การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพแปลงนา

พลอยไพลิน ธนิกกุล[1*], กัลยา บุญสง่า[2], จินตนา ไชยวงค์[3], สุกัญญา อรัญมิตร[1], พยอม โคเบลลี่[1], ปกรณ์ เผ่าธีระศานต์[1], ธนดล ไกรรักษ์[1], นรินทร์ บำรุงกิจ[1], นัทธพงศ์ พันธ์ศรี[1] และอิงค์ อิงคนินันท์[1]

[1]กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว
[2]ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว
[3]ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว
*ploypilin.t@rice.mail.go.th

บทคัดย่อ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål)) เป็นแมลงศัตรูข้าวที่พบการระบาดบ่อยครั้งและรุนแรงในพื้นที่เพาะปลูกข้าว และทำความเสียหายต่อผลผลิตข้าว การควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยชีววิธีด้วยศัตรูธรรมชาติ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ พัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Anagrus* spp.) ในสภาพห้องปฏิบัติการ และทดสอบประสิทธิภาพของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพแปลงนา โดยเก็บตัวอย่างประชากรของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. จากแปลงนาด้วยกับดักไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ณ จังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดชัยนาท ในปี พ.ศ. 2565-2566 นำมาเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณในสภาพห้องปฏิบัติการ ด้วยต้นกล้าข้าวที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และให้น้ำผึ้งเป็นอาหารแก่แตนเบียน สามารถเพิ่มปริมาณแตนเบียนได้ เฉลี่ย 509.96 ตัวต่อภาชนะเลี้ยงหนึ่งใบ มีอัตราการฟัก เฉลี่ย 162.15 ตัวต่อวัน แตนเบียนเพศเมียหนึ่งตัวขยายพันธุ์ได้รุ่นลูก เฉลี่ย 22.33 ตัว โดยมีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย คือ 1:3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพแปลงนา ฤดูนาปี พ.ศ. 2566 พบว่าการปล่อยแตนเบียนเพศผู้และเพศเมีย จำนวน 5 คู่ ต่อต้นข้าวที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (อายุ 15-20 วันหลังปักดำ) จำนวน 10 ต้น มีอัตราการเบียนสูงสุดคือ ร้อยละ 61.22 ผลิตรุ่นลูก (F_1) ได้สูงสุด เฉลี่ย 55.40 ตัว มีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย คือ 1.1:1 ผลการทดลองนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม สำหรับเป็นคำแนะนำที่จะนำไปถ่ายทอดให้เกษตรกรในการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณและได้อัตราการปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว

คำสำคัญ: ข้าว เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ การควบคุมโดยชีววิธี

Mass Rearing of Egg Parasitoid and Its Efficiency in Controlling Brown Planthopper in Paddy Fields

Ploypilin Thanikkul[1*], Kunlayaa Boonsanga[2], Jintana Chaiwong[3], Sukanya Arunmit[1], Payorm Cobelli[1], Pakorn Paoteerasarn[1], Tanadol Khairak[1], Narin Bamrungkit[1], Nattapong Phansri[1] and Aing Aingkaninun[1]

[1]Division of Rice Research and Development, Rice Department
[2]Chiang Rai Rice Research Center, Division of Rice Research and Development, Rice Department
[3]Samoeng Rice Research Center, Division of Rice Research and Development, Rice Department
*ploypilin.t@rice.mail.go.th

Abstract

The brown planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stål)) is a rice pest causing frequent and severe outbreaks in rice cultivation areas, resulting in damage to rice yields. Utilizing natural enemies for biological control of brown planthoppers offers a safe, effective, and environmentally friendly alternative. The objective of this research was to develop a mass rearing method of egg parasitoids of brown planthoppers (*Anagrus* spp.) under laboratory conditions and to evaluate the efficiency of *Anagrus* spp. in controlling brown planthoppers in field conditions. The methodology is collecting populations of *Anagrus* spp. from paddy fields using brown planthoppers' egg bait traps in Suphan Buri and Chai Nat provinces during 2022-2023. Then, these parasitoids were mass reared in laboratory conditions using rice seedlings with brown planthopper eggs and provided with honey as food. The findings are, 509.96 parasitoids were produced per rearing container, with an average emergence rate of 162.15 individuals per day. A single female parasitoid could produce an average of 22.33 offspring, with a sex ratio (male:female) of 1:3.3. Field trials conducted during wet season 2023 showed that releasing five pairs of male and female *Anagrus* spp. parasitoids per 10 plants (rice plant aged 15-20 days after transplanting), with brown planthopper eggs present, resulted in a maximum parasitism rate of 61.22%. The highest F_1 generation production averaged 55.40 individuals, maintaining a sex ratio (male:female) of 1.1:1. These preliminary results require further study. They can serve as guidelines for farmers on increasing the quantity and release rate of *Anagrus* spp. to effectively control brown planthoppers in paddy fields.

Keywords: Rice, *Nilaparvata lugens* (Stål), Egg parasitoid (*Anagrus* spp.), Mass rearing, Biological control

1. บทนำ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål)) (Hemiptera: Delphacidae) เป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญของประเทศไทย พบการระบาดบ่อยครั้งและรุนแรงในหลายพื้นที่ที่เพาะปลูกข้าว และทำความเสียหายต่อผลผลิตข้าวเป็นอย่างมาก โดยเกษตรกรส่วนใหญ่เลือกวิธีการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลด้วยการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ทำให้แมลงพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีเหล่านั้น อีกทั้งการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ผิดชนิดสาร ผิดอัตรา และผิดวิธี ส่งผลให้เกิดการระบาดเพิ่มขึ้น และอาจทำให้เกิดการตกค้างในผลผลิตข้าวได้ การป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวโดยชีววิธีด้วยศัตรูธรรมชาติ เป็นการขยายพันธุ์ศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ ตัวห้ำ ตัวเบียน และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ เพื่อนำมาใช้ในการลดปริมาณแมลงศัตรูข้าว จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีหลายชนิด ได้แก่ ตัวเบียน เช่น แตนเบียนไข่ที่พบมากในวงศ์ Mymaridae, Eulophidae และ

Trichogrammatidae แตนเบียนตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในวงศ์ Dryinidae และอันดับ Strepsiptera แมลงวันเบียนตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในอันดับ Diptera เป็นต้น [1] และตัวห้ำ เช่น มวนเขียวดูดไข่ (*Cyrtorhinus lividipennis* Reuter) มวนดูดไข่ (*Tytthus chinensis* (Stål)) ตัวเต็มวัยเพศเมียของแตนเบียนในอันดับ Dryinidae ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงเต่าตัวห้ำชนิดต่าง ๆ เป็นต้น โดยชนิดของแตนเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พบมากที่สุด 4 ชนิด ในนาข้าวภาคกลางของประเทศไทย ได้แก่ *Anagrus* spp., *Oligosita* sp., *Tetrastichus formosanus* และ *Gonatocerus* sp. [2-3]

แตนเบียนไข่เพลี้ยกระโดด (*Anagrus* spp.) (Hymenoptera: Mymaridae) เป็นแตนเบียนที่พบเสมอในนาข้าว เพราะเป็นศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและเพลี้ยกระโดดหลังขาว (*Sogatella furcifera* (Horváth)) รวมทั้งสามารถเบียนแมลงอาศัยชนิดอื่นได้ เช่น เพลี้ยจักจั่นสีเขียว (*Nephotettix virescens* (Distant)) เพลี้ยจักจั่นปีกลายหยัก (*Recilia dorsalis* (Motschulsky)) เป็นต้น แต่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล [4-5] แตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. จัดเป็นแตนเบียนเดี่ยว (solitary parasitoid) วงจรชีวิตประกอบด้วย 4 ระยะ คือ ระยะไข่ ระยะหนอน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย โดยวงจรชีวิตจะสั้นลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น [6] นอกจากนี้ การเพาะเลี้ยงแตนเบียนด้วยน้ำผึ้งและน้ำหวาน น้ำหวานจะทำให้อายุขัยของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ยาวนานขึ้น เปรียบเทียบกับเพาะเลี้ยงด้วยน้ำเปล่าเพียงอย่างเดียว [6-7] ในสภาพธรรมชาติแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. สามารถดำรงชีวิตด้วยน้ำหวานจากดอกไม้หรือมูลหวานจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล [7-9] โดยชนิดของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ที่พบในนาข้าวของประเทศไทย เช่น *Anagrus optabilis* (Perkins), *Anagrus perforator* Perkins, *Anagrus flaveolus* Waterhouse เป็นต้น [3, 10]

จากการดำเนินงานวิจัยของกรมการข้าว ภายใต้โครงการการบริหารจัดการแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญด้วยการจัดการระบบนิเวศวิศวกรรมในนาข้าว ให้เป็นแหล่งอาศัยและแหล่งอาหารแก่แมลงที่มีประโยชน์ในนาข้าว ทำให้ช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพและอนุรักษ์ประชากรศัตรูธรรมชาติในแปลงนาและรอบแปลงนา เพื่อการควบคุมแมลงศัตรูข้าวได้อย่างยั่งยืน [1, 11-13] ซึ่งนอกเหนือจากการจัดหาแหล่งอาศัยและอาหารให้แก่ศัตรูธรรมชาติแล้ว การเพิ่มปริมาณของศัตรูธรรมชาติตามหลักการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี คือ การนำเข้ามา และการแผ่ขยายและเพิ่มพูน ด้วยการปล่อยศัตรูธรรมชาติสู่นาข้าว [14] ซึ่งจำเป็นต้องเพาะเลี้ยงศัตรูธรรมชาติให้มากขึ้นโดยดำเนินการในสภาพห้องปฏิบัติการที่มิดชิด และต้องทำการศึกษาทางชีววิทยาเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับศัตรูธรรมชาติชนิดนั้น ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าศัตรูธรรมชาติที่ปล่อยออกไป จะไม่เป็นอันตรายต่อศัตรูธรรมชาติหรือพืชชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังต้องอาศัยความรู้ด้านอื่น ๆ เช่น ความหลากหลายของประชากร วิธีการเพาะเลี้ยง พฤติกรรมแมลง โภชนาการของแมลง เป็นต้น เพื่อการเพาะเลี้ยงให้ได้จำนวนของศัตรูธรรมชาติที่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับการปล่อยในสภาพธรรมชาติ [15] ซึ่งการผลิตศัตรูธรรมชาติให้มีปริมาณเพียงพอต่อการนำไปใช้ควบคุมศัตรูข้าวในสภาพแปลงนายังไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะต้องสามารถเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ทั้งศัตรูธรรมชาติ และแมลงอาศัยหรือเหยื่อของศัตรูธรรมชาติชนิดนั้น ให้มีจำนวนเพียงพอตามความต้องการ [16] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ให้เพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ และทดสอบประสิทธิภาพของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว

2. วิธีวิจัย

2.1 การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål)) (แมลงอาศัย) และแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp.

2.1.1 การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพโรงเรือนทดลอง

2.1.1.1 เตรียมต้นกล้าข้าวจากเมล็ดพันธุ์ข้าวอ่อนแอต่อการทำลายโดยเพลี้ยกระโดด เช่น พันธุ์ กข7 (RD7) หรือพันธุ์ไทชุง เนทีฟ 1 (TN1) สำหรับใช้เป็นอาหารของเพลี้ยกระโดด โดยการนำเมล็ดข้าวเปลือกแช่น้ำไว้นาน 1 คืน จากนั้นนำเมล็ดข้าวเปลือกที่แช่น้ำมาห่อด้วยผ้าเพื่อรักษาความชื้น เก็บไว้ในสภาพอุณหภูมิโรงเรือนทดลอง แต่ไม่มีลมโกรกนาน 48 ชั่วโมง เมื่อเมล็ดข้าวเปลือกงอกเป็นตุ่มเล็ก ๆ จึงนำเมล็ดข้าวเปลือกไปโรยในถาดสแตนเลสขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 15x25x3 เซนติเมตร

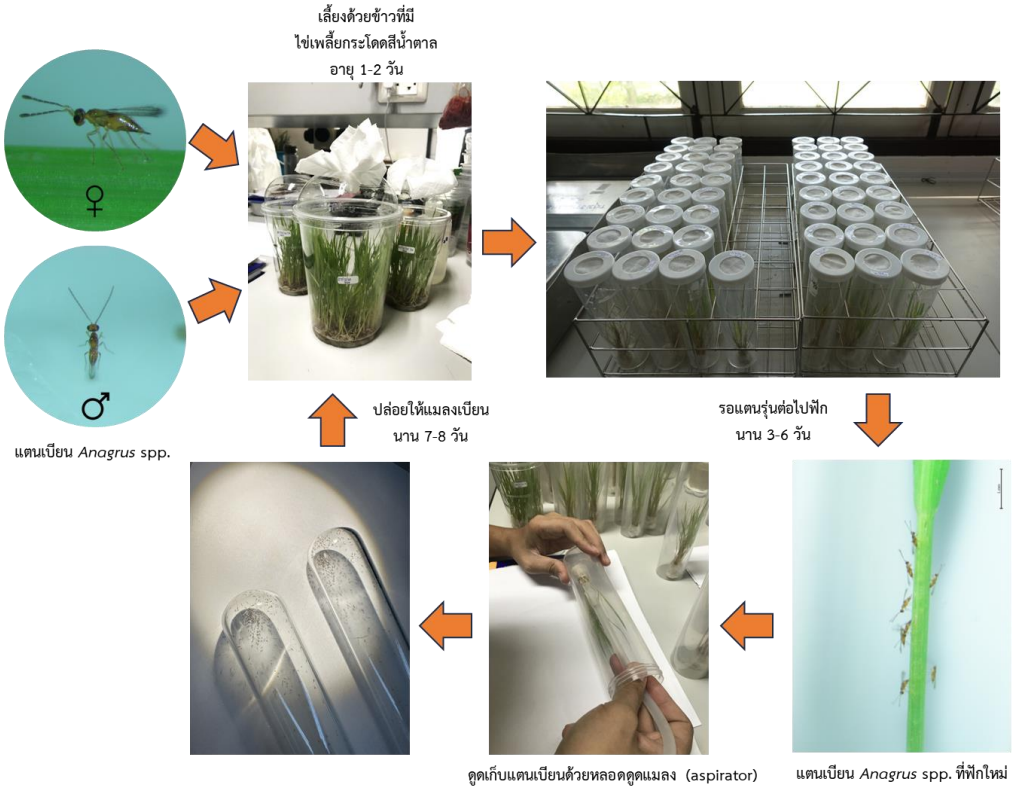
2.1.1.2 เมื่อระยะกล้าอายุ 7-10 วันหลังหว่าน จึงย้ายถาดต้นข้าวเข้ากรงเลี้ยงแมลงขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 42x42x65 เซนติเมตร โดยใช้ต้นข้าวจำนวน 2 ถาดต่อกรง จากนั้นรวบรวมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระยะตัวเต็มวัยที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในแปลงนามาเลี้ยงในกรงเลี้ยงแมลงที่เตรียมไว้ภายใต้สภาพโรงเรือนทดลอง เปลี่ยนถาดต้นข้าวใหม่เพื่อเป็นอาหารให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสัปดาห์ละครั้ง

2.1.2 การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ

2.1.2.1 เก็บตัวอย่างแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในปี พ.ศ.2565-2566 โดยเตรียมกับดักไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยใช้ต้นข้าวอายุประมาณ 15-20 วัน จำนวน 10 ต้นต่อกระถาง ครอบด้วยไมล่าห์กันแมลง ปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพศเมียที่ตั้งท้องพร้อมวางไข่ในกระถาง 20 ตัวต่อกระถาง ปล่อยให้เพลี้ยกระโดดวางไข่ในต้นข้าว 1-2 วัน นำกระถางข้าวที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไปวางในแปลงนาเกษตรกร จังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดชัยนาท ที่ไม่พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง เพื่อล่อแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ให้มาเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 กับดักไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล สำหรับเก็บรวบรวมตัวอย่างประชากรของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในแปลงนาเกษตรกร ณ จังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดชัยนาท

2.1.2.2 เลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยเตรียมปลูกข้าวพันธุ์กข7 ในถาดอลูมิเนียมขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 15x25x3 เซนติเมตร เมื่อข้าวอายุประมาณ 7-10 วัน ย้ายถาดต้นข้าวเข้าในกรงเลี้ยงแมลงกรงเลี้ยงแมลงขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 42x42x65 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพศเมียที่ตั้งท้องพร้อมวางไข่ลงบนต้นข้าวประมาณ 300-400 ตัว ให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวางไข่ประมาณ 1-2 วัน จะได้ต้นข้าวที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อใช้ขยายพันธุ์แตนเบียน ทำความสะอาดดินออกจากรากของต้นข้าวที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล นำต้นข้าวใส่ในแก้วพลาสติกที่มีฝาครอบปิด ขนาด 16 ออนซ์ เส้นผ่านศูนย์กลางปากแก้ว 9 เซนติเมตร และก้นแก้ว 6 เซนติเมตร สูง 13 เซนติเมตร ใช้สำลีชุบน้ำรองก้นแก้วเพื่อให้ความชื้นแก่ต้นข้าว และให้น้ำผึ้งปริมาณเล็กน้อยที่ฝาแก้วเพื่อเป็นอาหารให้แตนเบียน ปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ทั้งเพศผู้และเพศเมียที่ฟักจากกับดักไข่ลงในแก้วพลาสติกที่เตรียมไว้ ให้แมลงเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นระยะเวลา 7-8 วัน แบ่งต้นข้าวที่ได้รับการเบียนแล้วย้ายลงกระบอกพลาสติกที่มีฝาปิด เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 19 เซนติเมตร เพื่อรอการฟักของแตนเบียนรุ่นลูกต่อไป ระหว่างนี้ไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบางส่วนที่ไม่ถูกเบียนจะฟักเป็นตัวอ่อน ให้เคาะตัวอ่อนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ฟักจากต้นข้าวออกจากกระบอกเลี้ยงแตนเบียน เพื่อรักษาสภาพของต้นข้าวที่มีหนอนและดักแด้ของแตนเบียนไว้ ซึ่งแตนเบียนรุ่นต่อไปจะทยอยฟักออกมาเรื่อย ๆ ในอีก 3-6 วัน เมื่อตัวเต็มวัยของแตนเบียนฟักให้ใช้หลอดดูดแมลงดูดเก็บแตนเบียนที่ฟักใหม่เพื่อนำไปเลี้ยงขยายพันธุ์สู่รุ่นต่อไป (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 วิธีการเลี้ยงเพิ่มปริมาณของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ

2.1.2.3 บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุกวันด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Fluke 971) และบันทึกข้อมูลด้านชีววิทยา ได้แก่ ระยะเวลาการเจริญเติบโต พฤติกรรมแมลง อัตราการฟัก อายุขัยของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย ความสามารถในการเบียนและผลิตลูกหลานของเพศเมียหนึ่งตัว ความยาวลำตัวของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมีย และอัตราส่วนเพศของรุ่นลูก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด และวิเคราะห์อัตราส่วนเพศของประชากรโดยใช้วิธีการทดสอบ Chi-square

สถานที่ดำเนินการ ห้องปฏิบัติการ และโรงเรือนทดลอง กลุ่มวิทยาการอารักขาข้าว กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว และแปลงนาเกษตรกร จังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดชัยนาท

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในการควบคุมประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพแปลงนาทดลอง

2.2.1 ดำเนินการทดสอบในฤดูนาปี พ.ศ. 2566 ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ด้วยวิธีปักดำ ณ แปลงเกษตรกร ขนาดพื้นที่ 4 ไร่ ตำบลวังหว้า อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี (พิกัดภูมิศาสตร์: 47P, X: 614935, Y: 1615613)

2.2.2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำของกรรมวิธีมีซ้ำย่อย จำนวน 2 ซ้ำ (ไมล่าห์) โดยปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ระยะตัวเต็มวัย จำนวน 1 ตัวต่อต้น หรือ 10 ตัวต่อกอ ให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวางไข่ 1 วัน จากนั้นปล่อยตัวเต็มวัยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. อายุ 1 วันหลังฟักเป็นตัวเต็มวัย จากกลุ่มประชากรที่แตกต่างกัน (block) ตามจำนวนที่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี ดัดแปลงวิธีการจาก [17-18] ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ปล่อยตัวเต็มวัยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 1 คู่ต่อซ้ำย่อย
กรรมวิธีที่ 2 ปล่อยตัวเต็มวัยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 5 คู่ต่อซ้ำย่อย
กรรมวิธีที่ 3 ปล่อยตัวเต็มวัยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 10 คู่ต่อซ้ำย่อย
กรรมวิธีที่ 4 ไม่ปล่อยแตนเบียน (กรรมวิธีควบคุม)

2.2.3 บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์บริเวณทรงพุ่มทุกวันระหว่างดำเนินการทดสอบด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (Fluke 971) จำนวน 10 จุดทั่วแปลงนา

2.2.4 หลังจากปล่อยตัวเต็มวัยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. นาน 2 วัน [19] ถอนต้นข้าวภายในไมล่าห์มาล้างรากต้นข้าวให้สะอาด แล้วใช้สำลีชุบน้ำหุ้มรากข้าวเพื่อให้ความชื้น ใส่ต้นข้าวในหลอดทดลองที่มีผ้าตาข่ายปิดปากหลอดเพื่อตรวจนับและบันทึกจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแตนเบียนรุ่นลูกที่ฟักจากต้นข้าวทุกวันจนกระทั่งไม่มีแมลงฟักออกมาจากต้นข้าว จากนั้นผ่าต้นข้าวเพื่อนับจำนวนไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ถูกเบียนและไม่ถูกเบียน (ไข่ที่ไม่ฟัก) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอในสภาพห้องปฏิบัติการ

2.2.5 นำข้อมูลอัตราการเบียน จำนวนรุ่นลูก (F_1) ทั้งหมด และจำนวนรุ่นลูกที่รอดชีวิตทั้งเพศผู้และเพศเมียมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) และวิเคราะห์อัตราส่วนเพศของประชากรโดยใช้วิธีการทดสอบ Chi-square

สถานที่ดำเนินการ แปลงนาเกษตรกร ตำบลวังหว้า อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 การเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ

จากการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ด้วยไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น สามารถเพิ่มปริมาณแตนเบียนได้ประมาณ 200-970 ตัวต่อแก้วเลี้ยงพลาสติก 1 ใบ (เฉลี่ย 509.96 ตัวต่อภาชนะเลี้ยง) และมีอัตราการฟักตั้งแต่ 50-460 ตัวต่อวัน (เฉลี่ย 162.15 ตัวต่อวัน) และหากต้องการมีแตนเบียนที่ฟักใหม่ทุกวัน ควรเลี้ยงเพิ่มปริมาณอย่างต่อเนื่องทุกวันอย่างสม่ำเสมอ การศึกษาพฤติกรรมและชีววิทยาของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าแตนเบียนเพศผู้จะฟักออกมาก่อนเพศเมีย และจะเข้าผสมพันธุ์กับเพศเมียทันทีเมื่อเพศเมียฟักออกจากต้นข้าว แตนเบียนเพศเมียสามารถเข้าเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ตั้งแต่วันแรกที่ฟักเป็นตัวเต็มวัย จากการสังเกตผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่าระยะไข่ของแตนเบียนมีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอได้ แต่จะพบการเปลี่ยนแปลงของไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ถูกเบียนแล้ว 1-2 วัน จะมีลักษณะขาวขุ่นกว่าไข่ที่ไม่ถูกเบียน จากนั้นหลังเบียน 3-4 วัน จะเห็นระยะหนอนของแตนเบียนพัฒนาอยู่ภายในเยื่อหุ้มไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และหนอนจะดูดกินของเหลวภายในไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นอาหาร ลำตัวของหนอนจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีแดง เนื่องจากการเปลี่ยนสีของเซลล์ไขมันในส่วนของทางเดินอาหาร [6] หลังเบียน 5-8 วัน หนอนจะพัฒนาสีของลำตัวให้เข้ม และค่อย ๆ เห็นได้ชัดขึ้น และสามารถพบการเคลื่อนไหวของหนอนได้อย่างชัดเจน ภายในเยื่อหุ้มไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หลังเบียน 9-13 วัน หนอนจะเข้าสู่ระยะดักแด้ จะสังเกตเห็นการพัฒนาของส่วนหัว อก และปีกได้อย่างชัดเจน สีของดักแด้แตนเบียนจะเข้มขึ้นจนเป็นสีน้ำตาล (ภาพที่ 3) จากนั้นตัวเต็มวัยจะใช้ปากกัดเยื่อหุ้มไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและกาบใบข้าวให้เป็นรู และฟักออกมาจากต้นข้าว (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 ระยะเวลาในการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะตัวอ่อนถึงระยะตัวเต็มวัยของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp.

ภาพที่ 4 ตัวเต็มวัยของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ใช้ปากกัดเยื่อหุ้มไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและกาบใบข้าวหรือต้นข้าวให้เกิดเป็นรูเพื่อฟักออกมา

แตนเบียนในวงศ์ Mymarid หลายชนิด สามารถดำรงชีวิตได้ดีในอุณหภูมิระดับปานกลาง ยกตัวอย่างเช่น แตนเบียนไข่ *Anagrus nilaparvatae* (Pang & Wang) มีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตที่ 27 องศาเซลเซียส แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น อัตราการรอดชีวิตในระยะตัวอ่อนและความสามารถในการผลิตลูกหลานจะลดลง [20] นอกจากนี้ แตนเบียนไข่ *A. flaveolus* (Waterhouse) สามารถเบียนไข่ของเพลี้ยกระโดดและเพลี้ยจักจั่นชนิดอื่นได้ เพื่อดำรงชีวิตให้อยู่รอดในช่วงที่ไม่มีการปลูกข้าว [1] แต่มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อลงเบียนไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และสามารถผลิตเป็นแตนเบียนรุ่นลูกในอัตราส่วนเพศเมียมากกว่าเพศผู้ คือ 2.5:1 และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงอาศัยที่เหมาะสมที่สุดในการเพาะเลี้ยงแตนเบียนชนิดนี้ในสภาพห้องปฏิบัติการ [4]

โดยผลจากการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ด้วยไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพห้องปฏิบัติการ (อุณหภูมิ 26±3 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 80-90 เปอร์เซ็นต์) พบว่าตัวเต็มวัยของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมียมีอายุขัย เฉลี่ย 7.12 และ 4.62 วันนับจากวันที่ฟัก ตามลำดับ โดยเพศเมียหนึ่งตัว สามารถเบียนไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ เฉลี่ย 22.33 ฟองตลอดอายุขัย พบอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียมีค่าเฉลี่ยเป็น 1:3.3 (5.20:17.13) มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างเพศจากการทดสอบ Chi-square (χ^2 = 0.039, P≤0.05) โดยตัวเต็มวัยเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ เพศผู้และเพศเมียมีความยาวลำตัว เฉลี่ย 0.64 และ 0.77 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมีย โดยสังเกตจากปลายหนวดของเพศเมียจะเป็นรูปกระบอง (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 1 ข้อมูลชีววิทยาของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ

พารามิเตอร์	n	ค่าเฉลี่ย ± S.D.	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
อายุขัยของตัวเต็มวัย				
เพศผู้ (วัน)	51	7.12±2.26	2	12
เพศเมีย (วัน)	65	4.62±2.84	2	15
ความสามารถในการผลิตลูกหลานของเพศเมียหนึ่งตัว	30	22.33±10.01	3	46
รุ่นลูก (F_1) เพศผู้ (ตัว)		5.20±2.38	2	12
รุ่นลูก (F_1) เพศเมีย (ตัว)		17.13±9.34	1	39
ความยาวลำตัว				
เพศผู้ (มิลลิเมตร)	100	0.64±0.036	0.58	0.73
เพศเมีย (มิลลิเมตร)	100	0.77±0.032	0.70	0.85
อัตราส่วนเพศ (เพศผู้:เพศเมีย)	30	1:3.3	-	-
		(χ^2 = 0.039, P≤0.05)	-	-

n = จำนวนตัวอย่างประชากรที่ทดสอบ

ภาพที่ 5 ตัวเต็มวัยเพศผู้ (ซ้าย) และตัวเต็มวัยเพศเมีย (ขวา) ของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp.

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในการควบคุมประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพแปลงนาทดลอง

ผลการดำเนินงานในฤดูนาปี พ.ศ. 2566 ณ แปลงนาเกษตรกร จังหวัดสุพรรณบุรี (อุณหภูมิ 34±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65-76 เปอร์เซ็นต์) พบว่าการปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 5 คู่ มีอัตราการเบียนสูงสุด คือ ร้อยละ 61.22 รองลงมาคือการปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 10 คู่ (ร้อยละ 50.72) และ 1 คู่ (ร้อยละ 41.45) ตามลำดับ โดยอัตราการเบียนของการปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 5 คู่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเบียนของการปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 1 คู่ นอกจากนี้ การปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 5 คู่ สามารถผลิตรุ่นลูกทั้งหมดได้สูงสุด เฉลี่ย 55.40 ตัว โดยรอดชีวิตและฟักออกมาเป็นแตนเบียนเพศผู้ เฉลี่ย 26.40 ตัว และเพศเมีย เฉลี่ย 24.20 ตัว มีอัตราส่วนระหว่างเพศเฉลี่ย คือ 1.1:1 (χ^2 = 0.241, P>0.05) รองลงมาคือ การปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 10 คู่ สามารถผลิตรุ่นลูกทั้งหมด เฉลี่ย 50.20 ตัว โดยรอดชีวิตและฟักออกมาเป็นแตนเบียนเพศผู้ เฉลี่ย 18.60 ตัว และเพศเมีย เฉลี่ย 20.60 ตัว มีอัตราส่วนระหว่างเพศเฉลี่ย คือ 1:1.1 (χ^2 = 0.241, P>0.05) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 1 คู่ สามารถผลิตรุ่นลูกทั้งหมด เฉลี่ย 21.40 ตัว โดยรอดชีวิตและฟักออกมาเป็นแตนเบียนเพศผู้ เฉลี่ย 7.60 ตัว และเพศเมีย เฉลี่ย 10.00 ตัว มีอัตราส่วนระหว่างเพศเฉลี่ย คือ 1:1.3 (χ^2 = 0.220, P>0.05) ซึ่งจากการทดสอบ Chi-square พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศในทุกกรรมวิธีที่ปล่อยแตนเบียน ดังนั้น การปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศผู้และเพศเมีย จำนวน 5 คู่ ต่อต้นข้าวอายุ 15-20 วันหลังปักดำ ที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล จำนวน 10 ต้น จึงมีประสิทธิภาพในการเบียนและการผลิตลูกหลานได้ดีที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในการควบคุมประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพแปลงนาทดลอง ในฤดูนาปี พ.ศ. 2566 ณ จังหวัดสุพรรณบุรี

กรรมวิธี	อัตราการเบียน (%)	จำนวนรุ่นลูก (F_1) ทั้งหมด (ค่าเฉลี่ย ± S.D.)	จำนวนรุ่นลูก (F_1) ที่รอดชีวิต (ค่าเฉลี่ย ± S.D.)		อัตราส่วนเพศ (ผู้:เมีย)	χ^2
			เพศผู้	เพศเมีย		
ปล่อยแตนเบียน 1 คู่	41.45 b[1)]	21.40±8.96 b	7.60±3.29 b	10.00±7.18 b	1:1.3	0.241 a[2)]
ปล่อยแตนเบียน 5 คู่	61.22 a	55.40±20.91 a	26.40±10.81 a	24.20±7.50 a	1.1:1	0.220 a
ปล่อยแตนเบียน 10 คู่	50.72 ab	50.20±18.74 a	18.60±5.90 a	20.60±6.35 a	1:1.1	0.241 a
กรรมวิธีควบคุม (ไม่ปล่อยแตนเบียน)	0.00 c	0.00 b	0.00 b	0.00 c	-	-
C.V. (%)	27.33	49.28	50.17	48.96	-	-

[1)] ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05) โดยวิธี DMRT

[2)] การทดสอบ Chi-square ที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05)

Gurr et al. [1] รายงานว่าแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. มีอัตราความล้มเหลวในการเบียนสูง จากความพยายามในการวางไข่ร้อยละ 95 และวางไข่ไม่สำเร็จถึงร้อยละ 89 อีกทั้งเมื่อแตนเบียนมีความหนาแน่นของประชากรสูง แตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. จะวางไข่ในโฮสต์ 1-3 ฟองต่อครั้ง แต่จะมีไข่เพียงใบเดียวเท่านั้นที่สามารถเจริญพัฒนาได้ภายในโฮสต์ ด้วยเหตุนี้อัตราการปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพการเบียนสูง จึงอาจไม่ใช่การปล่อยแตนเบียนในจำนวนมาก นอกจากนี้ อัตราส่วนเพศ ขนาดลำตัว และอัตราการเจริญเติบโตของแตนเบียนไข่ *A. optabilis* (Perkins) ในนาข้าวของจีน ได้รับอิทธิพลจากชนิดของแมลงอาศัย ชนิดของพืชอาศัย และสภาพแวดล้อมโดยรอบ [21] จึงอาจเป็นผลให้รุ่นลูกแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. เพศเมียในสภาพแปลงนา มีอัตราส่วนเพศลดลง เมื่อเทียบกับในสภาพห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 1-2) อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้ยังต้องมีการทดลองซ้ำเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลต่อไป

สำหรับการปล่อยแตนเบียนเพื่อใช้ควบคุมศัตรูข้าวในนาข้าวที่ประสบผลสำเร็จชนิดหนึ่ง คือ แตนเบียน *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ในการควบคุมศัตรูข้าวพวกผีเสื้อกลางคืน (Lepidopteran) โดยการปล่อยแตนเบียนชนิดนี้ 3-4 ครั้งต่อฤดูกาลปลูก จำนวน 100,000 ตัวต่อพื้นที่ 1 เฮกตาร์ หรือ 6.25 ไร่ และปล่อยแตนเบียน จำนวน 100 จุดต่อพื้นที่ 1 เฮกตาร์ โดยมีประสิทธิภาพในการเบียนไข่ของผีเสื้อหนอนกอข้าวและผีเสื้อหนอนห่อใบข้าวร้อยละ 30-60 [22-23] อย่างไรก็ตาม สภาพอากาศร้อนในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้แตนเบียนมีอัตราการตายสูงและมีอายุขัยสั้นลง ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงการปล่อยแตนเบียนในสภาพอากาศที่ร้อนจัด หรือเลือกพื้นที่ที่มีสภาพอากาศที่เหมาะสม [22] นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของแตนเบียนยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นวิธีการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณ ความหนาแน่นของประชากรแมลงอาศัย หรือสภาพแวดล้อมของระบบนิเวศ [22] รวมถึงรูปแบบและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปล่อยศัตรูธรรมชาติสู่สภาพธรรมชาติ จึงเป็นโจทย์วิจัยที่จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมไปด้วยกัน ทั้งศัตรูธรรมชาติในกลุ่มตัวเบียน และกลุ่มอื่น ๆ สำหรับพัฒนาเป็นเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดศัตรูข้าวโดยชีววิธีด้วยศัตรูธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพ เพื่อตั้งรับกับผลกระทบที่อาจเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก

4. สรุปผลการทดลอง

วิธีการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยเลี้ยงด้วยต้นกล้าข้าวที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และให้น้ำผึ้งเป็นอาหารกับแตนเบียน สามารถเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนได้ เฉลี่ย 509.96 ตัวต่อภาชนะเลี้ยงหนึ่งใบ มีอัตราการฟัก เฉลี่ย 162.15 ตัวต่อวัน แตนเบียนเพศเมียหนึ่งตัวขยายพันธุ์ได้รุ่นลูก เฉลี่ย 22.33 ตัว มีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเฉลี่ย คือ 1:3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพแปลงนา จังหวัดสุพรรณบุรี ฤดูนาปี พ.ศ. 2566 พบว่าการปล่อยแตนเบียนเพศผู้และเพศเมีย จำนวน 5 คู่ ต่อต้นข้าวที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (อายุ 15-20 วันหลังปักดำ) จำนวน 10 ต้น มีอัตราการเบียนสูงสุดคือร้อยละ 61.22 ผลิตรุ่นลูกทั้งหมดได้สูงสุด เฉลี่ย 55.40 ตัว มีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเฉลี่ย คือ 1.1:1 ทั้งนี้ ผลการทดลองนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม สำหรับเป็นคำแนะนำที่จะนำไปถ่ายทอดให้เกษตรกรในการเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ให้มีปริมาณเพียงพอ และอัตราการปล่อยแตนเบียนไข่ *Anagrus* spp. ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ภายใต้แผนงานระบบการผลิตข้าวแบบอาหารปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (ระยะที่ 2) โครงการการจัดการศัตรูข้าวอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวชนิดใหม่ โครงการย่อยผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติในนิเวศนาข้าว

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Gurr, G.M., Liu, J., Read, D.M.Y., Catindig, J.L.A., Cheng, J.A., Lan, L.P., & Heong, K.L. (2011). Parasitoids of Asian rice planthopper (Hemiptera: Delphacidae) pests and prospects for enhancing biological control by ecological engineering. *Annals of Applied Biology*, 158, 149-176.

[2] Jintana Chaiwong & Wantana Sriratanasak. (May 12-15, 2019). *Egg parasitoids of brown planthopper in rice field, central region*. Poster presented at the 36th 2019 Rice and Cereals Academic Conference, Grand Fortune Hotel Nakhon Si Thammarat, Nakhon Si Thammarat, Thailand. (In Thai)

[3] Preecha Vungsilabutr. (1981). Relative composition of egg-parasitespecies of *Nilaparvata lugens*, *Sogatella furcifera*, *Nephotettix virescens* and *Nephotettix nigropictus* in paddy fields in Thailand. *Tropical Pest Management*, 27, 313–317.

[4] Watcharinthon Maneerat & Weerawan Amornsak. (2016). The capacity for parasitism by the egg parasitoid *Anagrus flaveolus* (Waterhouse) (Hymenoptera: Mymaridae) on rice insect pests under laboratory conditions, in Proceedings of 54th Kasetsart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics, pp. 272-278. KU Knowledge Repository. (In Thai)

[5] Rice Knowledge Bank (RKB). (2024, May 11). *Egg parasitoid of delphacid planthoppers*. https://webold.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=61-1.htm. (In Thai)

[6] Sahad, K.A. (1984). Biology of *Anagrus optabilis* (Perkins) (Hymenoptera, Mymaridae) and egg parasitoid of delphacid planthoppers. *ESAKIA*, 22, 129-144.

[7] English-Loeb, G., Rhainds, M., Martinson, T., & Ugine, T. (2003). Influence of flowering cover crops on *Anagrus* parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) and *Erythroneura* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) in New York vineyard. *Agricultural and Forest Entomology*, 5, 173-181.

[8] Zhu, P., Gurr, G.M., Lu, Z., Heong, K., Chen, G., Zheng, X., Xu, H., & Yang, Y. (2013). Laboratory screening supports the selection of sesame (*Sesamum indicum*) to enhance *Anagrus* spp. parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) of rice planthoppers. *Biological Control*, 64, 83-89

[9] Peñalver-Cruz, A., & Horgan, F.G. (2022). Interactions between rice resistance to planthoppers and honeydew-related egg parasitism under varying levels of nitrogenous fertilizer. *Insects*, 13, 251.

[10] Thawat Reformatanusorn & Phetchathai Reformattanusorn. (2011). *Rice enemies and natural enemies in the lower northern and upper central regions*. (2nd ed). Rice Research and Development Office, Rice Department, Bangkok, Thailand. (In Thai)

[11] Gurr, G.M., Wratten, S.D., Landis, D.A., & You, M. (2017). Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. *Annual Review of Entomology*, 62, 91-109.

[12] Horgan, F.G., Vu, Q., Mundaca, E.A., & Crisol-Martínez, E. (2022). Restoration of rice ecosystem services: 'ecological engineering for pest management' incentives and practices in the Mekong delta region of Vietnam. *Agronomy*, 12, 1042.

[13] Zhu, P., Zheng, X., Joshson, A.C., Chen, G., Xu, H., Zhang, F., Yao, X., Heong, K., Lu, Z., & Gurr, G.M. (2022). Ecological engineering for rice pest suppression in China. *Agronomy for Sustainable Development*, 42, 69.

[14] Ratto, F., Bruce, T., Chipabika, G., Mwamakamba, S., Mkandawire, R., Khan, Z., Mkindi, A., Pittchar, J., Sallu, S.M., Whitfield, S., Wilson, K., & Sait, S.M. (2022). Biological control interventions reduce pest abundance and crop damage while maintaining natural enemies in sub-Saharan Africa: a meta-analysis. *Proceeding Royal Society B*, 289, 20221695.

[15] Nathawut Thanee. (2006). *Biological control*. Institute of Science. School of Biology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand. (In Thai)

[16] Office of Agricultural Research and Developmant Region 3. (2022). *Technology for controlling pests using natural enemies in the upper northeastern region*. Khon Kaen University Press., Khon Kaen, Thailand. (In Thai)

[17] Bentur J.S., Sain, M., & Kalode, M.B. (1982). Studies on egg and nymphal parasites of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, 91(2), 165-176.

[18] Shi, L., Liu, D., Qiu, L., Jiang, Z., & Zhan, Z. (2023). Evaluation of the parasitism capacity of a Thelytoky egg parasitoid on a serious rice pest, *Nilaparvata lugens* (Stål). *Animals*, 13(1), 12.

[19] Sulistyawati, Y., Trisyono, Y.A., & Witjaksono, W. (2022). Brown planthopper egg parasitization in rice fields with different growth ages. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 26(1), 86-92.

[20] Chiappini, E., & Lin, N.Q. (1998). *Anagrus* (Hymenoptera: Mymaridae) of China, with descriptions of nine new species. *Annals of the Entomological Society of America*, 91, 549–571.

[21] Yu, X.P. (1996). Relationship of egg parasitoids of rice planthoppers between rice and non-rice habitats. *Chinese Rice Newsletter*, 4, 9–11. (Chinese with English abstract)

[22] Babendreier, D., Hou, M., Tang, R., Zhang, F., Vongsabouth, T., Win, K.K., Kang, M., Peng, H., Song, K., Annamalai, S., & Horgan, F.G. (2020). Biological control of Lepidopteran pests in rice: A multi-nation case study from Asia. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), 5, 1–11.

[23] Babendreier, D., Hou, M., Zhang, F., & Sivapragasam, A. (2024, May 11). *Biological control based IPM in GMS rice fields*. CABI. https://www.cabi.org/wp-content/uploads/projectsdb/documents/33074/Rice%20congress%20bangkok%202014.pdf.