว้น้อยมาก ดังนั้นจึงสนใจศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตลอดจนถึงผลของปัจจัยต่างๆ ในการเลี้ยงต่อการเจริญเติบโต เพื่อเป็นแนวทางการอนุรักษ์และใช้เป็นฐานข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ อีกทั้งข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้พัฒนาแมลงหนอนปลอกน้ำเป็นตัวติดตามตรวจสอบและใช้ประโยชน์ในการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อม

การเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนเพื่อใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ รวมถึงอาจพัฒนาต่อยอดโดยการนำปลอกของแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีลักษณะเฉพาะตัวมาสร้างเป็นเครื่องประดับได้ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (Order Trichoptera) ในลำธารของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และอุทยานแห่งชาติภูซาง จังหวัดพะเยา

2. ศึกษาปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการ ในลำธารของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และอุทยานแห่งชาติภูซาง จังหวัดพะเยา

3. ศึกษารูปแบบในการเลี้ยงที่แตกต่างกัน ที่ส่งผลต่อการเติบโต อัตรารอด และการสร้างปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (Order Trichoptera) ในห้องปฏิบัติการ

สมมุติฐานของการวิจัย

1. ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (Order Trichoptera) และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำในแต่ละแหล่งน้ำมีความแตกต่างกัน

2. รูปแบบในการเลี้ยงที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการเติบโต อัตรารอด และการสร้างปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (Order Trichoptera) ในห้องปฏิบัติการ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเดือน ตุลาคม 2562 และ เดือน มกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 ในลำธาร ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และอุทยานแห่งชาติภูซาง จังหวัดพะเยา

2. ศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด และการสร้างปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำบางวงศ์ ในด้าน การไหลของน้ำ ชนิดอาหาร และอุณหภูมิ ณ มหาวิทยาลัยพะเยา

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ในลำธารของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และอุทยานแห่งชาติภูซาง จังหวัดพะเยา

2. ทราบถึงค่าปัจจัยทาง กายภาพ เคมี ในลำธารของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และอุทยานแห่งชาติภูซาง จังหวัดพะเยา

3. ทราบถึงผลจากรูปแบบในการเลี้ยงที่แตกต่างกัน ต่อการเติบโต อัตรารอด และการสร้างปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของแมลงหนอนปลอกน้ำ

แมลงหนอนปลอกน้ำ มีชื่อสามัญว่า caddisfly เป็นแมลงที่อยู่ในอันดับไทรคอบเทอร่า (Order Trichoptera) ซึ่งมีความหมายมาจากคำว่า trichos แปลว่า “ขน (hair)” และคำว่า pteron ที่แปลว่า “ปีก (wing)” ดังนั้น Trichoptera จึงหมายถึงแมลงที่มีขนอยู่บนปีก ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำอาศัยอยู่ในปลอกที่สร้างโดยใช้เส้นใยเหนียวยึดติดกับวัสดุที่ใช้ในการสร้างปลอก เช่น กรวดทราย เศษใบไม้ และกิ่งไม้ (ภาพ 1) เป็นต้น (เพ็ญแข ธรรมเสนานุภาพ, 2544)

ตามระบบของลินเนียส (Linnaean system) สามารถจัดอนุกรมวิธานของแมลงน้ำอันดับไทรคอบเทอร่า ออกได้ดังนี้

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

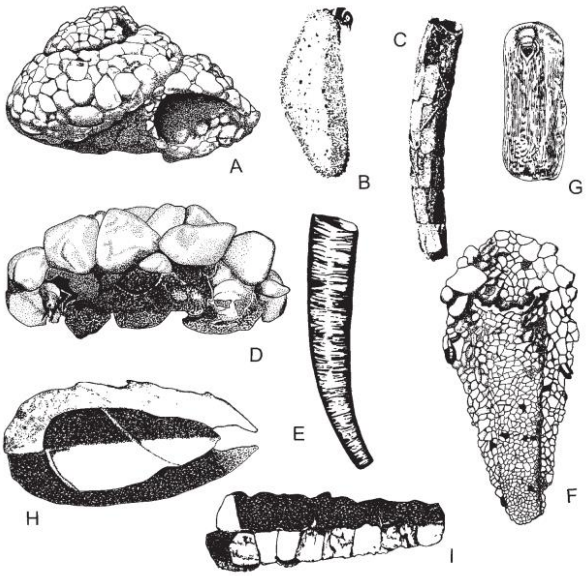
Class: Insecta

Order: Trichoptera

แมลงหนอนปลอกน้ำมีการพัฒนาที่ค่อนข้างสูง มีความคล้ายคลึงกับแมลงกลุ่มผีเสื้อกลางคืน (moths) และผีเสื้อกลางวัน (butterfly) ที่จัดอยู่ในอันดับเลปิดอบเทอร่า (Order Lepidoptera) โดยต่างอยู่ใน Superorder Amphiesmonoptera มีพัฒนาการและเปลี่ยนแปลงจากตัวอ่อนไปเป็นตัวเต็มวัยที่สมบูรณ์ (holometabolous) ในระยะตัวอ่อนจะแตกต่างจากตัวเต็มวัยมาก ลักษณะที่โดดเด่นที่สุดคือ ตัวเต็มวัยจะมีปีกและอาศัยอยู่บนบก ส่วนตัวอ่อนจะไม่มีปีกและอาศัยอยู่ในน้ำ แหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงหนอนปลอกน้ำ ส่วนใหญ่เป็นแหล่งน้ำจืด (De Moor and Ivanov, 2007)

ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำจะมีลักษณะคล้ายหนอนมีขาที่แท้จริง 3 คู่ บางกลุ่มจะมีการสร้างปลอกโดยใช้วัสดุที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ก้อนหิน เปลือกหอย กิ่งไม้ ใบไม้ มายึดติดกันโดยใช้เส้นใยเหนียว ซึ่งรูปแบบของการสร้างจะแตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่ม บางกลุ่มมีการสร้างปลอกเกาะติดกับวัสดุพื้นท้องน้ำ และบางกลุ่มไม่สร้างปลอก ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำกินเศษซากอินทรีย์ พืชน้ำ สาหร่าย บางชนิดกินสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นเป็นอาหาร ตัวเต็มวัยของแมลงหนอนปลอกน้ำจะมีลักษณะคล้ายผีเสื้อกลางคืน ขณะเกาะพักปีกจะพับเป็นรูปสามเหลี่ยม ปากไม่เป็นท่อยาวม้วนได้เหมือนผีเสื้อ มีหนวดเรียวยาวโดยส่วนใหญ่พบอาศัยอยู่

ตามพืชริมฝั่งใกล้แหล่งน้ำและมักออกหากินในตอนกลางคืน แมลงกลุ่มนี้มีบทบาทต่อระบบนิเวศ โดยเป็นอาหารของสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหาร (McCafferty, 1983)



ภาพ 1 ปลอกตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

หมายเหตุ (A) Helicopsychidae (B) Hydroptilida (C) Phryganeidae
(D) Glossosomatidae (E) Brachycentridae (F) Molannidae
(G) Calamoceratidae (H) Calamoceratidae (I) Lepidostomatidae

ที่มา: (Morse, 2004)

แมลงหนอนปลอกน้ำ จำแนกได้ 3 อันดับย่อย (suborder) ตามวิธีการจัดจำแนกของ de Moor and Ivanov (2007) ดังนี้

1. อันดับย่อย Spicipalpia แมลงหนอนปลอกน้ำในอันดับย่อยนี้ สร้างถุงหุ้มดักแด้แบบปิด (closed-cocoon) ที่ยอมให้น้ำผ่านเข้าไปได้บ้าง การแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดโดยการแพร่ผ่านผนังของถุงหุ้มดักแด้ที่ปิด สมาชิกมี 4 วงศ์ ได้แก่ Glossosomatidae, Hydrobiocidae, Hydroptilidae และ Rhyacophilidae

2. อันดับย่อย Annulipalpia แมลงหนอนปลอกน้ำในอันดับย่อยนี้ตัวอ่อนเป็นหนอนที่มีส่วนหัวยื่นออกมาด้านหน้าอยู่ในแนวราบ (prognathous) และเห็นส่วนขอของเอนัลโปรเลก (anal proleg) ได้ชัดเจน ตัวอ่อนเริ่มต้นเป็นตัวอ่อนระยะที่หนึ่งสร้างท่ออาศัยที่ตรึงอยู่กับที่

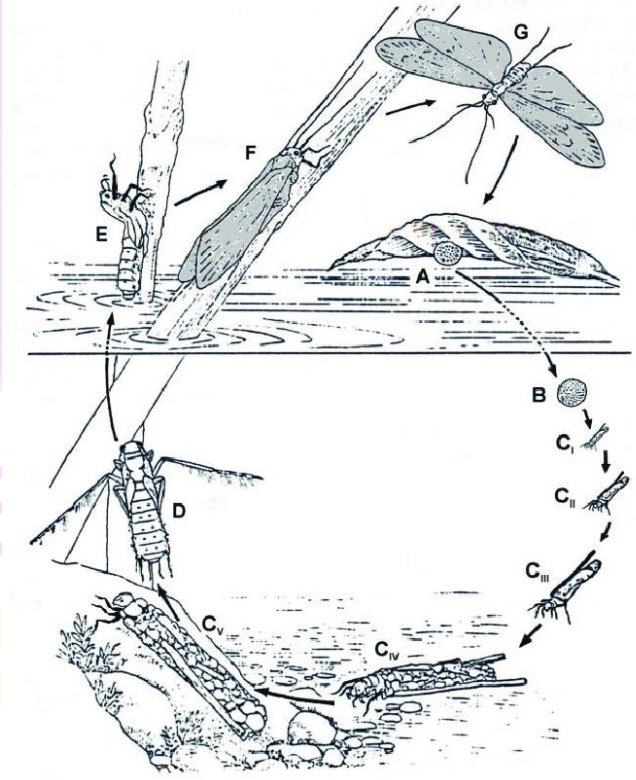
และบางวงศ์สร้างตาข่ายไว้ดักจับอาหาร ตัวอ่อนหากินจากบริเวณที่อาศัยเป็นหลัก โดยการรวบรวมอาหารที่อยู่ในน้ำด้วยวิธีการกรอง หรือการแทะเล็มอนุภาคอินทรีย์สารที่มีขนาดเล็กมากๆ ที่สะสมอยู่รวมทั้งไดอะตอมด้วย เมื่อพร้อมเข้าดักแด้ตัวอ่อนส่วนมาก สร้างปลอกดักแด้รูปโดมด้วยกรวดหยาบปกคลุมตัวอ่อนระยะสุดท้าย แล้วตัวอ่อนภายในโดมปั่นใยสร้างถุงหุ้มดักแด้ที่ยอมให้น้ำผ่านได้ กระแสน้ำผ่านเข้าถุงหุ้มดักแด้ทางช่องเปิดขนาดเล็กที่อยู่ตรงปลายแต่ละด้านน้ำอาจท่วมตัวดักแด้โดยตรงระหว่างการเกิดเมตามอร์โฟซิส (metamorphosis) ทั่วโลกมีหลายวงศ์ และที่พบในประเทศไทยได้แก่วงศ์ Dipseudopsidae, Ecnomidae, Hydropsychidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Psychomyidae และ Xiphocentronidae เป็นต้น

3. อันดับย่อย Integripalpia แมลงน้ำอันดับย่อยนี้สร้างปลอกหุ้มตัวที่นำติดตัวไปได้คล้ายกับพวกปูเสฉวน จึงเรียกว่า แมลงหนอนปลอกน้ำสร้างปลอก (portable–case maker) ตัวอ่อนมีหัวที่อยู่ในแนวดิ่ง (hypognathous) ขอที่ทวารมีขนาดเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับแมลงหนอนปลอกน้ำอีก 2 อันดับย่อยข้างต้น ตัวอ่อนทุกระยะสร้างปลอกหุ้มตัวเพื่อป้องกันตัวเองขณะเดินทางไปสำรวจแหล่งอาหารใหม่ๆ เมื่อตัวอ่อนพร้อมเข้าดักแด้ตัวอ่อนยึดปลอกกับพื้นอาศัย แล้วปิดปากปลอกด้วยอนุภาคกรวดทรายหรือเศษวัสดุเพื่อป้องกันภัยจากผู้ล่า ต่อจากนั้นจึงเข้าดักแด้ภายในปลอก มีช่องเปิดขนาดเล็กที่ปลายปลอกทำให้น้ำผ่านเข้าไปภายในได้โดยตรง สำหรับการหายใจของดักแด้ ดักแด้เคลื่อนไหวส่วนท้องเป็นจังหวะลูกคลื่นเพื่อควบคุมการไหลผ่านของน้ำ ทั่วโลกพบประมาณ 30 วงศ์ ในทวีปเอเชียและประเทศไทยพบประมาณ 14 วงศ์ วงศ์ที่พบบ่อยในประเทศไทย ได้แก่ Brachycentridae, Calamoceratidae, Goeridae, Helicopsychidae, Lepidostomatidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Molannidae, Odontoceridae, Phryganeidae, Sericostomatidae และ Uenoidae เป็นต้น

2.2 วงชีวิตของแมลงหนอนปลอกน้ำ

หนอนปลอกน้ำมีวงจรชีวิต 4 ระยะ ประกอบด้วย ไข่ ตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างสมบูรณ์ (complete metamorphosis) ตัวอ่อนกับตัวเต็มวัยมีความแตกต่างกันมาก วงชีวิตส่วนมากมีตัวอ่อน 5 ระยะ (ภาพ 2) และมีพัฒนาการครบสมบูรณ์ภายใน 1 ปี (univoltine) เช่น *Apatania zonella* (Limnephilidae) หรือบางชนิดอาจใช้เวลาน้อยจึงทำให้ภายในเวลา 1 ปี สามารถมีวงชีวิตได้หลายรอบ (multivoltine) เช่น *Anisocentropus maculatus*, *Ganonema extensum* และ *Georgium japonicum* (Calamoceratidae) (Dudgeon, 1999) แต่บางชนิดอาจจะใช้เวลามากกว่า 1 ปี จึงจะพัฒนาการครบ 1 รอบ (semi–voltine) เช่น *Cryptochia pilosa* (Limnephilidae) ที่ต้องใช้เวลา 2 ปี จึงจะครบรอบ ซึ่งอาจจะมาจากหลายสาเหตุ เช่น แหล่งที่อยู่มีปริมาณน้ำน้อยเกินไปหรือมีปริมาณอาหารไม่เพียงพอ อาหารของตัว

อ่อนมีปลายประเภท เช่น ตัวอ่อนของ *Polycentropus variegates* (Polycentropodidae) ซึ่งดำรงชีวิตแบบผู้ล่า อาหารจะเป็นสัตว์ขนาดเล็ก เช่น ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาว หนอนแดง ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลาย และไส้เดือนน้ำ อาหารของพวกที่สร้างปลอกอยู่กับที่คือเศษซากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (fine particulate organic matter) แพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรีย ซึ่งอาหารดังกล่าวจะล่องลอยมากับกระแสน้ำแล้วมาติดเส้นใยที่สร้างจากต่อมไหมติดไว้กับปลอก เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมตัวอ่อนจะพักตัว ช่วงที่ตัวอ่อนไม่มีการพัฒนาเรียกช่วงนี้ว่า larval dormancy จากตัวอ่อนระยะสุดท้ายจะเปลี่ยนเป็นระยะดักแด้ ซึ่งจะอยู่นิ่ง ๆ ในปลอกที่สร้างขึ้นเรียกว่า pupal case ซึ่งปลอกนี้จะถูกตรึงให้อยู่กับที่ ระยะเวลาที่ดักแด้จะพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 3 สัปดาห์



ภาพ 2 วงจรชีวิตแมลงหนอนปลอกน้ำ

หมายเหตุ A และ B ไข่; C_{I-IV} ระยะตัวอ่อน; D และ E ระยะดักแด้; F และ G ระยะตัวเต็มวัย

ที่มา: (Tszydel et al., 2009)

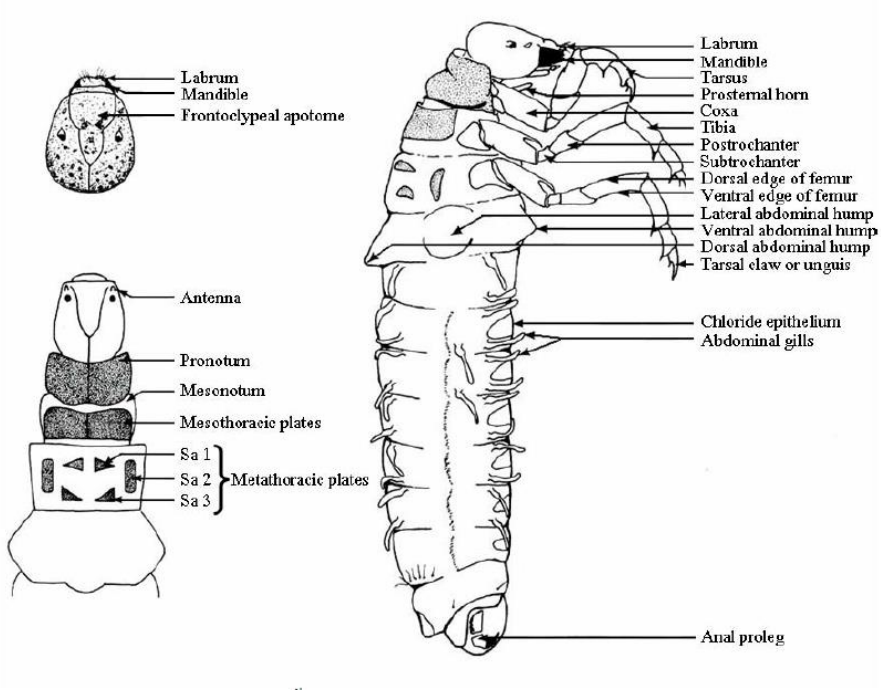
เมื่อเป็นตัวเต็มวัยสมบูรณ์จะกัดปลอกแล้วคืบคลานหรือว่ายน้ำสู่ผิวน้ำ เมื่อเป็นตัวเต็มวัยพวกที่บินได้ไม่คล่องตัวจะพัฒนาการให้วิ่งได้เร็วแทนการบิน ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 1–2 เดือน บางครั้งอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้ ตัวเต็มวัยจะอาศัยการดูดของเหลวจากพืชเป็นอาหาร ส่วนมากจะออกหากินตอนกลางคืน (nocturnal or crepuscular) บางครั้งก็พบว่าออกหากินตอนกลางวัน (diurnal) การผสมพันธุ์จะพบบนพื้นดินหรือพืชที่อยู่ในบริเวณที่อยู่อาศัย การวางไข่จะวางลงในน้ำโดยตรงหรือพื้นดินที่อยู่ใกล้น้ำ หรือวางบนพืชที่อยู่เหนือผิวน้ำ ไข่ที่วางจะเป็นสาย เช่น *Tinodes waeneri* (Psychomyidae) หรืออาจเป็นกลุ่ม พวกที่วางไข่บนบกเมื่อไข่ฟักเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนจะคลานสู่น้ำเองโดยตรงหรืออาจจะมีปัจจัยอื่นช่วย เช่น น้ำฝน ในขณะที่อยู่ในน้ำตัวอ่อนจะหายใจทางผิวหนัง ในพวกที่มีเหงือกจะใช้เหงือกหายใจ การควบคุมสมดุลเกลือแร่ในร่างกายจะอาศัย papillae ที่ท้องปล้องท้ายสุดหรือ chloride epithelial บริเวณท้องปล้องที่ 2–7 (McCafferty, 1983)

นฤมล แสงประดับ (2548) ได้อธิบายลักษณะทางสัณฐานของแมลงหนอนปลอกน้ำในระยะตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ไว้ดังนี้

1. ระยะตัวอ่อน

ส่วนหัวเป็นแคปซูล (capsule) แข็งมีขนาดใหญ่ประกอบด้วยแผ่นแข็ง 3 แผ่น ตามี 1 คู่ ประกอบหนวดมี 1 คู่ มีขนาดสั้นมากจนเกือบมองไม่เห็นยกเว้นวงศ์ Leptoceridae มีหนวดยาวเห็นได้ชัดเจนกว่าวงศ์อื่น ๆ ปากแบบกัดกิน ฟันกรามมีรอยหยักเป็นซี่คล้ายฟัน พวกกินเศษซากพืชมีฟันกรามทำหน้าที่บด ส่วนพวกผู้ล่าซี่ของฟันกรามมีลักษณะคล้ายเขี้ยวทำหน้าที่ฉีกและพวกที่หาอาหารด้วยวิธีการแทะเล็มกิน ฟันกรามมีรูปร่างแบนกว้างขอบเรียบไม่มีรอยหยักดูคล้ายจอบซึ่งเหมาะสำหรับใช้แทะเล็มอาหารที่ติดอยู่บนพื้นผิวที่อาศัย มีต่อมผลิตใยไหมซึ่งมีรูเปิดที่ปลายของริมฝีปากบน ส่วนอกพัฒนาดี อกปล้องแรกทางด้านบนมีแผ่นแข็งปกคลุม 1 คู่ บางวงศ์ปล้องอกทางด้านล่างตรงกลางมีเยื่อยื่นออกมาเป็นเส้นทู่ดูคล้ายเขาเรียกว่าโปรสเตอร์นัม ฮอร์น (prosternum horn) อกปล้องกลางอาจเป็นแผ่นแข็งขนาดใหญ่หนึ่งแผ่น หรือเป็นแผ่นแข็งขนาดเล็กหลายแผ่นประกอบกัน ขาเจริญดีและหลายชนิดมีขาคู่กลางและขาคู่หลังยาวกว่าขาคู่หน้า แมลงหนอนปลอกน้ำใช้ขาจับวัสดุต่างๆ ในน้ำ เช่น ชิ้นส่วนพืช ทราย กรวด เปลือกหอยมาสร้าง เปลือก ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Brachycentridae มีขาคู่กลางและขาคู่หลังที่ยาวมาก และมีแผงขนละเอียดสำหรับใช้กรองอนุภาคอาหารที่อยู่ในน้ำ ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Letoceridae มีขาคู่หลังยาวมากและมีแผงขนทำให้ตัวอ่อนที่อยู่ในปลอกว่ายน้ำได้ดี ส่วนท้อง ปล้องท้องมี 10 ปล้อง 8 ปล้องแรกมีลักษณะเป็นเยื่อ ปล้องที่

9 เกือบทั้งหมดเป็นเยื่อเช่นกัน ปล้องที่ 10 มีขาเทียม 1 คู่ ปลายขาเทียมแต่ละข้างมีขอ (hook) 1 อัน แมลงหนอนปลอกน้ำไร้ปลอก (caseless caddis) มีขาเทียมขนาดใหญ่และเคลื่อนไหวได้ เรียกว่า เอนัลโปรเลก (anal proleg) ซึ่งเป็นขอเกี่ยวยึดเกาะกับแหล่งอาศัย แมลงหนอนปลอกน้ำที่สร้างปลอก (cased caddis) ขาเทียมและขอมีขนาดเล็กมาก ตัวอ่อนใช้ขอยึดเกี่ยวกับใยไหมภายในปลอกทำให้ตัวไม่หลุดออกจากปลอก เหงือกเป็นเส้นยื่นออกมาจากผนังลำตัวทางด้านบน ด้านล่างและด้านข้างของส่วนท้องเหงือกอาจมีเส้นเดี่ยวหรือแตกแขนง ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำที่สร้างปลอกที่ท้องปล้องแรกมักมีเนื้อนูน (hump) ยื่นออกมา 1–3 ก้อน ก้อนแรกอยู่ทางด้านบนและอยู่ทางด้านข้างด้านละก้อน ก้อนเนื้อนูนนี้ช่วยให้ตัวอ่อนทรงตัวอยู่ได้ที่ตำแหน่งบริเวณตรงกลางของปลอกและทำให้น้ำไหลผ่านเข้าไปในปลอกและเหงือกจะแลกเปลี่ยนก๊าซกับน้ำที่มีออกซิเจนละลายสูงกว่าได้ (ภาพ 3)



ภาพ 3 ลักษณะทั่วไปของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

ที่มา: (Clifford, 1991)

2.ระยะดักแด้

ดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำ มีรูปร่างแบบเอกซาเลท (exarate) ชนิดที่สร้างปลอกดักแด้เจริญภายในปลอกของตัวอ่อนโดยใช้เส้นใยยึดปลอกติดกับพื้นอาศัยและใช้วัสดุ พวกกรวด ทราย หรือเศษซากพืชปิดด้านปากของปลอก จากนั้นตัวอ่อนปั่นใยสร้างเป็นถุงหุ้มตัว (cocoon) แล้วพัฒนาภายในถุงหุ้มกลายเป็นดักแด้ ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำไร้ปลอกเมื่อพร้อมจะเข้าดักแด้ตัวอ่อนปั่นใยยึดกับพืชอาศัยด้านหนึ่งแล้วยึดก้อนกรวดและทรายด้วยเส้นใยก่อขึ้นเป็นปลอกรูปโดมหุ้มดักแด้ตัวอ่อนสร้างถุงหุ้มกลายเป็นดักแด้และพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยอยู่ภายใน ดักแด้ส่วนมากมีฟันกรามแข็งแรงใช้ตัดปลอกดักแด้เป็นช่องเปิดเพื่อออกมาสู่ภายนอก และว่ายสู่ผิวน้ำด้วยแถวขนว่ายน้ำบนทาร์ไซ (tarsi) ของขาคู่กลาง ชนิดที่ไม่มีฟันกรามหรือมีฟันกรามที่ลดรูป เช่น สมาชิกของวงศ์ Phryganeidae บางชนิดเมื่อตัวอ่อนพร้อมเข้าดักแด้ไม่มีการสร้างส่วนปิดปากปลอกแต่ดักแด้เจริญภายในปลอกโดยใช้ตะขอและแผ่นแข็งบริเวณด้านบนของ ส่วนท้องยึดเกี่ยวกับใยไหมที่บุผนังภายในปลอกช่วยให้ดักแด้เคลื่อนที่เข้าและเคลื่อนที่ออกจากปลอกได้เนื่องจากมีคราบ (exuvia) ของตัวอ่อนหลงเหลืออยู่ในถุงหุ้มดักแด้ จึงสามารถนำคราบนี้มาเชื่อมโยงระยะดักแด้กับตัวเต็มวัยหรือระยะดักแด้กับตัวอ่อนได้

3. ระยะตัวเต็มวัย

ตัวเต็มวัยมีขนาดเล็กลำตัวยาวตั้งแต่ประมาณ 1.5 มิลลิเมตร จนถึงตัวขนาดปานกลางยาวประมาณ 4 เซนติเมตร มักมีสีคล้ำ มีกิจกรรมมากในช่วงเวลากลางคืน เวลากลางวันซ่อนตัวเกาะกับพืชที่ขึ้นตามแนวลำธาร ส่วนหัวมีตาประกอบที่พัฒนาดีอาจมีตาเดี่ยวได้ถึง 3 ตา ปากไม่แข็งแรงกินได้เฉพาะอาหารเหลวขากรรไกรมีรยางค์ 5 ปล้อง รยางค์นี้มีการดัดแปลงมาก ในตัวผู้บางชนิดรยางค์ริมผีปากล่างมี 3 ปล้อง ส่วนอก ปล้องอกมี 3 ปล้องเห็นชัดเจน ขายาวเรียว หนามแข็งที่ทิเบีย (tibia) มีจำนวนผันแปรและเป็นลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งทางอนุกรมวิธาน ปกคลุมด้วยขน เมื่ออยู่ในที่พักปกคลุมลำตัวมองคล้ายหลังคา ชนิดที่มีปีกคู่หน้าแคบบินได้เก่ง ปีกคู่หลังกว้างกว่าปีกคู่หน้า หนวด ยาวเลยความยาวของลำตัว ส่วนท้องมีปล้องเห็นชัดเจน ตัวผู้มี 9 ปล้อง ปล้องที่ 10 เป็นที่ติดตั้งอวัยวะสืบพันธุ์ ส่วนตัวเมียปล้องที่ 10 เป็นอวัยวะวางไข่ช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียอยู่ระหว่างปล้องที่ 8 และ 9

2.3 แมลงหนอนปลอกน้ำและการใช้ประโยชน์

2.3.1 การตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยใช้แมลงหนอนปลอกน้ำ

แมลงหนอนปลอกน้ำพบอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำไหลทั่วโลก (Wiggins, 1996) สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่ได้ผลดี เนื่องจากสามารถพบได้ในเกือบทุกพื้นที่ทั่วโลก นอกจากนี้ยังพบว่ามีความเป็นไปได้สูงในการจัดจำแนกเนื่องจากความรู้ในเรื่องอนุกรมวิธานและข้อมูลในการจัดจำแนกค่อนข้างสมบูรณ์ อีกทั้งการเก็บตัวอย่างโดยเฉพาะตัวเต็มวัยนั้นกระทำได้โดยง่ายโดยเฉพาะการใช้ไฟล่อ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำโดยเฉพาะในแม่น้ำที่มีขนาดใหญ่ๆ ได้เป็นอย่างดี ตัวออนแมลงหนอนปลอกน้ำบางกลุ่มมีความออนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม จึงถูกนำมาใช้เป็นดัชนีชีวภาพในการติดตามและประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำรวมกับตัวออนแมลงสโตนฟลายและตัวออนแมลงชีปะขาว และเรียกแมลงน้ำกลุ่ม EPT (Ephemeroptera, Plecoptera และ Trichoptera) (Morse et al., 2007) Stanić–Koštroman et al. (2012) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของตัวเต็มวัยแมลงหนอนปลอกน้ำเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยใช้กับดักแสงไฟตั้งบริเวณข้างๆ แม่น้ำในประเทศบอสเนียและเฮอร์เซโกวีนา พบแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัย 34 ชนิด ซึ่งในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างตลอดความยาวแม่น้ำ องค์ประกอบของแมลงน้ำ บทบาทการกินของแมลงหนอนปลอกน้ำ และดัชนีความสกปรกของน้ำ (saprobic indices) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างจะแตกต่างกัน

ความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมของป่าไม้รอบ ๆ ถิ่นที่อยู่อาศัยนั้นด้วย ซึ่งรวมไปถึงพืชพรรณ สภาพภูมิประเทศ ฤดูกาล ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล และความกว้างของลำน้ำ แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการศึกษาการใช้แมลงหนอนปลอกน้ำระยะตัวอ่อนเพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำคือไม่สามารถจัดจำแนกในระดับชนิดได้ อีกทั้งการใช้แมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของแหล่งน้ำอาจจะมีคำถามเกิดขึ้นว่าระยะตัวเต็มวัยที่จับได้นั้นมาจากบริเวณใดของแหล่งน้ำหรือมาจากแหล่งน้ำนั้นโดยตรง หรือบินมาจากที่อื่น จากหลักความจริงที่ว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีความเฉพาะเจาะจงกับสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่จะต้องศึกษาแมลงน้ำระยะตัวอ่อนให้ได้ในระดับชนิด เพราะถ้าสามารถศึกษาและจัดจำแนกแมลงหนอนปลอกน้ำระยะตัวอ่อนได้ในระดับชนิดแล้ว จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้นในการบ่งชี้สภาพแวดล้อมหรือคุณภาพน้ำที่สิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ อาศัยอยู่ (Dudgeon, 1999)

สำหรับในประเทศไทย ข้อมูลเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีส่วนมากเป็นข้อมูลการศึกษาในระยะตัวเต็มวัย ในประเทศไทยพบจำนวน 998 ชนิด (Malicky and

Chantaramongkol, 2010) มีรายงานการศึกษาการใช้แมลงหนอนปลอกน้ำเพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในประเทศไทย โดย Chaibu (2000) ซึ่งทำการศึกษาศักยภาพของการใช้แมลงหนอนปลอกน้ำเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในแม่น้ำปิง พบว่ามีแมลงหนอนปลอกน้ำ 7 ชนิดที่มีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ และพบว่ามีแมลงหนอนปลอกน้ำ 11 ชนิดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำ Laudee (2002) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำกลุ่มแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และแมลงหนอนปลอกน้ำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม พบว่าผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำ มีคุณภาพน้ำจำนวน 10 ปัจจัยที่มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ที่ศึกษา ประกอบด้วยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ไนเตรท–ไนโตรเจน ซัลเฟต อุณหภูมิน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำ และแมลงหนอนปลอกน้ำ 28 ชนิดมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ Prommi and Thani (2014) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวอ่อนและตัวเต็มวัยกับปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำบริเวณทางน้ำเข้าและทางน้ำออกบริเวณเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิน้ำและอากาศ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายฝนน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และปริมาณสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ นอกจากนี้ Prommi, Laudee และ Chareonviriyaphap (2014) ได้ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวอ่อนและตัวเต็มวัยกับคุณภาพน้ำในลำธารห้วยแม่กุและห้วยแม่ตาว จังหวัดตาก พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำหลายชนิดมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำและปริมาณสารอาหาร เช่น แอมโมเนีย–ไนโตรเจน ไนเตรท–ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟตในน้ำ

2.3.2 การใช้ประโยชน์จากแมลงหนอนปลอกน้ำเพื่อพัฒนาเป็นเครื่องประดับ

การนำแมลงน้ำโดยเฉพาะแมลงน้ำที่อาศัยอยู่ในน้ำจืดมาใช้เป็นของตกแต่ง หรือเครื่องประดับส่วนใหญ่จะใช้เป็นภาพวาดหรือภาพถ่ายมากกว่าตัวอย่างจริง ที่พบเห็นได้บ่อยได้แก่แมลงปอที่นิยมใช้ภาพแมลงปอตกแต่งตามเสื้อ ภาพฝากผนัง ทำเข็มกลัด และอื่น ๆ อีกมากมาย ทั้งนี้อาจเนื่องจากแมลงเหล่านี้ มีรูปร่างที่ที่มีความสมมาตรซ้ายขวาหรือสมมาตรแบบครึ่งซีก (bilateral symmetry) โดยเฉพาะปีกของแมลงกลุ่มนี้หากกางออกแล้วจะดึงดูดความสนใจของผู้พบเห็นเป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อสิบกว่าปีที่ผ่านมาในต่างประเทศมี

การสร้างผลิตภัณฑ์เครื่องประดับจากปลอกของแมลงหนอนปลอกน้ำ โดยการนำตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการและทำการคัดเลือกปลอกที่มีความสวยงามและโดดเด่นนำมาออกแบบทำเครื่องประดับหลายประเภท ได้แก่ ต่างหู และสร้อยคอแบบต่างๆ มีนักนิเวศวิทยาแหล่งน้ำได้แก่ Kathy Stout และ Ben Stout ได้ทดลองนำตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Limnephilidae มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการและให้ตัวอ่อนระยะสุดท้ายสร้างปลอกดักแด้จากเศษอัญมณีหรือก้อนหินสวยงามแทนวัสดุธรรมชาติเมื่อดักแด้เจริญเป็นตัวเต็มวัยและบินออกจากปลอกแล้ว จึงนำปลอกมาทำเป็นเครื่องประดับสวยงามเช่น สร้อยคอ และต่างหู เป็นต้น (นิศารัตน์ ตั้งไพโรจน์วงศ์, 2553) (ภาพ 4)

ภาพ 4 เครื่องประดับที่สร้างจากปลอกของแมลงหนอนปลอกน้ำ

ที่มา: http://www.wildscape.com

2.4 การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงแมลงหนอนปลอกน้ำ

การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ทั้งในและต่างประเทศมีการรายงานไว้ดังนี้

เกรียงไกร สีตะพันธุ์ และคณะ (2553) ศึกษาชนิดอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Odontoceridae โดยทำการเลี้ยงด้วยอาหารชนิดต่างๆพบว่า

อัตราการเจริญของตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกบดละเอียดและปลาป่นมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยไรแดงสดแช่แข็ง แต่อาหารทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างในด้านอัตราการรอด

Gaino et al. (2002) ได้ศึกษาการเลือกชนิดของวัสดุในการสร้างรังของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ 3 วงศ์ ได้แก่ Hydropsychidae, Limnephilidae และ Sericostomatidae หลังจากทำการดึงตัวอ่อนออกจากปลอก และเลี้ยงในจานเพาะเชื้อ (petri dishes) ด้วยวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ หิน ชนิด quartzite (หินแปรที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นควอทซ์) และหิน ชนิด travertine (หินปูนชนิดที่มีรูพรุนสูง) โดยกำหนดอนุภาคของหินประมาณ 1–1.5 มิลลิเมตร โดยใส่หินทั้ง 2 ชนิดลงในจานเพาะเชื้อให้มีความหนา 1 เซนติเมตร เลี้ยงที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae คือ *Hydropsyche morettii* เลือกใช้หินชนิด quartzite ในการสร้างปลอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในวงศ์ Sericostomatidae คือ *Sericostoma pedemontanum* และวงศ์ Limnephilidae คือ *Limnephilus flavicornis* จะเลือกใช้หินชนิด travertine ในการสร้างปลอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และความแตกต่างในการเลือก วัสดุอาจเนื่องจากคุณลักษณะเฉพาะตัวทางกายภาพ และทางเคมีของเส้นใยที่สร้างขึ้น

Gispert et al. (2018) ศึกษาการเลือกขนาดของวัสดุในการสร้างรังของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Potamophyax latipennis* (Curtis, 1834) โดยทำการคัดเลือกตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ทำการแยกตัวอ่อนออกจากปลอกและเลี้ยงในอุปกรณ์ที่มีการใส่วัสดุขนาดต่าง ๆ ได้แก่ 0.5–1 มิลลิเมตร, 1–1.5 มิลลิเมตร และ 1.5–2 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่า *P. latipennis* (Curtis, 1834) จะเลือกใช้วัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าในการสร้างรังเนื่องจากใช้เวลาในการสร้างที่เร็วกว่า แม้ว่าจะต้องสิ้นเปลืองพลังงานและใช้ปริมาณเส้นใยที่มากกว่าในการสร้างรัง

Correa-Araneda et al. (2017) ศึกษาผลจากความเครียดต่อการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรและสภาวะแวดล้อมของหนอนปลอกน้ำชนิด *Sericostoma pyrenaicum* โดยทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการสร้างรังของตัวอ่อนใน 4 กลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยเศษพืชประจำถิ่นอาศัย ชนิด *Alnus glutinosa* (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 เลี้ยงตัวอ่อนด้วยเศษพืชอาหารที่มีคุณค่าทางสารอาหารต่ำ คือ ใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus globulus*) กลุ่มที่ 3 เลี้ยงด้วยใบยูคาลิปตัส และเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม 5 องศาเซลเซียส และกลุ่มที่ 4 เลี้ยงด้วยใบยูคาลิปตัสที่มีการเติมน้ำที่มีกลิ่นสารเคมีของผู้ล่า (ปลาเทราต์) ผลการศึกษาพบว่าตัวอ่อนในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีอัตราการเจริญ การสร้างปลอก และอัตรารอดต่ำกว่า

กลุ่มควบคุม ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ 2 และ 3 อย่างไรก็ตามในกลุ่มทดลอง 4 พบว่ามีอัตราการเจริญ และการสร้างปลอกไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

2.5 คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและทางเคมี

2.5.1 อุณหภูมิน้ำ (water temperature)

น้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติได้รับพลังงานความร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิในแหล่งน้ำเกิดจากแสงที่ส่องผ่านลงในน้ำ อุณหภูมิของแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรตามปัจจัยหลายอยาง เช่น ความเข้มแสง ฤดูกาล เวลาในช่วงวัน กระแสลม ปริมาณ น้ำ ความลึก ปริมาณสารแขวนลอย ความขุ่น และสภาพแวดล้อมทั่วๆไปของแหล่งน้ำ ฤดูกาล และ สภาพภูมิประเทศ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมสิริ, 2528)

อุณหภูมิน้ำส่งผลกระทบต่อแมลงโดยแมลงมักจะมีพัฒนาการอย่างรวดเร็วเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของน้ำย่อยและกระบวนการเมตาบอลิซึม กระบวน การดูดซึม รวมทั้งขบวนการสร้างสารชีวเคมีที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตเป็นไปได้อย่างรวดเร็วขึ้น อุณหภูมิจะส่งผลอย่างมากต่อพัฒนาการและต่อระยะหรือวัยในวงจรชีวิตของแมลง โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของแมลงส่วนใหญ่มักอยู่ในช่วงระหว่าง 22–38 องศาเซลเซียส (ศานิต รัตนภุมมะ, 2550)

2.5.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids: TDS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ หมายถึง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และ สามารถไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว เมื่อกรองปริมาณของแข็งแขวนลอยออกแล้วเอาน้ำใสที่ผ่าน กระดาษกรองใยแก้วมาระเหยจะหาปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2550) ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ ของแข็งที่ตกตะกอนและของแข็งแขวนลอย (total suspended solids: TSS) และสารแขวนลอยทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ได้แก่ เกลืออินทรีย์ต่างๆ เช่น NaCl, Na_2CO_3 และส่วนที่เป็นอินทรีย์สาร เช่น แป้ง น้ำตาล กรดอะมิโน วิตามินบางชนิดและผงซักฟอก ของแข็งส่วนที่ละลายในน้ำได้ เป็นสิ่งเจือปนในน้ำทิ้งที่ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป

2.5.3 ความขุ่นใสของน้ำ (turbidity of water)

ความขุ่นใสของน้ำ หมายถึง น้ำที่มีสารแขวนลอย ซึ่งขัดขวางทางเดินของแสงที่ผานน้ำนั้น ความขุ่นของน้ำเกิดจากการที่น้ำนั้นมีสิ่งแขวนลอยอยู เช่น ดินละเอียด อินทรีย์สารอนินทรีย์สาร แพลงตอน และสิ่งมีชีวิตเล็กๆ สารพวกนี้จะทำให้เกิดการกระจายและดูดซึมของแสง เมื่อแสงส่องกระทบพวกสารนี้จึงเกิดการหักเหของแสงอย่างไม่เป็นระเบียบหรือแสงนั้นอาจจะ

ถูกกั้นไม่ให้ทะลุผานไปได้ จึงทำให้เห็นน้ำนั้นขุ่น แหล่งน้ำโดยทั่วไปจะมีค่าความขุ่นไม่เกิน 100 FTU (formazin turbidity unit) เพราะจะส่งผลกระทบต่อสัตว์ และพืชน้ำ

2.5.4 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH of water)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำหรือพีเอช (pH) มาจากคำว่า positive potential of the hydrogen ions สิ่งที่ชี้บอกความเป็นกรดคือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) และสิ่งที่ชี้บอกความเป็นด่างคือ ความเข้มข้นของไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544) ความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในแหล่งน้ำธรรมชาติขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดิน หิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ที่ดินในบริเวณแหล่งน้ำนั้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ในแหล่งน้ำธรรมชาติตามเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำอยู่ที่ 5–9

2.5.5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen: DO)

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดในการดำรงชีวิต เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิด จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการต่างๆ ภายในร่างกาย สัตว์น้ำก็เช่นกันต้องใช้ออกซิเจนโดยเฉพาะในกระบวนการหายใจ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่บ่งชี้ให้ทราบว่าแหล่งน้ำนั้นสามารถรองรับสารอินทรีย์ได้มากน้อยเพียงใด โดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบทางลบขึ้นในแหล่งน้ำ ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการหายใจของสัตว์น้ำ อัตราการสังเคราะห์แสง ความลึกของน้ำ ความดันบรรยากาศ ช่วงเวลาของวัน ฤดูกาล ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน และความเค็มของน้ำ โดยทั่วไปค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.5.6 ไนเตรท–ไนโตรเจน (NO_3–N)

ไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่ง เกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมา แหล่งไนโตรเจนในน้ำส่วนใหญ่มาจากจุลินทรีย์พวกที่อาศัยได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนและในสภาวะที่ไม่มี นอกจากนี้แอมโมเนียที่เกิดจากการย่อยสลาย สารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย เป็นรูปที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต แต่ก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ถ้าอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำจะทำให้มีไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น ความเป็นพิษก็จะเพิ่มขึ้นสูงด้วย ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรทในปริมาณน้อยมักต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรของไนโตรเจนและสูงไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตรของไนโตรเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ

2.5.7 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_4-N)

เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนีย เช่น $(NH_4)^2CO_3$, $(NH_4)^2SO_4$ หรือแอมโมเนียอิสระไนโตรเจนซึ่งเกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียปกติจะมีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติในปริมาณน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจัดว่าเป็นสภาพไม่มีมลพิษเกิดขึ้น ในสภาพที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูงจะเกิดมลพิษต่อสิ่งมีชีวิต มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินควรมีค่าแอมโมเนียไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร การแตกตัวของแอมโมเนียขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิของน้ำ คือ หากค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงการแตกตัวของแอมโมเนียก็จะดีขึ้นทำให้เกิดความเป็นพิษลดลง

2.5.8 ฟอสเฟต (PO_4^{3-})

ฟอสเฟตเป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นอย่างมากในกระบวนการเมตาบอลิซึมในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ฟอสเฟตที่พบในแหล่งน้ำทั่วไปและแหล่งน้ำทิ้งส่วนใหญ่อยู่ในรูปออร์โธ-ฟอสเฟต ออร์โธฟอสเฟตยังมี มากในการกสิกรรมคือปุ๋ยซึ่งจะถูกชะพาลงแม่น้ำลำคลองเมื่อมีฝนตกค่าฟอสเฟตในช่วงฤดูฝนจะมีค่า สูงกวาช่วงฤดูแล้งเนื่องจากฟอสเฟตจะสะสมอยู่ในดินหินแร่หรือแหล่งสะสมอื่น ๆ จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปที่ละลายน้ำได้โดยการชะล้างจากน้ำฝน (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2544) ในแหล่งน้ำจะมีค่าฟอสเฟตอยู่ ระหว่าง 0.05-1 มิลลิกรัมต่อลิตร และในแหล่งน้ำที่เสื่อมโทรมจะมีค่าฟอสเฟตเกินกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป

จากข้อมูลตามเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าแม้จะมีรายงานการศึกษาด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแมลงหนอนปลอกน้ำ แต่ก็ยังขาดข้อมูล ด้านปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเพาะเลี้ยง ดังนั้นจึงสนใจทำการศึกษาความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำและการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำไปประยุกต์ใช้เลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำเพื่อเกิดประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ และการใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1) กระชอนช้อนปลา ขนาดตาข่ายเล็กกว่า 0.1 มิลลิเมตร
2) กล้องจุลทรรศน์แบบ 3 มิติ ยี่ห้อ Nikon รุ่น C-LEDs
3) กาละมังพลาสติก
4) ขวดโพลีเอทิลีน ขนาด 1 ลิตร
5) เครื่องแก้วสำหรับทำการทดลอง
6) เครื่องทำความเย็น ยี่ห้อ Hailea รุ่น HS-66A
7) เครื่องทำความร้อนสำหรับตู้ปลา ยี่ห้อ RS Electrical รุ่น RS-7008
8) เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปร ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI98194
9) เครื่องสเปกโตรโฟ โตมิเตอร์ ยี่ห้อ Hach รุ่น DR-1900
10) ชุดอุปกรณ์เลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำระบบน้ำไม่ไหล
11) ชุดอุปกรณ์เลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำระบบน้ำไหล
12) ถาดพลาสติก 20×32×13 เซนติเมตร
13) ปากคีบปลายแหลม และปลายมน
14) ภาชนะพลาสติกมีฝาปิด
15) แว่นขยาย
16) สวิงด้ามยาว ขนาดตาข่ายเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร
17) อุปกรณ์สำหรับการไตเตรท

3.1.2 สารเคมี

1) สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ค่า สำหรับเครื่อง Hach spectrophotometer
   - แอมโมเนีย
   - ไนไตรท์
   - ไนเตรท
   - ออโธฟอสเฟต
2) แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

การดำเนินการวิจัยได้ขออนุญาตดำเนินการวิจัยจากคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ สถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่รับรองโครงการ 62 01 04 003 โดยการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การสำรวจความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และการศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

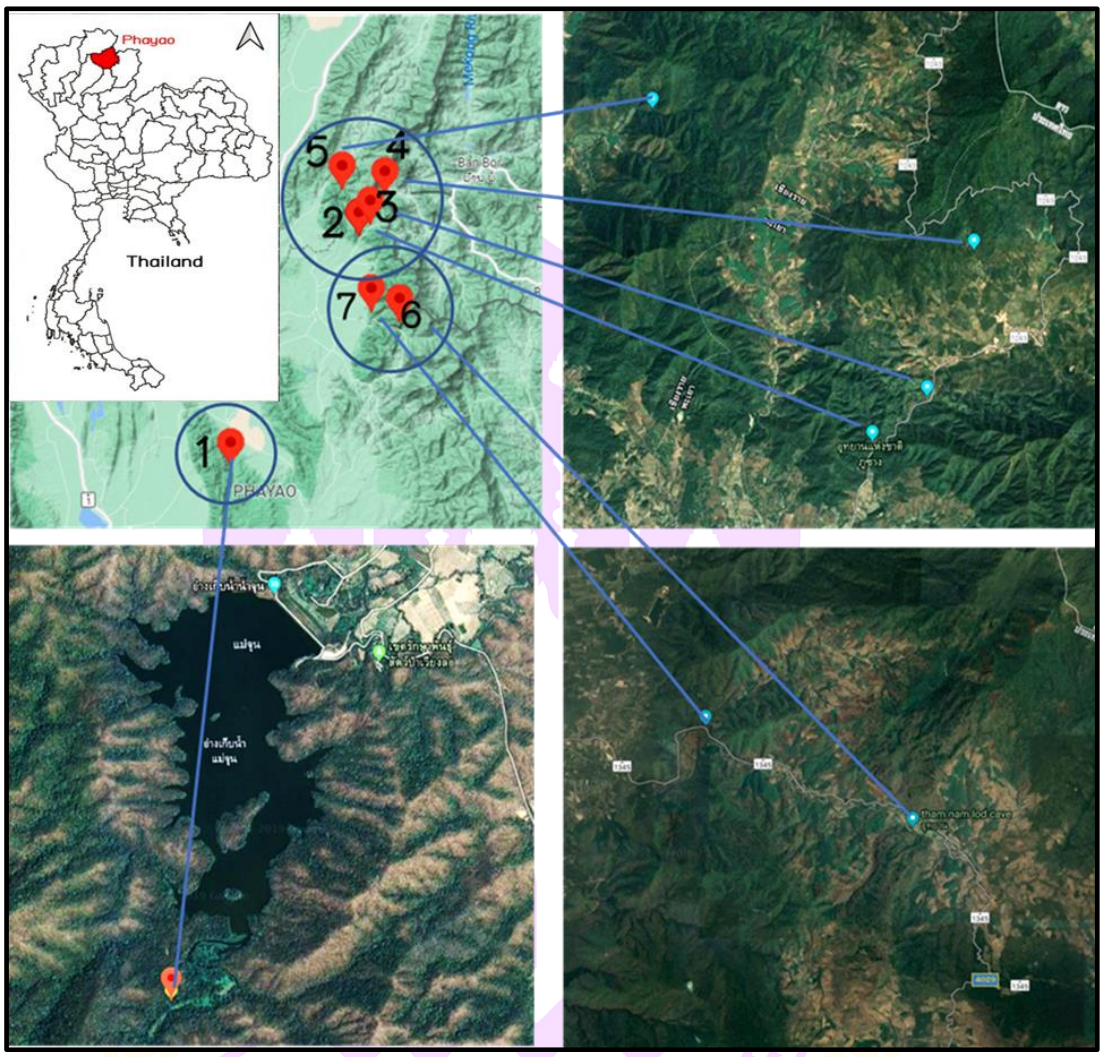
3.2 การสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

3.2.1 พื้นที่การศึกษา

สถานที่ศึกษาการสำรวจความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมสำหรับนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ กำหนดบริเวณลำธารน้ำไหลหรือน้ำตก ลักษณะพื้นท้องน้ำ เป็นก้อนหินหลายขนาด กรวด ทราย และมีตะกอนดิน ลำธารที่ศึกษาต้องมีน้ำไหลตลอดปี นอกจากนั้นให้เป็นบริเวณ ที่มีการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ไม่มาก โดยกำหนด สถานีเก็บตัวอย่าง ได้จำนวน 7 จุด ในจังหวัดพะเยา ดังนี้ (ตาราง 1) (ภาพ 5 และ 6)

ตาราง 1 สถานีเก็บตัวอย่าง ในเขตเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และเขตอุทยานแห่งชาติภูซาง

สถานี	ตำแหน่ง	พิกัด (UTM)
1	ห้วยแม่จุน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ	19.262213, 100.142002
2	น้ำเปื๋อย อุทยานแห่งชาติภูซาง	19.665495, 100.377062
3	น้ำเปื๋อยส่วนต้น อุทยานแห่งชาติภูซาง	19.674403, 100.388941
4	ห้วยโป่งผา อุทยานแห่งชาติภูซาง	19.703379, 100.399061
5	ห้วยทรายกาด อุทยานแห่งชาติภูซาง	19.731286, 100.329505
6	น้ำญวนส่วนต้น อุทยานแห่งชาติภูซาง	19.500699, 100.450431
7	น้ำญวน ห้วยปุ้ม อุทยานแห่งชาติภูซาง	19.521540, 100.406946



ภาพ 5 สถานีเก็บตัวอย่าง 7 จุด บริเวณเขตรักษาเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอและอุทยานแห่งชาติภูซาง จ.พะเยา

หมายเหตุ: 1 = ห้วยแม่จุน, 2 = น้ำเปื่อย, 3 = น้ำเปื่อยส่วนต้น, 4 = ห้วยโป่งผา, 5 = ห้วยทรายกาด, 6 = น้ำญวนส่วนต้น, 7 = น้ำญวน ห้วยปุ้ม

ภาพ 6 สภาพพื้นที่สถานีเก็บตัวอย่างสำรวจความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำ

หมายเหตุ: ก = ห้วยแม่จุน, ข = น้ำเปื๋อย, ค = น้ำเปื่อยส่วนต้น, ง = ห้วยโป่งผา,
จ = ห้วยทรายกาด, ฉ = น้ำญวนส่วนต้น, ช = น้ำญวน ห้วยปุ้ม

3.2.2 การเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำ

เก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำในระยะตัวอ่อน ดักแด้ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเชิงคุณภาพ (qualitative method) โดยเก็บให้ครอบคลุมแหล่งที่อยู่อาศัย ได้แก่ ที่อยู่กับดินกรวดทรายบริเวณพื้นลำธารเก็บด้วยวิธีการเตะสุ่ม (kick sampling) และดักช้อนด้วยกระชอนและสวิงที่มีขนาดตาไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร เก็บบริเวณก้อนหินและเศษกิ่งไม้ในน้ำ เก็บจากเศษใบไม้ ที่ทับถม (leaf litter) รวมถึงบริเวณพันธุ์ไม้ที่บริเวณข้างริมลำธาร (riparian vegetation) ด้วยวิธีการคีบ (picking method) โดยเก็บจากทั้ง 7 สถานีสำรวจในเดือนตุลาคม 2562 เดือนมกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 รวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง กำหนดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างในแต่ละแหล่งอาศัยประมาณ 15 นาที กำหนดความยาวของลำธารในการเก็บตัวอย่าง 50 เมตร จัดเก็บตัวอย่างที่ได้บรรจุลงในขวดที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% เพื่อทำการจัดจำแนกในห้องปฏิบัติการในระดับวงศ์ (Family) สังเกตลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ แหล่งน้ำพร้อมทั้งถ่ายภาพจุดเก็บตัวอย่างและลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างตัวอ่อนที่จัดเก็บนำมาคัดแยกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด Stereo microscope โดยพิจารณาจากลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏตามวิธีการของ Wiggins (1996) Dudgeon (1999) และ Yule and Yong (2004) และบันทึกจำนวนตัวที่พบ

3.2.3 การศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ทุกครั้งก่อนทำการเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ (water temperature) อุณหภูมิอากาศ (air temperature) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity: EC) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (total dissolved solids: TDS) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (dissolved oxygen: DO) โดยทำการตรวจวัดแต่ละปัจจัยจำนวน 3 ซ้ำ (ตารางที่ 2) เก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณที่เก็บตัวอย่างแมลงน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 ลิตร ใส่ขวดพลาสติก ชนิด HDPE (High density polyethylene) และเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย–ไนโตรเจน (NH_3–N) ไนเตรท–ไนโตรเจน (NO_3^-–N) ไนไตรท์–ไนโตรเจน(NO_2^-–N) ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ตามวิธีการของ American public health association (APHA, 1992) ในห้องปฏิบัติการ (ตาราง 2)

ตาราง 2 วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	หน่วยที่ใช้	อุปกรณ์/วิธีการวิเคราะห์
1. อุณหภูมิน้ำ	°C	Multiparameter Hanna รุ่น HI98194
2. อุณหภูมิอากาศ	°C	Multiparameter Hanna รุ่น HI98194
3. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ	mg/L	Multiparameter Hanna รุ่น HI98194
4. ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ	µS/cm	Multiparameter Hanna รุ่น HI98194
5. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ	–	Multiparameter Hanna รุ่น HI98194
6. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ	mg/L	Multiparameter Hanna รุ่น HI98194
7. แอมโมเนีย–ไนโตรเจน (NH_4^+–N)	mg/L	Nessler Method (HACH Spectrophotometer DR–1900)
8. ไนเตรท–ไนโตรเจน (NO_3^-–N)	mg/L	Cadmium Reduction Method (HACH Spectrophotometer DR–1900)
9. ไนไตรท์–ไนโตรเจน (NO_2^-–N)	mg/L	Diazotization Method (HACH Spectrophotometer DR–1900)
10. ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-})	mg/L	Ascorbic acid Method (HACH Spectrophotometer DR–1900)

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลตามดัชนีความหลากหลายต่างๆ ได้แก่ ความมากชนิด (Species richness) ดัชนีความหลากหลายของแชนนอนวีเนอร์ (Shannon's diversity index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (evenness index) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

3.3 การศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

การศึกษารูปแบบการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในห้องปฏิบัติการนี้ทำโดยเลือกตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* วงศ์ Odontoceridae ซึ่งเป็นตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีการสร้างปลอกแบบเคลื่อนที่ได้ (portable case–making) ตัวอ่อนมีการสร้างปลอกจากหิน กรวด หรือทราย นำมาศึกษารูปแบบการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในห้องปฏิบัติการต่อไป โดยมีขั้นตอนและวิธีการต่างๆ ดังนี้

3.3.1 การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีขนาดความยาวของปลอกไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร ที่คัดเลือกมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ นำมาอนุบาลเพื่อรอทำการศึกษาในอุปกรณ์ฟักไข่ปลานิล (ภาพ 7) เป็นเวลา 5 วัน ให้อาหารทุกวันด้วยอาหารปลาดุกขนาดเล็กบดละเอียด วันละ 1 ครั้ง ในเวลา 09.00 น.

ภาพ 7 ถาดฟักไข่ปลานิลที่ใช้ในการพักตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำก่อนนำมาทดลอง

จากนั้นจึงนำตัวอ่อนไปทำศึกษาตามรูปแบบที่กำหนดไว้ โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อยดังนี้

3.3.2 การวางแผนการทดลอง และสภาวะทดลอง

การทดลองย่อยที่ 1: ศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ

<u>การวางแผนการทดลอง</u>

การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบ Independent t-test แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง (treatments) คือ เลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replications) แต่ละซ้ำใช้ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำจำนวน 30 ตัว

สภาวะทดลอง

เริ่มทำการศึกษาในเดือนสิงหาคม 2563 โดยเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในถาดพลาสติกขนาด 20×32×13 เซนติเมตร พื้นถาดใช้กรวดทรายจากแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติผ่านการล้างขัดทำความสะอาดปูรองก้นให้มีความหนา 1 เซนติเมตร (ภาพ 8 ก) โดยแบ่งสภาวะทดลองเป็นแบบน้ำไหล และน้ำไม่ไหล ดังนี้

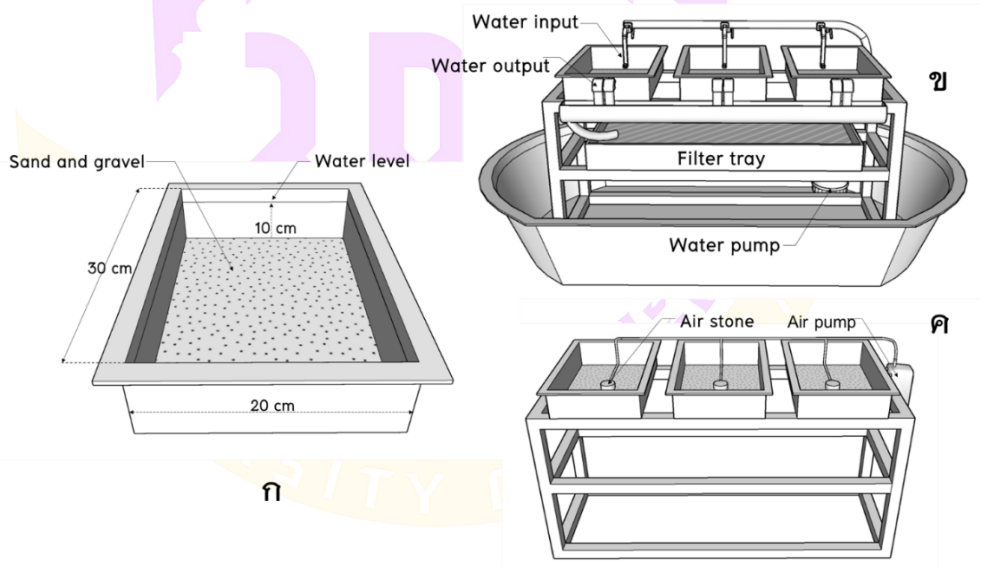
ชุดการทดลองที่ 1 การเลี้ยงในสภาวะน้ำไหล

ทำการเลี้ยงในชุดเลี้ยงที่ออกแบบให้ทางน้ำเข้าและทางน้ำออกอยู่ตรงข้ามกันของถาดเลี้ยง และใช้ปั๊มน้ำที่สามารถปั๊มน้ำได้ไม่น้อยกว่า 2,700 ลิตรต่อชั่วโมง เป็นอุปกรณ์ช่วยให้น้ำไหลตลอดเวลาที่ทดลอง (ภาพ 8 ข)

ชุดการทดลองที่ 2 การเลี้ยงในสภาวะน้ำไม่ไหล

ไม่มีการไหลเข้าออกของน้ำ แต่มีการให้อากาศผ่านหัวทรายที่ต่อกับเครื่องให้อากาศสำหรับเลี้ยงปลาสวยงาม (ภาพ 8 ค)

ทั้ง 2 ชุดการการทดลองให้อาหารทุกวันด้วยอาหารปลาดุกขนาดเล็กบดละเอียด ในปริมาณครั้งละ 0.5 กรัม ทั้ง 2 ชุดการทดลอง วันละ 1 ครั้ง ในช่วงเวลา 09.00 น.



ภาพ 8 ระบบสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* (ก) ถาดเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ, (ข) ระบบเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในสภาวะน้ำไหล และ (ค) ระบบเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในสภาวะน้ำไม่ไหล

การศึกษาย่อยที่ 2: อิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ

การวางแผนการทดลอง

ในการศึกษาอิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในห้องปฏิบัติการ การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Designs: CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำจำนวน 30 ตัว โดยเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำด้วยอาหารต่างกัน 3 ชนิด ดังนี้

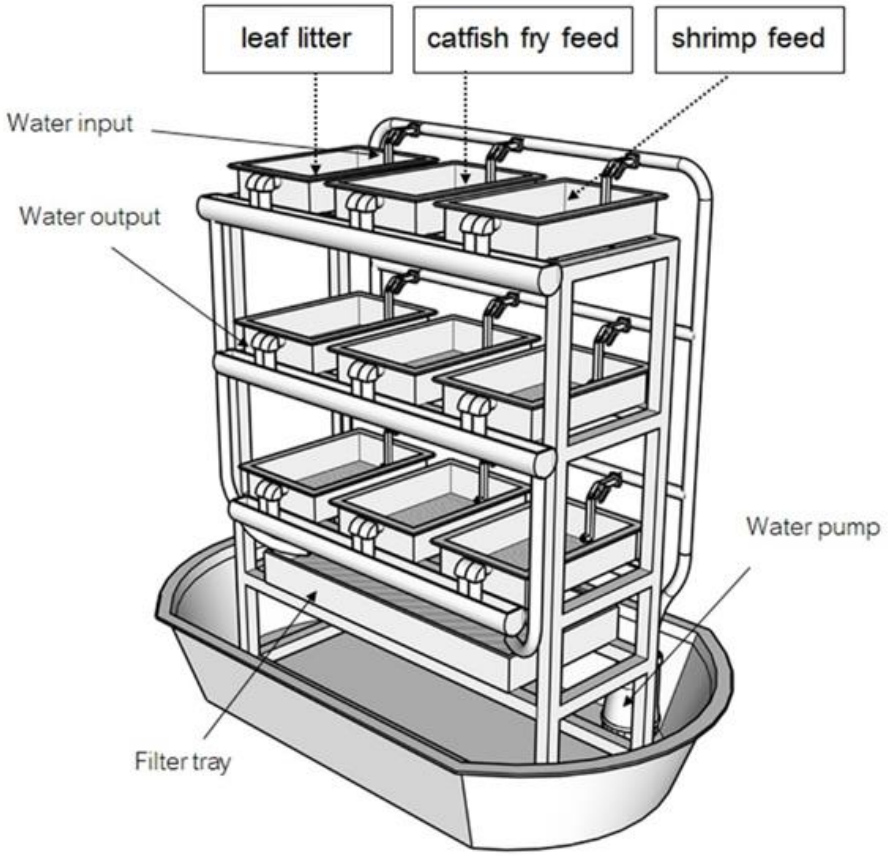
ชุดการทดลองที่ 1 เศษซากใบไม้จากแหล่งอาศัยตามธรรมชาติ (leaf litter: LL)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารปลาดุกขนาดเล็กบดละเอียด (catfish fry feed: CFF)

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารกุ้งเล็กบดละเอียด (shrimp feed: SF)

สภาวะทดลอง

เริ่มการทำการศึกษาในเดือนพฤศจิกายน 2563 โดยเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในถาดพลาสติกขนาด 20×32×13 เซนติเมตร พื้นถาดใช้กรวดทรายจากแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติผ่านการล้างขัดทำความสะอาดปูรองก้นให้มีความหนา 1 เซนติเมตร ใช้ระบบน้ำไหลตลอด วางถาดเลี้ยงเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 3 ถาด (ภาพ 9) ให้อาหารตามแผนการทดลองที่วางไว้ โดยชุดการทดลองที่ให้เศษซากใบไม้จากแหล่งอาศัยตามธรรมชาติเป็นอาหารจะใส่เศษซากใบไม้ไว้ในถาดเลี้ยงปริมาณ 2 กรัม (เนื่องจากมีความชื้น) สำหรับชุดการทดลองที่ให้อาหารปลาดุกขนาดเล็กบดละเอียด และอาหารกุ้งบดละเอียด ให้ปริมาณถาดละ 0.5 กรัม วันละ 1 ครั้ง เวลา 09:00 น.



ภาพ 9 ระบบเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ด้วยระบบน้ำไหล

การศึกษาย่อยที่ 3: อิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ

<u>การวางแผนการทดลอง</u>

ในการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการการศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Designs: CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำจำนวน 30 ตัว โดยเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำภายใต้อุณหภูมิที่ต่างกัน 3 ระดับ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 2 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 3 อุณหภูมิห้อง

สภาวะทดลอง

เริ่มการทำการศึกษาในเดือนมิถุนายน 2564 โดยเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในถาดพลาสติกขนาด 20×32×13 เซนติเมตร พื้นถาดใช้กรวดทรายจากแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติผ่านการล้างขัดทำความสะอาดปูรองก้นให้มีความหนา 1 เซนติเมตร ใช้ระบบน้ำไหลตลอดแบบการศึกษาย่อยที่ 1 (ภาพ 8ข) โดยชุดการทดลองที่ 1 ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องทำความเย็น ยี่ห้อ Hailea รุ่น HS-66A ชุดการทดลองที่ 2 ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องทำความร้อนสำหรับตู้ปลา ยี่ห้อ RS Electrical รุ่น RS-7008 และชุดการทดลองที่ 3 ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ทั้ง 3 ชุดการการทดลองให้อาหารทุกวันด้วยอาหารปลาดุกขนาดเล็กบดละเอียด ในปริมาณครั้งละ 0.5 กรัม ทั้ง 3 ชุดการทดลอง วันละ 1 ครั้ง ในช่วงเวลา 09.00 น.

3.3.3 การเก็บบันทึกข้อมูล

ในระหว่างทำการศึกษาทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในทุกๆการทดลองย่อยดังนี้

อัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอด

ทำการวัดขนาดความยาวปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทุกตัวด้วยอุปกรณ์วัดความยาว เวอร์เนียคาลิปเปอร์แบบดิจิตอล (vernier caliper) รวมถึงตรวจสอบการเคลื่อนที่เพื่อยืนยันการมีชีวิต สัปดาห์ละ 1 ครั้ง จนครบ 4 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้ไปใช้คำนวณหาความยาวที่เพิ่มขึ้น และอัตรารอด ซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

ความยาวที่เพิ่มขึ้น (length gain)

= ความยาวของปลอกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – ความยาวของปลอกเริ่มต้น

อัตรารอด (survival rate) %

$$= \frac{\text{จำนวนตัวอ่อนหนอนปลอกน้ำที่เหลือ}}{\text{จำนวนตัวอ่อนหนอนปลอกน้ำที่ปล่อย}} \times 100$$

คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง

ในทั้ง 3 การศึกษาย่อย ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในปัจจัยต่าง ๆ ทุกชุดการทดลอง ตั้งแต่เริ่มการทดลองทุกสัปดาห์จนสิ้นสุดการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ (water temperature) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen: DO) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปร (Hanna รุ่น HI98194)

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษาย่อยที่ 1

นำข้อมูลที่ได้ในแต่ละพารามิเตอร์มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 27

การศึกษาย่อยที่ 2 และ3

นำข้อมูลที่ได้ในแต่ละพารามิเตอร์มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 27

3.3.5 สถานที่ทำการทดลอง

ดำเนินการทดลองบริเวณพื้นที่ปฏิบัติการ อาคารศูนย์วิจัยสัตว์ทดลอง สถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

4.1.1 ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

การสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ จากจุดสำรวจ 7 สถานี ในจังหวัดพะเยา บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอได้แก่ สถานีที่ 1 ห้วยแม่จุน และบริเวณอุทยานแห่งชาติภูซาง ได้แก่ สถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย สถานีที่ 3 น้ำเปื๋อยส่วนต้น สถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา สถานีที่ 5 ห้วยทรายกาด สถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น และสถานีที่ 7 น้ำญวนห้วยปุ้ม โดยรวบรวมตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเดือนตุลาคม 2562 และเดือนมกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 รวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง สามารถจัดจำแนกในระดับวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำพี่พบในการสำรวจได้จำนวน 13 วงศ์ รวมทั้งสิ้น 2,795 ตัว พบจำนวนตัวมากสุดในวงศ์ Hydropsychidae (1,464 ตัว) โดยพบสูงสุดในทุกสถานีสำรวจจากทั้ง 7 สถานี รองลงมาได้แก่ วงศ์ Odontoceridae (431 ตัว) วงศ์ Philopotamidae (316 ตัว) วงศ์ Leptoceridae (167 ตัว) วงศ์ Goeridae (147 ตัว) วงศ์ Calamoceratidae (102 ตัว) วงศ์ Stenopsychidae (72 ตัว) วงศ์ Lepidostomatidae (33 ตัว) วงศ์ Glossosomatidae (20 ตัว) วงศ์ Rhyacophilidae (13 ตัว) วงศ์ Dipseudopsidae (12 ตัว) วงศ์ Ecnomidae (12 ตัว) และวงศ์ Polycentropodidae (6 ตัว) ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และภาพ 10)

เปรียบเทียบจำนวนวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในแต่ละสถานี พบจำนวนวงศ์มากที่สุดใน สถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย และสถานีที่ 5 ห้วยทรายกาด (10 วงศ์) รองลงมาคือ สถานีที่ 3 น้ำเปื๋อยส่วนต้น และสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา (9 วงศ์) สถานีที่ 7 น้ำญวน ห้วยปุ้ม อุทยานแห่งชาติน้ำตกภูซาง (8 วงศ์) และสถานีที่พบความหลากหลายในระดับวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำน้อยที่สุด คือ สถานีที่ 1 น้ำแม่จุน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และสถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น อุทยานแห่งชาติภูซาง (7 วงศ์) ตามลำดับ (ตาราง 3 และภาพ 11) โดยตัวอ่อนในวงศ์ Calamoceratidae, Hydropsychidae และ Odontoceridae สามารถพบได้ในทุกสถานีสำรวจ

เมื่อเปรียบเทียบการแพร่กระจายตัวระดับวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในแต่ละฤดูกาล เดือนตุลาคม (ฤดูหนาว) เดือนมกราคม (ฤดูหนาว) เดือนเมษายน (ฤดูร้อน) และเดือนกรกฎาคม (ฤดูฝน) พบว่า ในเดือนมกราคม (ฤดูหนาว) จะพบความหลายหลายระดับวงศ์สูงสุดในทุกสถานี โดยพบสูงสุดในสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา และ 5 ห้วยทรายกาด (9 วงศ์) และจะพบความหลากหลายระดับวงศ์ต่ำสุด เดือน เมษายน (ฤดูร้อน) ในเกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น ที่พบความความหลากหลายระดับวงศ์ต่ำสุดในเดือน ตุลาคม (3 วงศ์) (ภาพ 12)

จากตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่พบในการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 7 สถานี สามารถแบ่งออกตามประเภทของการสร้างปลอกได้ 3 กลุ่มดังนี้คือ กลุ่มที่สร้างปลอกหุ้มตัวจากวัสดุต่าง ๆ เช่น หิน กรวด กิ่งไม้ใบไม้ (case-making caddisflies) พบ 7 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Calamoceratidae, Stenopsychidae, Lepidostomatidae และ Glossosomatidae กลุ่มที่สร้างเส้นใยเป็นปลอกห่อหุ้มตัว (net-spinning caddisflies) พบ 5 วงศ์ได้แก่ วงศ์ Hydropsychidae, Philopotamidae, Ecnomidae Dipseudopsidae, Polycentropodidae และกลุ่มที่อยู่อาศัยแบบอิสระ (free-living caddisflies) พบ 1 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Rhyacophilidae (ตาราง 4)

เมื่อพิจารณาตามลักษณะการสร้างปลอกและปริมาณการพบเจอตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ดังนั้นจึงเลือกใช้ตัวอ่อน วงศ์ Odontoceridae ชนิด *Marilia sumatrana* ในการศึกษา รูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ เนื่องจากตัวอ่อนของแมลงปลอกน้ำชนิดนี้พบเจอได้จากทุกสถานีสำรวจ อีกทั้งยังมีการสร้างปลอกด้วยกรวดทรายที่เล็กและมีขนาดใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นลักษณะที่มีความเฉพาะตัวและโดดเด่น อีกทั้งยังมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเป็นเครื่องประดับได้ต่อไปในอนาคต

4.1.2 ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ ดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอ

– ดัชนีความหลากหลาย (Shannon's index)

จากข้อมูลจำนวนในระดับวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่ได้จากการสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ จากจุดสำรวจ 7 สถานี ในจังหวัดพะเยา โดยรวบรวมตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเดือนตุลาคม 2562 เดือนมกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากชนิด ในแต่ละสถานี พบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.93 – 1.90 สถานีที่มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุดคือ สถานีที่ 4

ห้วยโป่งผา มีค่า 1.90 รองลงมาคือสถานีที่ 2, 1, 5, 3, 7 และ 6 มีค่าเท่ากับ 1.55, 1.32, 1.30, 1.26, 1.19 และ 0.93 ตามลำดับ (ตาราง 5)

– ดัชนีความมากชนิด (richness index)

จากข้อมูลจำนวนในระดับวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่ได้จากการสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ จากจุดสำรวจ 7 สถานี ในจังหวัดพะเยา โดยรวบรวมตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเดือน ตุลาคม 2562 เดือน มกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความมากชนิดในแต่ละสถานี พบมีค่าอยู่ระหว่าง 3.50 – 2.27 สถานีที่มีค่าดัชนีความมากชนิดสูงสุดคือ สถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา มีค่า 3.50 รองลงมาคือสถานีที่ 2, 5, 3, 7, 1 และ 6 มีค่าเท่ากับ 3.42, 3.25, 3.04, 2.71, 2.56 และ 2.27 ตามลำดับ (ตาราง 5)

– ดัชนีความสม่ำเสมอ (evenness index)

จากข้อมูลจำนวนในระดับวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่ได้จากการสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ จากจุดสำรวจ 7 สถานี ในจังหวัดพะเยา ได้แก่ โดยรวบรวมตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเดือน ตุลาคม 2562 เดือน มกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสม่ำเสมอในแต่ละสถานี พบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.86 – 0.48 27 สถานีที่มีค่าดัชนีความสม่ำเสมอสูงสุดคือ สถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา มีค่า 0.86 รองลงมาคือสถานีที่ 1, 2, 3, 7, 5 และสถานีที่ 6 ตามลำดับ 0.68, 0.67, 0.57, 0.57, 0.56 และ 0.48 ตามลำดับ (ตาราง 5)

ตาราง 3 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (อันดับไทรคอบเทอร่า) ที่พบในแต่ละสถานีระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

stations	month	Family													total /month	total
		Ca	Di	Ec	Gl	Go	Hy	Lei	Let	Od	Ph	Po	Rh	St		
1	October				1		34	3	9	2	10				6	7
	January	14					47	6	13	2	47				6	
	April						41	3	4	1	28				5	
	July	3					43		2	2	25				5	
2	October			1			26		3	14	4	6		3	7	10
	January	12	6			1	51		4	13	33			8	8	
	April						30		3	26	47			1	5	
	July	11	4				63			17	41			1	6	
3	October						37		26	11	5			3	5	9
	January	9	2		1	1	61		30	17				1	8	
	April						29		14	10				4	4	
	July	10					119		16	22				4	5	
4	October				1		21	4	19	9	8		4		7	9
	January	7		1	15		13	2	11	21	3		9		9	
	April						4	2		7	2				4	
	July	5					14			9	2				4	

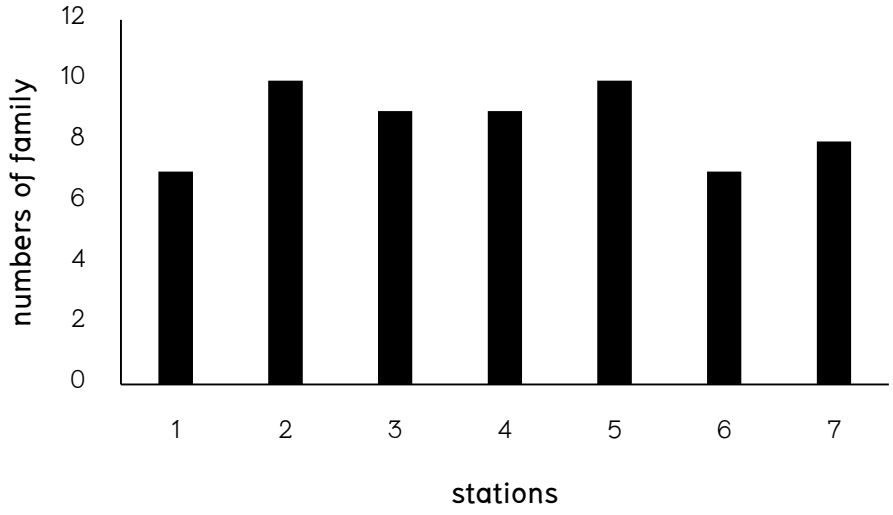
ตาราง 3 (ต่อ)

stations	month	Family													total /month	total
		Ca	Di	Ec	Gl	Go	Hy	Lei	Let	Od	Ph	Po	Rh	St		
5	October						47	6	2	16	14				5	10
	January	5		7	1	106	74	1	1	12	20				9	
	April					20	103	6		10	9			1	6	
	July	1					104			7	10				4	
6	October						110			15				5	3	7
	January	4		1		6	69			17	2			7	7	
	April					10	80			9	5			9	5	
	July	1					64			15	1			9	5	
7	October			1	1		50		2	34				4	6	8
	January	14		1		3	71		3	22				5	7	
	April						20		3	40				7	4	
	July	6					39		2	51					4	
total (individuals)		102	12	12	20	147	1,464	33	167	431	316	6	13	72		

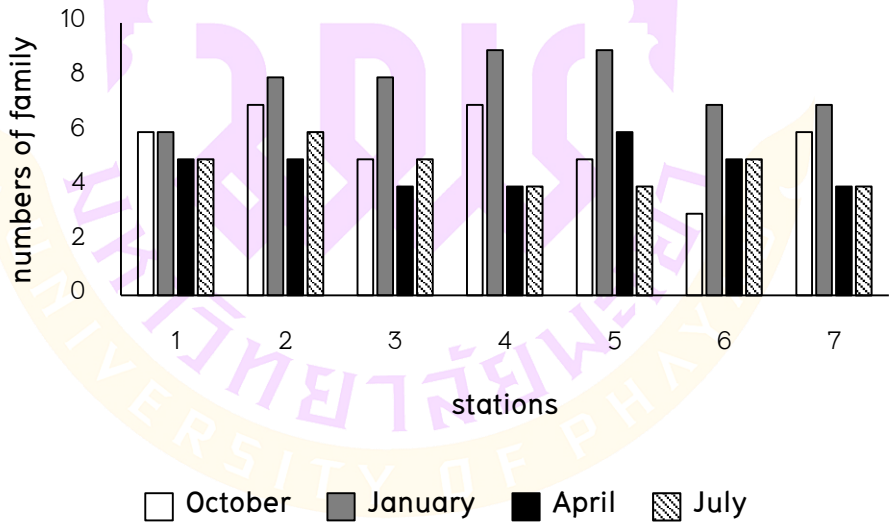
หมายเหตุ: Ca = Calamoceratidae, Di = Dipseudopsidae, Ec = Ecnomidae, Gl = Glossosomatidae, Go = Goeridae, Hy = Hydropsychidae, Lei = Lepidostomatidae, Lep = Leptoceridae, Od = Odontoceridae, Ph = Philopotamidae, Po = Polycentropodidae, Rh = Rhyacophilidae,St=Stenopsychidae

ภาพ 10 ตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนน้ำที่พบจากจุดสำรวจ 7 สถานี

หมายเหตุ: ก = Hydropsychidae, ข = Odontoceridae, ค = Philopotamidae, ง = Leptoceridae, จ = Goeridae, ฉ = Calamoceratidae, ช = Stenopsychidae, ซ = Lepidostomatidae ฌ = Glossosomatidae, ญ = Rhyacophilidae, ฏ = Dipseudopsidae, ฐ = Ecnomidae



ภาพ 11 จำนวนวงศ์รวมของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจพบในแต่ละสถานีตลอดระยะเวลาการสำรวจ



ภาพ 12 จำนวนวงศ์รวมของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจพบในแต่ละสถานีของเดือนตุลาคม 2562 เดือน มกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563

ตาราง 4 รูปแบบการสร้างปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำแต่ละวงศ์ที่พบจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 7 สถานี

Case building	Family
Case-making caddisflies	Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Calamoceratidae, Stenopsychidae, Lepidostomatidae, Glossosomatidae
Net-spinning caddisflies	Hydropsychidae, Philopotamidae, Ecnomidae Dipseudopsidae, Polycentropodidae
Free-living caddisflies	Rhyacophilidae

ตาราง 5 ค่าดัชนีความหลากหลายดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจพบในแต่ละสถานี ของเดือนตุลาคม 2562 และ เดือนมกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563

Stations/ index	Diversity index (Shannon-Wiener index)	richness index (Margalef's index)	evenness index
1	1.32	2.56	0.68
2	1.55	3.42	0.67
3	1.26	3.04	0.57
4	1.90	3.50	0.86
5	1.30	3.25	0.56
6	0.93	2.27	0.48
7	1.19	2.71	0.57

4.1.3 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการในแต่ละสถานีที่ทำการเก็บตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563 ในสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 7 สถานี ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ ได้แก่ สถานีที่ 1 ห้วยแม่จุน และอุทยานแห่งชาติภูซาง ได้แก่ สถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย และสถานีที่ 3 น้ำเปื๋อยส่วนต้น สถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา สถานีที่ 5 ห้วยทรายกาด สถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น และสถานีที่ 7 น้ำญวนห้วยปุ้ม พบว่า ปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการในแต่ละสถานีส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันทั้งหมด ยกเว้นค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 6)

4.1.3.1 ออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)

ออกซิเจนละลายในน้ำพบมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.95±2.45 – 7.90±3.65 มิลลิกรัม/ลิตร โดยสถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย มีค่าสูงสุด (7.90±3.65 มิลลิกรัม/ลิตร) รองลงมาสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา (7.53±3.33 มิลลิกรัม/ลิตร) และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 7 น้ำญวนห้วยปุ้ม (6.95±2.45 มิลลิกรัม/ลิตร)

4.1.3.2 แอมโมเนีย–ไนโตรเจน (NH_3–N)

แอมโมเนีย–ไนโตรเจน ในน้ำพบมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.10±0.13 – 0.19±0.15 มิลลิกรัม/ลิตร โดยสถานีที่ 7 น้ำญวนห้วยปุ้ม มีค่าสูงสุด (0.19±0.15 มิลลิกรัม/ลิตร) รองลงมาสถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย (0.15±0.19 มิลลิกรัม/ลิตร) และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น (0.10±0.13 มิลลิกรัม/ลิตร)

4.1.3.3 ไนไตรท์–ไนโตรเจน (NO_2^-–N)

ไนไตรท์–ไนโตรเจน ในน้ำพบมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.01±0.00 – 0.02±0.00 มิลลิกรัม/ลิตร

4.1.3.4 ไนเตรท–ไนโตรเจน (NO_3^-–N)

ไนเตรท–ไนโตรเจน ในน้ำพบมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.36±0.03 – 0.59±0.41 มิลลิกรัม/ลิตร โดยสถานีที่ 1 ห้วยแม่จุน มีค่าสูงสุด (0.59±0.41 มิลลิกรัม/ลิตร) รองลงมาสถานีที่ 5 ห้วยทรายกาด (0.50±0.13 มิลลิกรัม/ลิตร) และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย (0.36±0.03 มิลลิกรัม/ลิตร)

4.1.3.5 ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-})

ออร์โธฟอสเฟต ในน้ำพบมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.30±0.04 – 0.39±0.09 มิลลิกรัม/ลิตร โดยสถานีที่ 5 ห้วยทรายกาด มีค่าสูงสุด

(0.39±0.09 มิลลิกรัม/ลิตร) รองลงมาสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา (0.38±0.03 มิลลิกรัม/ลิตร) และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 7 น้ำญวนห้วยปุ้ม (0.30±0.04 มิลลิกรัม/ลิตร)

4.1.3.6 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.30 – 8.72 โดยมีค่าสูงสุดในสถานีที่ 7 น้ำญวนห้วยปุ้ม (8.72) และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย (7.30)

4.1.3.7 อุณหภูมิของน้ำ (WT)

อุณหภูมิของน้ำในธรรมชาติพบมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานี มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 22.25±2.62 – 25.98±2.43 องศาเซลเซียส โดยสถานีที่ 7 น้ำญวนห้วยปุ้ม มีค่าสูงสุด (25.98±2.43 องศาเซลเซียส) รองลงมาสถานีที่ 3 น้ำเปื๋อยส่วนต้น (25.73±3.47 องศาเซลเซียส) และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา (22.25±2.62 องศาเซลเซียส)

4.1.3.8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 129.50±29.03 – 375.67±36.95 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในเกือบทุกสถานี โดยสถานีที่ 1 ห้วยแม่จุน มีค่าสูงสุด (375.67±36.95 มิลลิกรัม/ลิตร) รองลงมาสถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น (236.00±77.30 มิลลิกรัม/ลิตร) และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา (129.50±29.032 มิลลิกรัม/ลิตร)

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำในลำธารบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกรกฎาคม 2563

Stations/ factors	DO (mg/l)	NH_3 (mg/l)	NO_2^- (mg./l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg./l)	pH	WT (°C)	TDS (mg/L)
1	7.33±1.21^a	0.12±0.14^a	0.02±0.00^a	0.59±0.41^a	0.35±0.03^a	7.50-8.30	24.97±4.17^a	375.67±36.95^c
2	7.90±3.65^a	0.15±0.19^a	0.01±0.00^a	0.36±0.03^a	0.37±0.04^a	7.30-7.92	23.70±3.52^a	151.25±12.18^{ab}
3	7.33±2.61^a	0.15±0.18^a	0.01±0.00^a	0.48±0.15^a	0.35±0.02^a	7.40-7.80	25.73±3.47^a	171.75±20.85^{ab}
4	7.53±3.33^a	0.12±0.14^a	0.01±0.00^a	0.44±0.12^a	0.38±0.03^a	7.50-8.29	22.25±2.62^a	129.50±29.03^a
5	7.45±3.44^a	0.12±0.18^a	0.02±0.00^a	0.50±0.13^a	0.39±0.09^a	8.10±8.40	23.33±3.58^a	149.50±25.62^{ab}
6	7.10±2.71^a	0.10±0.13^a	0.02±0.00^a	0.48±0.05^a	0.36±0.06^a	7.52±7.91	24.73±2.36^a	236.00±77.30^b
7	6.95±2.45^a	0.19±0.15^a	0.02±0.00^a	0.46±0.06^a	0.30±0.04^a	7.90-8.72	25.98±2.43^a	165.50±57.88^{ab}
F- value	0.044	0.143	0.595	0.666	0.227	-	0.717	12.881*

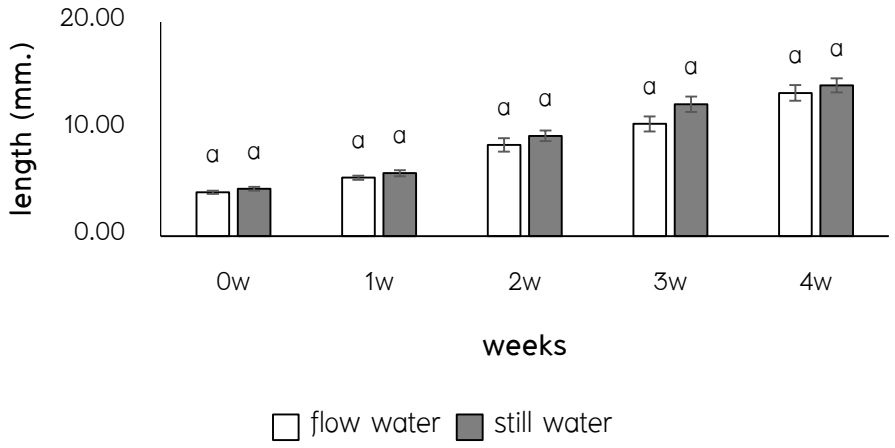
หมายเหตุ: $^{a-c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$ (One-Way ANOVA, Duncan's)

DO = dissolved oxygen, NH_3 = ammonia, NO_2^- = nitrite, NO_3^- = nitrate, PO_4^{3-} = orthophosphate, WT = water temperature และ TDS = total dissolve solid

4.2 ผลการศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

4.2.1 การศึกษาย่อยที่ 1 ศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M.sumatrana* ในสภาวะน้ำไหล และน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ

การเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในสภาวะน้ำไหล และน้ำไม่ไหลที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหล และน้ำไม่ไหล มีความยาวปลอกเพิ่มขึ้นในทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง แต่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ภาพ 13) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยความยาวปลอกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (final length) และค่าเฉลี่ยความยาวปลอกที่เพิ่มขึ้น (length gain) ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไม่ไหลมีค่าสูงกว่าที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหลเล็กน้อย ($p > 0.05$) สำหรับอัตรารอดของแมลงหนอนปลอกน้ำในการศึกษานี้ พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหลมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไม่ไหลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 7)



ภาพ 13 ความยาวปลอกของตัวอ่อนหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล ตลอดการศึกษา

ตาราง 7 การเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหล และน้ำไม่ไหล

Indicator	Treatments		P-Value
	Flow water	Still water	
Initial length (mm)	4.10 ± 0.15[a]	4.42 ± 0.18[a]	0.36
Final length (mm)	13.37 ± 0.73[a]	14.07 ± 0.66[a]	0.42
Length gain (mm)	8.83 ± 1.13[a]	9.27 ± 1.05[a]	0.85
Survival rate (%)	91.11 ± 2.12[a]	80.00 ± 2.85[b]	0.04

หมายเหตุ: [a–b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการในทั้ง 2 ชุดการทดลอง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วงดังนี้ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 9.00–9.18 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 7.50–8.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 1115–1327 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) 528–663 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิน้ำ (T) 25.57–27.14 องศาเซลเซียส (ตาราง 8)

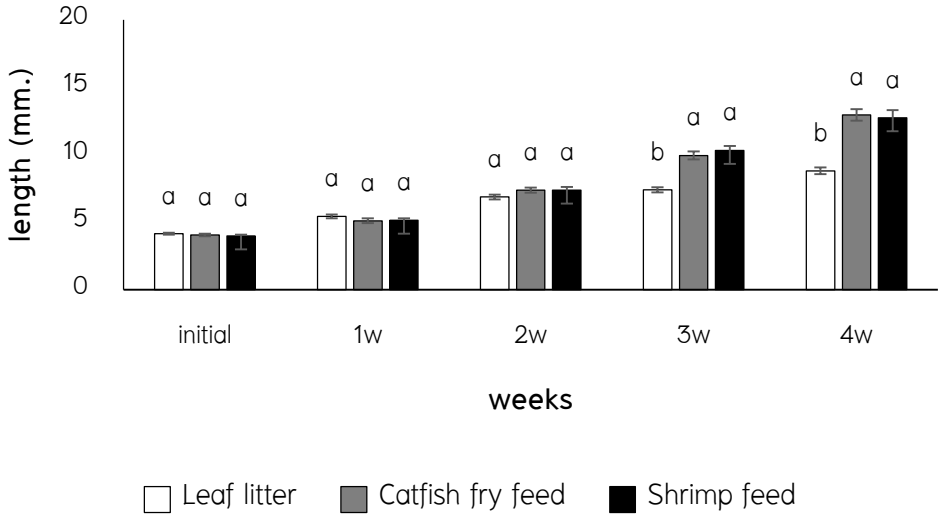
ตาราง 8 คุณภาพทางกายกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการ ตลอดการทดลองเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ

Treatments	Parameters (min – max)				
	pH	DO (mg/l)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	T (°C)
Flow water	9.10–9.18	7.50–8.50	1115–1327	557–663	25.69–27.14
Still water	9.00–9.15	7.50–8.50	1158–1223	528–583	25.57–26.42

จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองความยาวของปลอกในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามตัวอ่อนที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหลมีอัตรารอดสูงกว่าในสภาวะน้ำไม่ไหลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นในการศึกษาย่อยที่ 2 และ 3 จะใช้ระบบน้ำไหลในการทดลองต่อไป

4.2.2 การศึกษาย่อยที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาอิทธิพลของอาหารต่างชนิด (เศษซากใบไม้ อาหารลูกปลาดุกบดละเอียด และอาหารกุ้งบดละเอียด) ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 – 2 ปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในทุกชุดการทดลองมีขนาดเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองแต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของการเลี้ยง พบว่า ความยาวปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกบดละเอียด (9.96 ± 0.29, 12.96 ± 0.42 มิลลิเมตร) และชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งบดละเอียด (10.33 ± 0.34, 12.74 ± 0.58 มิลลิเมตร) มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยเศษซากใบไม้ (7.40 ± 0.12, 8.82 ± 0.25 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ให้ผลสอดคล้องกับค่าความยาวปลอกที่เพิ่มขึ้น พบว่า ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เลี้ยงด้วยอาหารลูกปลาดุกบดละเอียด (8.93 ± 0.69 มิลลิเมตร) และอาหารกุ้งบดละเอียด (8.73 ± 0.17 มิลลิเมตร) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยเศษซากใบไม้ (4.47 ± 0.28 มิลลิเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพ 14 และ ตาราง 9) สำหรับอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ตาราง 9)



ภาพ 14ความยาวปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงด้วย เศษซากใบไม้ (leaf litter) อาหารลูกปลาดุกบดละเอียด (catfish fry feed) และอาหารกุ้งบดละเอียด (shrimp feed) ตลอดการศึกษา

ตาราง 9 การเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงด้วย เศษซากใบไม้ (leaf litter) อาหารลูกปลาดุกบดละเอียด (catfish fry feed) และอาหารกุ้งบดละเอียด (shrimp feed)

Indicator	Treatments			P–Value
	Leaf litter	Catfish fry feed	Shrimp feed	
Initial length (mm)	4.16 ± 0.77^{a}	4.07 ± 0.10^{a}	3.99 ± 0.11^{a}	0.44
Final length (mm)	8.82 ± 0.25^{b}	12.96 ± 0.42^{a}	12.74 ± 0.56^{a}	0.00
Length gain (mm)	4.47 ± 0.28^{b}	8.93 ± 0.69^{a}	8.73 ± 0.17^{a}	0.00
Survival rate (%)	91.67 ± 8.33^{a}	95.00 ± 2.89^{a}	91.67 ± 4.41^{a}	0.89

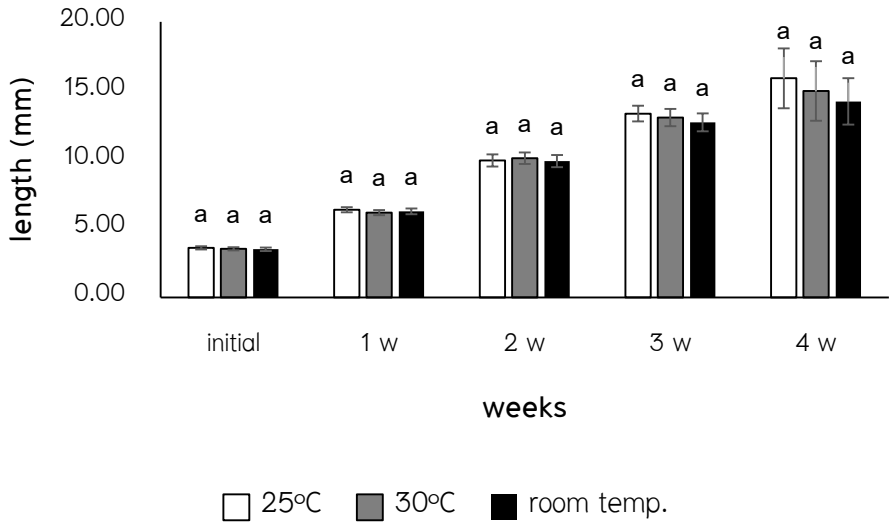
หมายเหตุ: $^{a–b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการในทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วงดังนี้ ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.47–7.78 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 8.55–8.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้า 847–1248 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตรปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 424–624 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิน้ำ 19.40–22.33 องศาเซลเซียส

จากผลการศึกษาย่อยที่ 2 พบว่าตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารลูกปลาดุกบดละเอียดมีความยาวของปลอกสูงสุด ดังนั้นจะใช้อาหารลูกปลาดุกบดละเอียดในการศึกษาย่อยที่ 3 ต่อไป

4.2.3 การศึกษาย่อยที่ 3 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกัน (25, 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง) ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ปลอกของตัวอ่อนในแต่ละชุดการทดลองมีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละสัปดาห์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 4 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยความยาวของปลอกสูงสุด รองลงมาคือ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ (15.91 ± 2.18, 14.99 ± 2.16 และ 14.23 ± 1.67 มิลลิเมตร) สำหรับอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เลี้ยงด้วยอุณหภูมิต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ภาพ 15 และ ตาราง 10)



ภาพ 15 ความยาวปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงในอุณหภูมิ 25, 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศ ตลอดการศึกษา

ตาราง 10 การเจริญเติบโตและอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่เลี้ยงภายใต้อุณหภูมิ 25, 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ตลอดการศึกษา

Indicator	Treatments			P-Value
	25°C	30°C	room temp	
Initial length (mm)	3.60 ± 0.12[a]	3.54 ± 0.11[a]	3.51 ± 0.12[a]	0.85
Final length (mm)	15.91 ± 2.18[a]	14.99 ± 2.16[a]	14.23 ± 1.67[a]	0.82
Length gain (mm)	12.40 ± 1.75[a]	11.45 ± 2.05[a]	10.75 ± 2.06[a]	0.74
Survival rate (%)	98.33 ± 1.66[a]	98.33 ± 1.66[a]	96.66 ± 1.66[a]	0.73

หมายเหตุ: [a–b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการในทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงดังนี้ ความเป็นกรดเป็นด่าง 8.75–8.95 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 6.40–7.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้า 952–1818 โมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ปริมาณของแข็งที่

ละลายได้ทั้งหมด 476–909 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิน้ำ 25.10–30.18 องศาเซลเซียส ในระหว่างการทดสอบสามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ได้ตามที่กำหนดไว้ (ตาราง 11)

ตาราง 11 คุณภาพทางกายกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการตลอดการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ

Treatments	Parameters (min – max)				
	pH	DO (mg/l)	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	T (°C)
25°c	8.80 – 8.91	7.1 – 7.5	1634 – 1818	817 – 909	25.10 – 25.29
30 °c	8.82 – 8.95	6.4 – 7.0	1030 – 1158	515 – 576	29.91 – 30.18
room temp	8.75 – 8.93	7.1 – 7.4	952 – 1052	476 – 526	25.10 – 29.60

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

การสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ จากจุดสำรวจ 7 สถานี ในจังหวัดพะเยา โดยรวบรวมตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเดือนตุลาคม 2562 เดือน มกราคม เมษายน และกรกฎาคม 2563 รวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง จัดจำแนกในระดับวงศ์ได้จำนวน 13 วงศ์ รวมทั้งสิ้น 2,795 ตัว ตัวอ่อนในวงศ์ Hydropsychidae พบจำนวนตัวมากสุดในทุกสถานี และวงศ์ที่พบจำนวนตัวน้อยสุด คือ วงศ์ Polycentropodidae พบจำนวนวงศ์มากที่สุดใน สถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย และสถานีที่ 5 ห้วยทรายกาด (10 วงศ์) และต่ำสุดในสถานีที่ 1 ห้วยแม่จุน และสถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น (7 วงศ์) เดือนมกราคม (ฤดูหนาว) จะพบความหลายหลายระดับวงศ์สูงสุด ในทุกสถานี โดยพบสูงสุดในสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา อุทยานแห่งชาติภูซาง และสถานีที่ 5 ห้วยทรายกราด อุทยานแห่งชาติภูซาง (9 วงศ์) และจะพบความหลากหลายระดับวงศ์ต่ำสุด เดือน เมษายน (ฤดูร้อน) ในเกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานีที่ 6 ที่พบความความหลากหลายระดับวงศ์ต่ำสุดในเดือน ตุลาคม (3 วงศ์) พบตัวอ่อนที่สร้างปลอกหุ้มตัวจากวัสดุตามธรรมชาติ 7 วงศ์ กลุ่มที่สร้างเส้นใยเป็นปลอกหุ้มตัว 5 วงศ์ และกลุ่มที่อยู่อาศัยอิสระ 1 วงศ์ ค่าดัชนีความหลากหลาย ดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจ พบสูงสุดในสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา และต่ำสุดในสถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น ปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการในแต่ละสถานีส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันทั้งหมด ยกเว้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.1.2 ผลการศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

จากการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล มีความยาวเพิ่มขึ้นในทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง แต่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ชุดการทดลองที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไหลมีอัตรารอดสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงในสภาวะน้ำไม่ไหลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำบางประการในทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน

ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เลี้ยงด้วยอาหารลูกปลาดุกบดละเอียด และอาหารกุ้งบดละเอียด มีความยาวของปลอกสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยเศษซากใบไม้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มีอัตรารอดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เลี้ยงในอุณหภูมิน้ำที่ 25, 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง มีความยาวเพิ่มขึ้นในทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง แต่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และมีอัตรารอดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในจังหวัดพะเยาและการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ จากการเก็บตัวอย่างในจุดสำรวจ 7 สถานี ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ และเขตอุทยานแห่งชาติภูซาง จังหวัดพะเยา โดยรวบรวมตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในเดือนตุลาคม 2562 และเดือนมกราคมเมษายน และกรกฎาคม 2563 รวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง จากนั้นจึงคัดเลือกตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Odontoceridae ชนิด *Marilia sumatrana* มาทำการการศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอด มีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 การสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่เหมาะสมต่อการนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

5.2.1.1 ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

พบจำนวนวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำมากที่สุดในสถานีที่ 2 (น้ำเปื๋อย เขตอุทยานแห่งชาติภูซาง) และ สถานีที่ 5 (ห้วยทรายกาด อุทยานแห่งชาติภูซาง)(10 วงศ์) เมื่อพิจารณาสภาพภูมิประเทศจะเห็นได้ว่า จุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถานีที่ 2 และ 5 มีลักษณะทางกายภาพคล้ายคลึงกัน คือเป็นลำธารไหลเร็ว มีก้อนหินหลากหลายขนาด พื้นท้องน้ำเป็นหินกรวดและทรายรวมถึงเศษซากใบไม้ทับถม ลำธารมีขนาดกว้างและมีพืชริมน้ำขึ้นอยู่จำนวนมากทั้งสองฝั่งของลำธาร ซึ่งสภาพแวดล้อมดังกล่าวเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในหลาย ๆ ชนิดได้เป็นอย่างดี จึงพบจำนวนวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในทั้ง 2 สถานี สูงสุด สอดคล้องกับรายงานของ Wiggins (1996) ที่อธิบายถึงลักษณะ

ทางกายภาพของลำธารที่เป็นก้อนหิน กรวดทรายขนาดเล็ก กลางใหญ่จะเหมาะสมกับการอยู่อาศัยของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำเนื่องจากตัวอ่อนจะสร้างรังหรือตาข่ายขวางกั้นการไหลของน้ำและดักกรองอนุภาคอาหารที่ไหลล่องลอยมากับกระแสน้ำ

การศึกษานี้พบจำนวนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์ Hydropsychidae สูงสุดในทุกสถานี สำรวจ สอดคล้องกับรายงานการสำรวจ ที่ทำการสำรวจความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ จังหวัดเลย และจังหวัดชัยภูมิ ที่พบว่า ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์ Hydropsychidae มีการกระจายตัวสูงสุด โดยพบถึง 12 จาก 15 สถานี และมีความชุกชุมสูงสุด (กิติยา ถาวโร และนฤมล แสงประดับ, 2559) มีรายงานศึกษาการกระจายตัวของแมลงหนอนปลอกน้ำในแม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี และพบว่า แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายสูงสุด (Laudee and Prommi, 2011) อีกทั้งยังมีรายงานการศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำในน้ำตกปาโจ อุทยานแห่งชาติบูโด–สุไหงปาดี จังหวัดนราธิวาส ที่รายงานพบตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในวงศ์ Hydropsychidae มีความชุกชุมสูงสุด (นูรอห์ เต๊ะ และพงษ์พันธ์ สุขสุพันธ์, 2563) นอกจากนี้ Morse (2011) ได้รายงานว่า แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae มีการกระจายตัวทั่วโลกมากกว่า 1,756 ชนิด โดยมีความหลากหลายเป็นอันดับ 3 รองจาก วงศ์ Hydroptilidae และวงศ์ Leptoceridae ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบการแพร่กระจายตัวระดับวงศ์ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในแต่ละฤดูกาล เดือนตุลาคม (ฤดูหนาว) เดือนมกราคม (ฤดูหนาว) เดือนเมษายน (ฤดูร้อน) และเดือนกรกฎาคม (ฤดูฝน) พบว่า ในเดือน มกราคม (ฤดูหนาว) จะพบความหลายหลายระดับวงศ์สูงในทุกสถานี โดยพบสูงสุดในสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา เขตอุทยานแห่งชาติภูซาง และ สถานีที่ 5 ห้วยทรายกาด อุทยานแห่งชาติภูซาง (9 วงศ์) และจะพบความหลากหลายระดับวงศ์ต่ำในช่วงเดือน เดือน เมษายน–กรกฎาคม ในเกือบทุกสถานี ยกเว้นสถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น อุทยานแห่งชาติภูซาง ที่พบความความหลากหลายระดับ วงศ์ต่ำสุดในเดือนตุลาคม (3 วงศ์) คล้ายคลึงกับรายงานการศึกษาความหลากหลายและการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในลำธาร บนอุทยานแห่งชาติ ดอย สุเทพ–ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ที่พบว่า ในลำธารห้วยผาลาด จำนวนตัวอ่อนจะเพิ่มขึ้นในเดือนธันวาคม และจำนวนตัวอ่อนจะลดจำนวนลงอีกครั้งในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน (สมยศ ศิลาล้อม, 2543) สอดคล้องกับรายงานของ Dudgeon (1999) ที่กล่าวว่า ช่วงของฤดูกาลส่งผลต่อความหลากหลายของแมลงน้ำ โดยพบว่าในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวความหลากหลายของแมลงน้ำจะพบมากกว่าช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นฤดูน้ำหลาก อีกทั้งในการศึกษาครั้งนี้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างให้เป็นบริเวณลำธารที่มีน้ำไหลตลอดปีและให้มี

การรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ให้น้อยที่สุด ในเดือนกรกฎาคม (ฤดูฝน) น้ำจากลำธารธรรมชาติ จะมีปริมาณน้ำที่มากและมีการไหลเชี่ยวกราด จึงอาจส่งผลให้ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำอาจมีการหลุดลอยไปกับกระแสน้ำ (drift) และกระแสน้ำจะเริ่มลดระดับความลึกและความแรงลงเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาว จึงน่าจะส่งผลให้พบเจอความหลากชนิดสูงในเดือนมกราคม

5.2.1.2 ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ ดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอ

เมื่อพิจารณาจากดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon's Index ค่าดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอ พบว่า ในสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา เขตอุทยานแห่งชาติภูซาง มีค่าสูงสุด (1.90, 3.50 และ 0.86 ตามลำดับ) อาจเป็นผลจากสถานีดังกล่าวเป็นแหล่งน้ำที่มีสภาพค่อนข้างคงที่ตลอดปี เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างเป็นลำธารที่ไหลต่อเนื่องออกจากน้ำตกโป่งผาซึ่งเป็นน้ำตกขนาดไม่ใหญ่มากแต่มีปริมาณน้ำไหลคงที่ตลอดปี อีกทั้งยังมีภูมิประเทศที่สูงชันและเป็นผาหินขนาดใหญ่จึงไม่มีการพัดพาทับถมของดินตะกอน ในฤดูน้ำหลากทำให้ตัวอย่างตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่สำรวจพบมีปริมาณค่อนข้างคงที่ในทุกฤดูกาล จึงส่งผลให้สถานีดังกล่าวมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon's Index ค่าดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอสูงสุด แตกต่างกับสถานีที่ 6 น้ำญวนส่วนต้น อุทยานแห่งชาติภูซาง ที่มีค่าความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon's Index ค่าดัชนีความมากชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอต่ำสุด (0.93, 2.27 และ 0.48 ตามลำดับ) เนื่องจากบริเวณดังกล่าว มีการไหลหลากรุนแรงของธารน้ำในช่วงฤดูฝนทำให้เกิดการทับถมของตะกอนดิน รวมถึงมีการวางกระสอบทรายขวางกั้นธารน้ำในช่วงฤดูร้อน จึงส่งผลให้ความหลากหลายและความสม่ำเสมอต่ำสุด คล้ายคลึงกับรายงานการศึกษาของ Spies, Froehlich and Kotzian (2006) ที่ศึกษาองค์ประกอบและความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในลำน้ำ Jacuí ประเทศบราซิล จำนวน 4 สถานี และพบว่า ในสถานีสำรวจที่ 1 มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H') สูงสุด (1.31) และต่ำสุดในสถานีที่ 3 (0.77) ซึ่งให้เหตุผลว่าในสถานีที่พบความหลายหลากทางชีวภาพสูงสุดเนื่องจากเป็นจุดที่มีการปกคลุมของพันธุ์พืชริมน้ำสูงจึงส่งเสริมให้พืชกลุ่มมาโครไฟต์ (macrophyte) ปกคลุมบริเวณก้อนหินบริเวณลำธารมาก และทำให้บริเวณนั้นมีตะกอนอินทรีย์ขนาดใหญ่ (CPOM, Coarse Particulate Organic Matter) สะสมอยู่ในปริมาณมาก ในขณะที่สถานีที่พบความหลากหลายทางชีวภาพต่ำสุดเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการระบายตะกอนก้นเขื่อนซึ่งส่งผลกระทบทำให้ไม่มีความเสถียรของระบบนิเวศในบริเวณดังกล่าว

5.2.1.3 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมน้ำในลำธารของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอและอุทยานแห่งชาติภูซางทั้ง 7 สถานี ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ได้ทำการตรวจวัดได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าแอมโมเนีย ค่าไนไตรท์ ค่าไนเตรท ค่าออร์โธฟอสเฟต ค่าอุณหภูมิของน้ำ ในแต่ละสถานีสำรวจมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน ยกเว้นค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยคุณภาพน้ำจากทั้ง 7 สถานีมีคุณภาพน้ำในปัจจัยที่ได้ศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เพื่อการใช้ประโยชน์ การอนุรักษ์สัตว์น้ำ และการประมง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างพบมีค่าอยู่ในช่วง 7.30–8.72 โดยมีค่าสูงสุดในสถานีที่ 7 น้ำญวนห้วยปุ้ม เขตอุทยานแห่งชาติภูซาง (8.72) และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ 2 น้ำเปื๋อย เขตอุทยานแห่งชาติภูซาง (7.30) ดังนั้นจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงอาจเป็นบริเวณที่มีมีปริมาณไอออนพวก คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบอยู่มาก (นันทนา คชเสนี, 2539) ทั่วไปแล้วค่าความเป็นกรดเป็นด่างของแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมีค่าอยู่ในช่วง 5.0–9.0 (กรมควบคุมมลพิษ, 2535) แม้ว่าสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆในแหล่งน้ำจะสามารถเจริญเติบโตในแหล่งน้ำทีมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วงต่างๆกัน อย่างไรก็ตามจะพบความหลากหลายของสัตว์น้ำมากที่สุดแหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.5–8.0 หากค่าหากความเป็นกรดเป็นด่างต่ำหรือสูงกว่านี้จะพบความหลากหลายลดลง เนื่องจากความเป็นกรดเป็นด่างมีผลต่อสรีรวิทยาของสัตว์น้ำมากที่สุดและยังลดการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำ นอกจากนั้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่สูงขึ้นอาจเพิ่มความเป็นพิษของสารอื่นๆให้แก่สัตว์น้ำ เช่น แอมโมเนีย เป็นต้น (US–EPA, 1980)

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (total dissolved solids: TDS) มีค่าอยู่ในช่วง 129.50±29.03 –375.67±36.95 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในสถานีที่ 1 ห้วยแม่จุน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ (375.67±36.95 มิลลิกรัม/ลิตร) และต่ำสุดคือสถานีที่ 4 ห้วยโป่งผา เขตอุทยานแห่งชาติภูซาง (129.50±29.032 มิลลิกรัม/ลิตร) โดยทั่วไปน้ำที่มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงเป็นเพราะมีสารบางชนิดละลายอยู่ในน้ำปริมาณมากอาจเป็นได้ทั้ง ของแข็งที่ตกตะกอน ของแข็งแขวนลอย และสารแขวนลอยทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ได้แก่ อินทรีย์สารต่างๆ เช่น กรดอะมิโน แป้ง น้ำตาล เป็นต้น หรืออาจอยู่ในรูปของเกลืออินทรีย์ เช่น NaCl, Na_2CO_3 เป็นต้น ในกรณีที่เป็นของแข็งแขวนลอย ถ้ามีมากจะทำให้น้ำขุ่นและขัดขวางการส่งผ่านของแสงอาทิตย์ส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำและแพลงก์ตอน ในกรณีที่สารอินทรีย์อาจถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในน้ำและทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549)

5.2.2 การศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ

การศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหลที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ พบว่า เมื่อพิจารณาผลของอัตรารอด และอัตราการเจริญเติบโตร่วมกันแล้ว แสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงในสภาวะน้ำไหลให้ผลดีกว่าการเลี้ยงในสภาพวะน้ำนิ่ง ทั้งนี้ความเร็วของกระแสน้ำ ถือว่ามีผลต่อการแพร่กระจายตัวของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ การแพร่กระจายตัว ของอาหารในธรรมชาติ และการดำรงชีวิตของแมลงหนอนปลอกน้ำ ซึ่งการไหลของกระแสน้ำ จะสัมพันธ์กับปัจจัยด้านอาหาร และปริมาณออกซิเจนในน้ำ (Hoffman et al., 2006; Verdonschot et al., 2012; Okano and Kikuchi, 2012) ในส่วนของคุณภาพน้ำใน สภาวะทดลอง ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิน้ำ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างแมลงหนอนปลอกน้ำแต่ละชนิด ซึ่งค่าคุณภาพน้ำเหล่านี้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ(Genkai-Kato et al., 2000) นอกจากนี้ยังพบว่าการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในสภาวะน้ำไหล เศษอาหารและขยะต่างๆ ที่เกิดจากกิจกรรมการกินอาหารของแมลงหนอนปลอกน้ำมีน้อยกว่าการเลี้ยงในสภาวะน้ำไม่ไหล ทั้งนี้หากเลี้ยงระยะยาวหรือเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำแบบหนาแน่น เศษอาหารและขยะต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะส่งผลเสียต่อตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ รวมถึงอาจส่งผลต่อความสวยงาม ของปลอกที่แมลงหนอนปลอกน้ำสร้างขึ้นได้

สำหรับการศึกษาอิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำด้วยอาหารลูกปลาดุกบดละเอียด และอาหารกุ้งบดละเอียด มีค่าเฉลี่ยของความยาวปลอกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และความยาวปลอกที่เพิ่มขึ้น มีค่าสูงกว่าชุดที่เลี้ยงด้วยเศษซากใบไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในส่วนของอัตรารอดพบว่า อาหารทั้ง 3 ชนิดไม่มีอิทธิพลต่ออัตรารอด ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ($p > 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาชนิดอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Odontoceridae พบว่าอัตราการเจริญเติบโตในชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกเล็กบดละเอียด มีค่าการเจริญเติบโตสูงสุด และสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยไรแดงสดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (เกรียงไกร สีตะพันธุ์ และคณะ, 2553) สาเหตุที่อาหารปลาดุกบดละเอียด และอาหารกุ้งบดละเอียด ส่งผลดีต่ออัตรา การเจริญเติบโตของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ เนื่องจาก

อาหารทั้ง 2 ประเภท มีปริมาณ โปรตีนที่สูงกว่าเศษซากใบไม้ จากข้อมูลที่ระบุฉลากอาหารที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า อาหารปลาดุกบดละเอียดมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 35 และอาหารกุ้งบดละเอียดมีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 36 แต่เศษซากใบไม้ส่วนใหญ่ จะพบรายงาน ปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 3.45 – 21.00 ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (Ghaly and Alkoaik, 2010) ในส่วนของปริมาณ ไขมันในอาหารปลาดุกบดละเอียด และอาหารกุ้งบดละเอียด มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับเศษซากใบไม้ที่มีรายงานว่ามีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 3.36 – 4.13 (Arias-Real et al., 2018) นอกจากนี้อาหารสำเร็จรูปที่ใช้ในการศึกษา มีกลิ่นที่ดึงดูดให้ตัวอ่อนแมลงหนอน ปลอกน้ำเข้ามากินอาหารได้ดี รวมถึงอาจมีคุณค่าทางสารอาหารอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ นอกจากนี้ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้ ยังมีพฤติกรรม คืบคลานตามพื้นท้องน้ำเพื่อหาอาหาร และขูดกินอาหาร จากนั้นจึงย่อยในกระเพาะอาหาร (Wiggins, 1996) จึงส่งผลให้อาหารดังกล่าวเหมาะสม สำหรับการนำมาเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ในห้องปฏิบัติการ

ในการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ทั้ง 3 ชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยอุณหภูมิต่างๆ ความยาวปลอกที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) รวมถึงมีอัตราการรอดชีวิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยชุดการทดลองอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีความยาวปลอกที่เพิ่มขึ้นสูงสุด (15.91 ± 2.18 มิลลิเมตร) รองลงมา 30 องศาเซลเซียส (14.99 ± 2.16 มิลลิเมตร) และ อุณหภูมิห้อง (14.23 ± 1.67 มิลลิเมตร) เป็นที่ทราบกันดีว่าอุณหภูมิเป็นหนึ่งในปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของแมลง เช่น การเปลี่ยนระยะ ขนาดตัว รวมถึงวงจรชีวิต เป็นต้น แมลงส่วนใหญ่ต้องปรับตัวและกระจายตัวให้อยู่กับท้องถิ่นที่มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการ (Huffaker, 1944) แม้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบว่าความแตกต่างกันในด้านการสร้างปลอกและอัตราการรอดชีวิต ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากตัวอ่อนชนิด *M. sumatrana* เป็นชนิดที่สามารถพบเจอได้ทั่วไปในถิ่นอาศัยแบบต่างๆ สามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ดีกว่าตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำบางชนิด เช่น ชนิดที่มีแหล่งอาอาศัยจำกัดอยู่บนภูเขาสูงมีอุณหภูมิน้ำต่ำตลอดปีอาจไม่สามารถปรับตัวให้ดำรงชีพกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้ มีรายงานของ Wagner (2002) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการของระยะตัวอ่อน และจากระยะดักแด้เข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Chaetopteryx villosa* โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการเลี้ยงเพิ่มขึ้น (6, 10 และ 14 องศา

เซลเซียส) ตัวอ่อนและดักแด้มีการพัฒนาเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยเร็วขึ้น รายงานของ Cui (2018) ได้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ (22, 25, 28, 31 และ 34 องศาเซลเซียส) ต่อพัฒนาการและอัตรารอดของแมลงชนิด *Heliothis viriplaca* (Lepidoptera) และพบว่าระยะเวลาในการพัฒนาการและการเข้าดักแด้จะสั้นลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าในการศึกษานี้จะไม่พบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดชีวิต อย่างไรก็ตามก็ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาในการเข้าสู่ระยะดักแด้ รวมถึงเวลาในการพัฒนาจากระยะดักแด้เข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย อีกทั้งยังขาดข้อมูลด้านความทนทานต่ออุณหภูมิ ของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้ จึงทำให้การกำหนดอุณหภูมิของการทดลองอยู่ในช่วงที่ไม่ส่งผลต่อการสร้างปลอก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และ อัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในครั้งนี้ อาจเป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้เป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งชนิด *M. sumatrana* หรือชนิดอื่นๆ เพื่อใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น พัฒนาปลอกของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำเพื่อใช้เป็นเครื่องประดับ การเพาะเลี้ยงเพื่อการศึกษาด้านต่างๆ การประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อประโยชน์ด้านการเฝ้าระวังป้องกันการผันแปรของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมในสภาวะที่โลกเข้าสู่วิกฤตภาวะโลกร้อน เป็นต้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากการศึกษาการศึกษารูปแบบการเลี้ยงแบบต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต และ อัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ทางผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดการเจริญเติบโตด้วยวิธีการวัดจากขนาดและความยาวของปลอก ซึ่งในการตรวจวัดอัตราการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตนั้นมีหลากหลายวิธี เช่น น้ำหนักตัว ความยาวของลำตัว การวัดขนาดความกว้างของหัว (Head capsule) เป็นต้น ดังนั้นเพื่อผลที่ขัดเจนมากขึ้นควรวัดอัตราการเจริญด้วยวิธีการอื่นๆเพิ่มเติม สำหรับการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด ควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของความทนทานต่ออุณหภูมิ (temperature tolerance) และอัตราการตาย (mortality rate) ซึ่งจะทำให้กำหนดช่วงของอุณหภูมิในการศึกษาได้กว้างและเหมาะสมยิ่งขึ้นและจะทำให้ทราบถึงอุณหภูมิที่จำกัดต่อตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดนี้

บรรณานุกรม

เกรียงไกร สีตะพันธุ์, รจนา กล้าหาญ, รัชนี ปิมแปง และวรรษิดา ภู่ชัย. (2553). ชนิดอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Odontoceridae. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**, 4(1), 111–115.

เพ็ญแข ธรรมเสนานุภาพ. (2544). **ชีวประวัติและอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำ** (Trichoptera: Calamoceratidae) **ในลำธารที่แตกต่างกันบนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ–ปุย จังหวัดเชียงใหม่**. ปริญญานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมสิริ. (2528). **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรรณิการ์ สิริสิงห. (2544). **เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันราชภัฏจันทรเกษม.

กิติยา ถาวโร และนฤมล แสงประดับ. (2559). ความหลากชนิดและการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในพื้นที่ป่าอนุรักษ์อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**, 8(1), 101–110.

นฤมล แสงประดับ. (2548). **เอกสารการสอนวิชา** 311780 (**แมลงน้ำ**). ขอนแก่น: ภาควิชาวิทยาศาสตร, มหาวิทยาลัยขอนแกน.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. (2550). **หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, คณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิศารัตน์ ตั้งไพโรจน์วงศ์. (2553). สถาปัตยกรรมใต้น้ำของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (อันดับ trichoptera). **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 38(2), 154–161.

นูรอห์ เต๊ะ และพงษ์พันธ์ สุขสุพันธ์. (2563). ความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำในน้ำตกปาโจ อุทยานแห่งชาติบูโด–สุไหงปาดี จังหวัดนราธิวาส. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์**, 13(3), 327–343.

ศานิต รัตนภุมมะ. (2550). **กีฏวิทยาแม่บท**. เชียงใหม่: ภาควิชากีฏวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมยศ ศิลาล้อม. (2543). **ความหลายหลายและการกระจายของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในลำธารที่ระดับความสูงต่างกันบนอุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ–ปุย จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ผู้บรรยาย). (2561). **การประชุมสถานภาพปัจจุบันด้านความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย โครงการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานแห่งชาติด้านความหลากหลายทางชีวภาพ**. กรุงเทพฯ.

สำนักจัดการที่ดินป่าไม้. (2562). **รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการจัดทำข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2560–2561**. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. (2549). **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

American Public Health Association – APHA. (1992). **Standard methods for the examination of water and wastewater including sediment and sludge** (18th ed.) . Washington DC, USA: American water works association and the water environment federation.

Arias–Real, R., Menéndez, M., Abril, M., Oliva, F. and Muñoz, I. (2018). Quality and quantity of leaf litter: Both are important for feeding preferences and growth of an aquatic shredder. **PLoS ONE**, 13(12), e0208272.

Chaibu, P. (2000). **Potential use of trichoptera as water pollution biomonitoring in Ping River Chiang Mai**. Ph.D. Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai

Clifford, H.F. (1991). **Aquatic invertebrates of Alberta**. Edmonton, Alberta: University of Alberta.

Correa–Araneda, F., Basaguren, A., Abdala–Díaz, R.T., Mosele, T. and Boyero, L. (2017). Resource–allocation tradeoffs in caddisflies facing multiple stressors. **Ecology and Evolution**, 7, 5103–5110.

Cui, J., Zhu, S.Y., Bi, R., Xu, W., Gao, Y. and Shi, S.S. (2018). Effect of temperature on the development, survival, and fecundity of Heliothis viriplaca (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, 111(4), 1940–1946.

De Gispert, Q., Alfenas, G. and Bonada i Caparrós, N. (2018). Grain size selection in case building by the mountain cased–caddisfly species Potamophylax latipennis (Curtis, 1834): a trade–off between building time and energetic costs. **Limnetica**, 37(1), 33–45.

De Moor, F.C. and Ivanov, V.D. (2007). **Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta) in freshwater Freshwater animal diversity assessment** (pp. 393–407). Dordrecht: Springer.

Dudgeon, D. (1999). **Tropical Asian streams: zoobenthos, ecology and conservation**. Hong Kong: Hong Kong University Press.

Gaino, E., Cianficconi, F., Rebora, M. and Todini, B. (2002). Case–building of some Trichoptera larvae in experimental conditions: Selectivity for calcareous and siliceous grains. **Italian Journal of Zoology**, 69(2), 141–145.

Genkai–Kato, M., Nozaki, K., Mitsuhashi, H., Kohmatsu, Y., Miyasaka, H. and Nakanishi, M. (2000). Push–up response of stonefly larvae in low–oxygen conditions. **Ecological Research**, 15(2), 175–179.

Ghaly, A.E. and Alkoaik, F. (2010). Extraction of protein from common plant leaves for use as human food. **American Journal of Applied Sciences**, 7(3), 331.

Huffaker, C.B. (1944). The temperature relations of the immature stages of the malarial mosquito, Anopheles quadrimaculatus Say, with a comparison of the developmental power of constant and variable temperatures in insect metabolism. **Annals of the Entomological Society of America**, 37(1), 1–27.

Laudee, P. (2002). **Diversity of some aquatic insects from Chiang Dao Watershed, Chiang Mai Province for environmental bioassessment**. Ph. D. Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai.

Laudee, P. and Prommi, T. (2011). Biodiversity and distribution of Trichoptera species along the Tapee River, Surat Thani Province, southern Thailand. **Zoosymposia**, 5, 279–287.

Malicky, H. and Chantaramongkol, P. (2010). **Atlas of Southeast Asian Trichoptera**. Chiang Mai: Biology Department, Science Faculty, Chiang Mai University.

McCafferty, W.P. (1983). **Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists illustrated guide to insects and their relatives.** Toronto: Jones & Bartlett Learning.

Morse, J.C. (2004). **Insecta: Trichoptera**. In Yule, C.M. และ Sen, Y.H. (Eds.), **Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region** (pp. 501–539). Kuala Lumpur, Malaysia: Academic of Science.

Morse, J.C. (2011). The Trichoptera world checklist. **Zoosymposia**, 5, 372–380.

Morse, J.C., Bae, Y.J., Munkhjargal, G., Sangpradub, N., Tanida, K., Vshivkova, T.S. et al. (2007). Freshwater biomonitoring with macroinvertebrates in East Asia. **Frontiers in Ecology the Environment**, 5(1), 33–42.

Okano, J. and Kikuchi, E. (2012). Effect of current velocity and case adaptations on the distribution of caddisfly larvae (Glossosoma, Trichoptera). **Limnology**, 13(1), 37–43.

Prommi, T., Laudee, P. and Chareonviriyaphap, T. (2014). Biodiversity of adult Trichoptera and water quality variables in streams, northern Thailand. **APCBEE procedia**, 10, 292–298.

Prommi, T. and Thani, I. (2014). Diversity of trichoptera fauna and its correlation with water quality parameters at Pasak Cholasit reservoir, Central Thailand. **Environment Natural Resources Journal**, 12(2), 35–41.

Spies, M.R., Froehlich, C.G. and Kotzian, C.B. (2006). Composition and diversity of Trichoptera (Insecta) larvae communities in the middle section of the Jacuí River and some tributaries, State of Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia Série Zoologia**, 96, 389–398.

STANIĆ–KOŠTROMAN, S., KUČINIĆ, M., KOLOBARA, A., ŠKOBIĆ, D., KNEZOVIĆ, L. and DURBEŠIĆ, P. (2012). Light–trapped caddisflies (Insecta: Trichoptera) as indicators of the ecological integrity of the Lištica River, Bosnia and Herzegovina. **Entomologia Croatica**, 16(1–4), 21–36.

Tszydel, M., Sztajnowski, S., Michalak, M., Wrzosek, H., Kowalska, S., Krucinska, I. et al. (2009). Structure and physical and chemical properties of fibres from the fifth larval instar of caddis–flies of the species Hydropsyche angustipennis. **Fibres & Textiles**

in Eastern Europe, 6(77), 7–12.

US–Environmental Protection Agency (US–EPA). (1980). **Water Quality Criteria Documents: Availability. Environmental Protection Agency** (Vol. 45, pp. 79–318). Washington, D.C.

Verdonschot, P.F., Besse–Lototskaya, A.A., Dekkers, D.B. และ Verdonschot, R.C. (2012). Mobility of lowland stream Trichoptera under experimental habitat and flow conditions. **Limnologica**, 42(3), 227–234.

Wagner, R. (2002). The influence of temperature and food on size and weight of adult *Chaetopteryx villosa* (Fabricius)(Insecta: Trichoptera) along a stream gradient. **Hydrobiologie**, 154(3), 393–411.

Wiggins, G. B. (1996). **Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera) Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)** (2nd ed.). Toronto: University of Toronto Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก จำนวนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ที่รอดชีวิตในแต่ละสัปดาห์ของการศึกษา

ตาราง 12 จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิตในแต่ละสัปดาห์จากการศึกษาการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Marilia sumatrana* ในสภาวะน้ำไหลและน้ำไม่ไหล ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดในห้องปฏิบัติการ

สภาวะทดลอง	จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิต				
	เริ่มการทดลอง	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
น้ำไหล	90	86	82	82	82
น้ำไม่ไหล	90	84	72	72	72

ตาราง 13 จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิตในแต่ละสัปดาห์จากการศึกษาอิทธิพลของอาหารต่างชนิดที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ

สภาวะทดลอง	จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิต				
	เริ่มการทดลอง	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
เศษซากใบไม้	90	90	88	82	82
อาหารลูกปลาดุกบดละเอียด	90	90	90	85	85
อาหารกุ้งบดละเอียด	90	90	85	82	82

ตาราง 14 จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิตในแต่ละสัปดาห์จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิน้ำที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ *M. sumatrana* ในห้องปฏิบัติการ

สภาวะทดลอง	จำนวนตัวอ่อนที่รอดชีวิต				
	เริ่มการทดลอง	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
25 องศาเซลเซียส	90	90	89	89	89
30 องศาเซลเซียส	90	90	89	89	89
อุณหภูมิห้อง	90	90	87	87	87

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	เดช มานน์
วัน เดือน ปี เกิด	13 ตุลาคม 2524
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2547 วท.บ. (ชีววิทยา), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา
ที่อยู่ปัจจุบัน	243/39 หมู่บ้านศิรประภา ตำบล แม่ต๋ำ อำเภอ เมืองพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
ผลงานตีพิมพ์	เดช มานน์ และคณะ. (2566). ปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อการเลี้ยงตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด Marilia sumatrana (Insecta: Trichoptera) ในห้องปฏิบัติการ. วารสารนเรศวรวิจัย. 16(2). อยู่ระหว่างการตีพิมพ์