

ประสิทธิภาพและผลกระทบต่อศัตรูธรรมชาติของสารป้องกันกำจัดแมลงบางชนิด เพื่อควบคุมเพลี้ยไฟในนาข้าวโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (โดรน)

Efficacies and Natural Enemy Effects of Some Insecticides for Controlling Rice Thrips in Paddy Fields Using Unmanned Aerial Vehicles (Drones)

สุกัญญา อรุณมิตร^{1*} กัลยา บุญสง่า² รัตติกาล อินทมา³

อภิรดี มานะสุวรรณผล² สมฤดี พันธุ์สน² จิราพัชร ทะสี² ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม²

สุภาพร มีประเสริฐ³ กมลวรรณ แยมบุญทับ³ คณิตา อินทะเล¹ และ นพดล ประยูรสุข⁴

Sukanya Arunmit^{1*}, Kunlayaa Boonsa-nga², Rattigan Intama³,

Apiradee Manasuwanphol², Somruedee Panson², Jirapat Thasee² Piyapan Srikoom²,

Supaporn Meeprasert³, Kamonwan Yamboontab³, Kanita Intalae¹ and Noppadol Prayoonsuk⁴

¹ กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กรุงเทพฯ 10900

¹ Division of Rice Research and Development, Rice Department, Bangkok 10900, Thailand

² ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย อ.พาน จ.เชียงราย 57120

² Chiang Rai Rice Research Center, Phan, Chiang Rai 57120, Thailand

³ สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ ต. ร้อยใหญ่ อ. เมือง จ. สุพรรณบุรี 72000

³ Thailand Rice Science Institute, Rua Yai, Mueang, Suphan Buri 72000, Thailand

⁴ ศูนย์วิจัยข้าวพระนครศรีอยุธยา อ. พระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา 13000

⁴ Phra Nakhon Si Ayutthaya Rice Research Center, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000, Thailand

* Corresponding author: E-mail: sukanya.a@rice.mail.go.th

(Received: 24 July 2023; Accepted: 11 July 2024)

Abstract: Unmanned aerial vehicle (UAV) or drone has been used in agriculture with great efficiency and play a major role in precision agriculture. The objective of this research was to examine the effectiveness of insecticides against rice thrips and their effects on natural enemies in the outbreak rice fields using UAV spraying during the dry and wet seasons of 2021 in Suphan Buri and Chiang Rai provinces. The randomized complete block was used, and the recommended application rate of 3 liters of water per rai was sprayed over the rice plants at a level of 2 meters using the agricultural drone model AGRAS 16 and DJI MG-1P. The results showed that the efficiency of most pesticides were 79.12 to 97.36 percent in controlling rice thrips after 14-day spraying interval. When controlling rice thrips, the efficiency and effect of insecticides were considered from the percentage of rice leaf damage, the average number of infected plants per plant, effectiveness, diversity of natural enemies, Shannon-Wiener diversity index, and cost of rice thrips

insecticides used per rai were conducted. When sprayed with unmanned aerial vehicles on 1 rai of paddy fields, carbaryl 85% WP at the rate of 40 grams per 3 liters of water and dinotefuran 10% WP at the rate of 20 grams per 3 liters of water were suitable to recommend to farmers and contract sprayers to choose for effective prevention.

Keywords: Rice, thrips, unmanned aerial vehicles (drones), insecticides, efficacy

บทคัดย่อ: เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicle, UAV) หรือโดรน (drone) ถูกนำมาใช้ในภาคการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีบทบาทมากขึ้นในการทำเกษตรแบบแม่นยำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและผลกระทบต่อความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติในนาข้าวด้วยอากาศยานไร้คนขับพ่นสาร ในแปลงเกษตรที่พบการระบาดของเพลี้ยไฟ ฤดูนาปรังและฤดูนาปี พ.ศ. 2564 จังหวัดสุพรรณบุรีและเชียงราย วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block ใช้โดรนการเกษตร รุ่น AGAS 16 และรุ่น DJI MG-1P พ่นสารตามอัตราและน้ำต่อไร่ 3 ลิตรต่อไร่ บินพ่นสารอยู่เหนือต้นข้าว 2 เมตร ผลการทดลองพบว่า หลังพ่นสาร 14 วัน สารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟส่วนใหญ่ควบคุมเพลี้ยไฟได้ดี ประสิทธิภาพร้อยละ 79.12 - 97.36 เมื่อพิจารณาอัตราความเสียหายของใบข้าว ค่าเฉลี่ยจำนวนเพลี้ยไฟที่ลงทำลายข้าวต่อต้น ประสิทธิภาพความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติ ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener และราคาของสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟที่ใช้ต่อไร่ การพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับในพื้นที่นาข้าว 1 ไร่ สาร carbaryl 85% WP อัตรา 40 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร และสาร dinotefuran 10% WP อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร เป็นสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟที่มีประสิทธิภาพ ควรแนะนำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการรับจ้างพ่นสารได้เลือกใช้

คำสำคัญ: ข้าว เพลี้ยไฟ อากาศยานไร้คนขับ (โดรน) สารป้องกันกำจัดแมลง ประสิทธิภาพ

คำนำ

เพลี้ยไฟเป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ ทำลายข้าวในระยะกล้าหรือหลังปักดำ 2-3 สัปดาห์ โดยเฉพาะสภาพอากาศร้อนแห้งแล้งหรือฝนทิ้งช่วงนานติดต่อกัน หรือนาข้าวที่ขาดน้ำ ชนิดที่พบมากและมีความสำคัญได้แก่ เพลี้ยไฟ *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall) (Thripidae: Thysanoptera) เป็นแมลงจำพวกปากดูดขนาดเล็ก ลำตัวยาว 1-2 มิลลิเมตร ตัวอ่อนมีสีเหลืองอ่อน ตัวเต็มวัยวางไข่ในเนื้อเยื่อของใบข้าว ระยะตัวอ่อนถึงระยะตัวเต็มวัยประมาณ 15 วัน ทำลายข้าวโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบข้าวที่ยังอ่อน ปลายใบข้าวจะเหี่ยว ขอบใบม้วนเข้าหากกลางใบ อาศัยอยู่ในใบที่ม้วนและตามซอกใบที่ถูกทำลาย ถ้าวอดมาก ๆ ทำให้ต้นข้าวแห้งตายได้ทั้งแปลง (Sriratanasak *et al.*, 2019)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อศัตรูข้าว ผลกระทบทางตรง เช่น ผลต่ออัตราการขยายพันธุ์ การเจริญเติบโต การอยู่รอด และการแพร่กระจายตัว และผลกระทบทางอ้อม เช่น ผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างศัตรูพืชและสภาพแวดล้อม รวมถึงศัตรูธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหาร สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต การแพร่กระจาย และการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟข้าว (Gullino *et al.*, 2022; Pushpalatha *et al.*, 2023; Rezvi *et al.*, 2023; Skendzic *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2022; Yadav *et al.*, 2019) สอดคล้องกับรายงานสถานการณ์การระบาดของศัตรูข้าวในประเทศไทย โดยกรมส่งเสริมการเกษตรรายงานการระบาดของเพลี้ยไฟข้าวในทุกภูมิภาคของประเทศต่อเนื่องตั้งแต่ พ.ศ. 2561- มิถุนายน พ.ศ. 2566 รวมพื้นที่

กว่า 25,937 ไร่ (Plant Protection Promotion and Soil-Fertilizer Management Division, 2023) พฤติกรรมการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น การใช้สารป้องกันกำจัดแมลงไม่ถูกชนิด ไม่ถูกอัตราและช่วงเวลา รวมถึงวิธีการใช้ ล้วนเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดการระบาดของแมลง (Sriratanasak, 2010) นอกจากนั้นการผสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดในคราวเดียว โดยไม่ศึกษาผลการผสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช มีผลต่อการเสริมฤทธิ์หรือลดทอนประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิด (Srijuntra and Punyawattoe, 2023) อีกทั้งอาจก่อให้เกิดศัตรูพืชสร้างความต้านทาน (resistance) ประชากรศัตรูพืชเป้าหมายอาจเพิ่มขึ้นมาอย่างรวดเร็วหลังการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเกิดการระบาดเพิ่ม (resurgence) หรือการระบาดของแมลงศัตรูพืชที่มีความสำคัญอันดับรอง (secondary pest outbreak) และท้ายสุดสารป้องกันกำจัดแมลงที่ใช้ในระบบนิเวศเกษตรจะสร้างอันตรายต่อแมลงที่ผสมเกสร สัตว์ป่า และสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ต่างๆ (Vungsilabutr, 2002)

การใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicle, UAV) หรือโดรน (drone) ถูกนำมาใช้ในภาคการเกษตรอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง อากาศยานไร้คนขับ 1 ลำ พ่นสารได้ 100-200 ไร่ต่อวัน ทดแทนแรงงานคนได้ 10-20 คนปลอดภัยต่อเกษตรกรเนื่องจากลดการสัมผัสและสูดดมสารขณะพ่น และป้องกันกำจัดศัตรูข้าวได้อย่างแม่นยำและทันท่วงที เป็นทางเลือกในสภาวะขาดแคลนแรงงานที่มีทักษะ ทำให้เกษตรกรและบริษัทเคมีเกษตรนำเทคโนโลยีการพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับเข้ามาทดแทนวิธีการพ่นสารแบบเดิม (lost Filho *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2019; Parmar *et al.*, 2021; Song *et al.*, 2020; Subramanian *et al.*, 2021) เช่น การพ่น tebuconazole 50% + trifloxystrobin 25 % WG ด้วยอากาศยานไร้คนขับมีการตกค้างของละอองสารบนต้นข้าวและมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคเมล็ดด่าง เทียบเท่ากับวิธีการพ่นของเกษตรกรที่พ่นด้วยเครื่องยนต์พ่นสารสะพายหลังแบบแรงดันน้ำสูง

(Punyawattoe *et al.*, 2019) และการพ่น tricyclazole และ isoprothiolane ด้วยอากาศยานไร้คนขับมีค่าเฉลี่ยของความรุนแรงและการเกิดโรคไหม้ไม่แตกต่างกับการพ่นด้วยแรงงานคน (Takham *et al.*, 2022) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟและผลกระทบต่อความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติในนาข้าวจากการใช้อากาศยานไร้คนขับพ่นสาร เพื่อพัฒนาคำแนะนำและแนวทางการกำหนดมาตรฐานการใช้อากาศยานไร้คนขับพ่นสารอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง ปลอดภัย และคุ้มค่ากับการลงทุน เป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรแบบแม่นยำ นำไปสู่การพัฒนากระบวนการเกษตรสมัยใหม่ของประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ดำเนินการในแปลงนาที่พบการระบาดหรือมีประวัติการระบาดของเพลี้ยไฟถึงระดับเศรษฐกิจ คือ พบตัวเต็มวัย 1-3 ตัวต่อต้น ในข้าวระยะกล้าหรือพบใบข้าวม้วนมากกว่าร้อยละ 20 อายุข้าวไม่เกิน 30 วันหลังหว่าน วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block มี 4 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อย 10x20 เมตร ระยะห่าง 10 เมตร เมื่อข้าวอายุ 15 วันหลังหว่าน ดำเนินการที่แปลงเกษตรกรอำเภอปางปาลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี ฤดูนาปรัง พ.ศ. 2564 ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ รุ่น AGRAS T16 หัวฉีดแบบพัดจำนวน 8 หัว และแปลงเกษตรกร อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ฤดูนาปี พ.ศ. 2564 ปลูกข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 พ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI MG-1P หัวฉีดแบบพัด จำนวน 4 หัว อากาศยานไร้คนขับทั้ง 2 รุ่น ผลิตโดย Shenzhen DJI Sciences and Technologies Ltd. สาธารณรัฐประชาชนจีน โดยใช้สารป้องกันกำจัดแมลงที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมใช้อัตราแนะนำข้างฉลาก (Table 1) และน้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม) ต่อการใช้น้ำ 3 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่ ปีนพ่นสารอยู่เหนือต้นข้าวที่ระดับ 2 เมตร ตามวิธีการของ Punyawattoe (2021)

Table 1. List of 7 tested insecticides on their recommended doses for the rice thrips, *Stenchaethrips biformis* (Bagnall) trial, and cost of insecticide application based on the recommended doses

Insecticide name	Recommended dose ¹ (per 20 liters of water)	Application dose of drone (per 3 liters of water per rai)	Cost of insecticides based on (baht/rai)	Subgroup, class or Exemplifying active ²	Main group/Primary site of action ³	Target pests on the product label
carbaryl 85% WP	20 grams	40 grams	28.00	1A Carbamates	Acetylcholinesterase	Rice thrips
carbosulfan 20%	30 milliliters	60 milliliters	30.00	1A Carbamates	Acetylcholinesterase	Rice thrips, Rice
malathion 83% EC	40 milliliters	80 milliliters	36.00	1B Organophosphates	Acetylcholinesterase	Rice thrips
triazophos 40%	50 milliliters	100 milliliters	48.00	1B Organophosphates	Acetylcholinesterase	Rice thrips
dnofefuran 10% WP	10 grams	20 grams	60.00	4A Neonicotinoids	Nicotinic acetylcholine	Rice thrips, Brown planthopper
thiacloprid 24% SC	3 milliliters	6 milliliters	18.00	4A Neonicotinoids	Nicotinic acetylcholine	Rice thrips
imidacloprid 70% WG	3 grams	6 grams	21.00	4A Neonicotinoids	Nicotinic acetylcholine	Rice thrips, Brown planthopper

¹ When using a motorised high pressure pump sprayer on rice that is no older than 40 days, utilize 40 liters of water per rai (Punyawattee, 2013)

^{2,3} IPAC (2023)

2. ศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟจากการใช้อากาศยานไร้คนขับพ่นสาร

2.1 ตรวจนับแมลงด้วยวิธีการสุ่มนับโดยตรง สุ่มนับต้นข้าวแปลงละ 40 ต้น และตรวจนับทุกใบตามแนวเส้นทแยงมุม เว้นระยะห่างจากขอบแปลง 50 เซนติเมตร นับจำนวนเพลี้ยไฟและประเมินการทำลายของเพลี้ยไฟ โดยให้คะแนน (grade) ระดับการทำลายของเพลี้ยไฟ พิจารณาจากส่วนใบยอดของต้นข้าว ตรวจนับก่อนใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเป็นเวลา 1 วัน และหลังจากใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเป็นเวลา 3 7 และ 14 วัน แล้วคำนวณหาร้อยละ (%) ของใบข้าวที่ถูกทำลาย ดังนี้

0 = ไม่พบการทำลาย

1 = ยอดใบแรกม้วน 1/3 ของพื้นที่ใบ

3 = ยอดใบที่ 1 และ 2 ม้วน 1/3 – 1/2 ของพื้นที่ใบ

5 = ยอดใบที่ 1, 2 และ 3 ม้วน 1/2 ของพื้นที่ใบ

7 = ใบข้าวทุกใบม้วนทั้งใบและมีสีเหลือง

9 = ต้นข้าวเหี่ยวแห้งตายทั้งแปลง

ร้อยละของใบข้าวที่ถูกทำลาย = $\frac{\text{จำนวนใบข้าวที่ถูกทำลาย} \times 100}{\text{จำนวนใบข้าวทั้งหมด}}$

2.2 คำนวณจำนวนเพลี้ยไฟที่พบเฉลี่ยต่อต้นและอัตราความเสียหายของใบข้าว (ร้อยละ) นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อใช้คำนวณประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดแมลง กรณีจำนวนเพลี้ยไฟก่อนพ่นสารแตกต่างกันทางสถิติ (heterogeneity) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิด ตามวิธีการของ Henderson – Tilton (Henderson and Tilton, 1955) (A) กรณีจำนวนเพลี้ยไฟก่อนพ่นสารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (homogeneous) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิด ตามวิธีการของ Abbott's formula (Abbott, 1925) (B)

$$\text{Corrected \%} = \left(1 - \frac{n \text{ in Co before treatment} * n \text{ in T after treatment}}{n \text{ in Co after treatment} * n \text{ in T after treatment}} \right) * 100 \quad (\text{A})$$

$$\text{Corrected \%} = \left(1 - \frac{n \text{ in T after treatment}}{n \text{ in T Co treatment t}} \right) * 10 \quad (\text{B})$$

โดย n = จำนวนเพลี้ยไฟ T = กรรมวิธีที่พ่นสารป้องกันกำจัดแมลง Co = กรรมวิธีควบคุม (พ่นน้ำกลั่น)

2.3 ศึกษาความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติ ตรวจนับแมลงโดยการใช้เครื่องดูดแมลง D-Vac แปลงละ 5 จุด จุดละ 1x1 เมตร เว้นระยะห่างจากขอบแปลง 50 เซนติเมตร ก่อนใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเป็นเวลา 1 วัน และหลังจากใช้สารป้องกันกำจัดแมลงเป็นเวลา 7 และ 14 วัน เก็บตัวอย่างแมลงในแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 เพื่อจำแนกชนิดและนับจำนวนแมลงศัตรูข้าว และศัตรูธรรมชาติภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ตามวิธีการของ Chaiwong *et al.* (2011) ข้อมูลชนิดและปริมาณแมลงนำมาวิเคราะห์ปริมาณ (%) ของศัตรูธรรมชาติที่ลดลงในแปลงที่ใช้สารเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ใช้สาร แล้วเทียบระดับความเป็นอันตรายต่อศัตรูธรรมชาติของสารป้องกันกำจัดแมลงตามหลักเกณฑ์ Oomen *et al.* (2001) และเปรียบเทียบดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อหาค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon-Wiener index (Burikham, 1981; Ruayaree, 2002; Chaiwong *et al.*, 2011) ของแต่ละกรรมวิธี ระดับความเป็นอันตรายต่อศัตรูธรรมชาติของสารป้องกันกำจัดแมลง

<25 = ไม่เป็นอันตราย (harmless)

25-50 = อันตรายเล็กน้อย (slightly harmless)

50-75 = อันตรายปานกลาง (moderately harmless)

> 75 = อันตรายมาก (very harmful)

Shannon-Wiener index (H)

$$H = - \sum (p_i) (\log_2 p_i)$$

H = ดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Wiener (Shannon-Wiener diversity index)

p_i = อัตราส่วนระหว่างจำนวนสิ่งมีชีวิตชนิดที่ i ต่อจำนวนสิ่งมีชีวิตที่พบทั้งหมด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟจากการใช้อากาศยานไร้คนขับพ่นสาร

1.1 แปลงเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี ก่อนพ่นสารพบการทำลาย (ร้อยละ 4.75-14.32) และจำนวนเพลี้ยไฟ (3.79-10.07 ตัวต่อต้น) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังพ่นสาร 3 วัน พบการทำลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แปลงที่พ่น carbosulfan 20% EC และ thiacloprid 24% SC มีการทำลายลดลง ยกเว้น carbaryl 85% WP, dinotefuran 10% WP และ thiacloprid 24% SC มีการทำลายเพิ่มขึ้น แต่หลังพ่นสาร 7 และ 14 วัน ทุกกรรมวิธีที่พ่นสารมีการทำลายและจำนวนเพลี้ยไฟลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) ประสิทธิภาพหลังพ่นสาร 3 วัน ร้อยละ 35.50 - 55.14 แต่หลังพ่นสาร 7 และ 14 วัน ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธี โดย carbosulfan 20% EC มีประสิทธิภาพสูงสุด ร้อยละ 96.01 และ 97.36 ตามลำดับ (Table 2)

1.2 แปลงเกษตรกรจังหวัดเชียงราย ก่อนพ่นสารพบการทำลาย (ร้อยละ 7.59-35.55) และจำนวนเพลี้ยไฟ (3.1-12.9 ตัวต่อต้น) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังพ่นสารพบการทำลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังพ่นสาร 3 วัน การทำลายลดลง ยกเว้น carbosulfan 20 % EC มีการทำลายเพิ่มขึ้น และลดลง หลังพ่นสาร 7 และ 14 วัน (Table 3) เช่นเดียวกับจำนวนเพลี้ยไฟหลังพ่นสารมีจำนวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังพ่นสาร 3 วัน มีจำนวนลดลงและเพิ่มขึ้น หลังพ่นสาร 7 วัน แต่หลังพ่นสาร 14 วัน พบจำนวนลดลง (0.13-0.97 ตัวต่อต้น) ในขณะที่ carbosulfan 20% EC มีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง (Table 3) ประสิทธิภาพหลังพ่นสาร 3 วัน เฉลี่ยร้อยละ 80 ยกเว้น malathion 83% EC และ carbaryl 85% WP มีประสิทธิภาพสูงสุด เฉลี่ยร้อยละ 90 แต่หลังพ่นสาร 14 วัน dinotefuran 10% WP มีประสิทธิภาพสูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 97.03 (Table 3)

การใช้อากาศยานไร้คนขับพ่นสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟทั้ง 2 สถานที่ พบว่า หลังพ่นสาร 14 วัน สารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟได้ดี (ร้อยละ 79.12-97.36) ยกเว้นสาร imidacloprid 70% WG มีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 60.34 ซึ่ง imidacloprid, dinotefuran และ

thiacloprid เป็นสารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ ออกฤทธิ์โดยปรับการทำงานของตัวรับสารอะเซทิลโคลีนชนิดนิโคตินิกโดยการจับแบบแข่งขัน มีการใช้อย่างกว้างขวางและแพร่หลายมากที่สุดในโลก ได้รับการจดทะเบียนมากกว่า 120 ประเทศ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงจำพวกปากดูด (Simon-Delso *et al.*, 2015) สามารถละลายน้ำได้ค่อนข้างสูงและเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Tang *et al.*, 2017) สารกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟแตกต่างกัน อาจเกิดจากความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟ สอดคล้องกับ Ding *et al.* (2018) รายงานว่า การคลุกเมล็ดข้าวโพดด้วย thiamethoxam, clothianidin และ imidacloprid มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเพลี้ยไฟข้าวโพด ตลอดฤดูปลูก ยกเว้น acetamiprid, nitenpyram, dinotefuran และ thiacloprid มีประสิทธิภาพต่ำในการควบคุมเพลี้ยไฟข้าวโพดในช่วงฤดูร้อน ซึ่ง Byrne *et al.* (2007) รายงานว่า thiamethoxam, clothianidin และ imidacloprid สามารถควบคุมเพลี้ยไฟอะโวคาโดได้ดีเมื่อทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และ Shan *et al.* (2012) พบว่า ระดับความเป็นพิษของ thiamethoxam และ acetamiprid ต่อตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเพศเมียของเพลี้ยไฟดอกไม้ตะวันตก *Frankliniella occidentalis* Pergande สูงกว่าสารในกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ชนิดอื่นๆ ที่ทดสอบ (nitenpyram, imidacloprid และ thiacloprid) ในขณะที่ carbosulfan และ carbaryl เป็นสารกลุ่มคาร์บาเมท malathion และ triazophos เป็นสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต ออกฤทธิ์โดยเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส ทำให้มีการคั่งของสารสื่อประสาท เกิดการถ่ายทอดกระแสประสาทไม่หยุดและเกิดมากเกินไป จนทำให้แมลงตาย สารทั้งสองกลุ่มย่อยนี้เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มเก่าที่ออกฤทธิ์กว้าง (*broad spectrum*) ทั่วโลกมีการใช้อย่างแพร่หลายในพืชมากกว่า 120 ชนิด (Ware, 2000) โดยเฉพาะ carbaryl ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีค่าครึ่งชีวิตในสิ่งแวดล้อมสั้น และสามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า 160 ชนิด (Ware, 2001)

Table 2. Efficacy of insecticides in controlling rice thrips, *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall) by using the unmanned aerial vehicle in rice fields at Suphan Buri province, dry season 2021

Treatment	Leaf damage (%)				Number of thrips (insects/plant)				Efficacy (%)			
	PT	3 DAS	7 DAS	14 DAS	PT	3 DAS	7 DAS	14 DAS	3 DAS	7 DAS	14 DAS	
carbaryl 85%	14.32 a ¹	15.27 b	3.86 b	3.11 b	8.34	6.14	1.94 b	0.46 b	44.61	84.22	97.04	
carbosulfan	7.80 abc	4.51 c	1.57 b	0.95 b	10.07	6.01	0.59 b	0.50 b	55.14	96.01	97.36	
dinotefuran 10%	4.75c	11.65 b	3.20 b	2.22 b	4.51 a	3.87	1.82 b	0.86 b	35.50	72.69	89.84	
thiacloprid 24%	6.27 bc	3.13 c	3.45 b	2.79 b	3.98 a	4.41	1.52 b	0.72 b	35.55	74.19	90.40	
triazophos 40%	9.65 abc	11.47 b	4.13 b	2.15 b	3.79 a	3.15	1.32 b	0.98 b	37.54	76.47	86.26	
Control	12.04 ab	26.63 a	33.33 a	30.09 a	6.86 b	9.13	10.16 a	12.88 a	-	-	-	
CV (%)	39.34	30.93	30.03	33.68	37.85	40.61	37.10	14.15	-	-	-	

¹ Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P = 0.05$) by DMRT, PT = Pre-treatment count, DAS = days after spraying

Table 3. Efficacy of insecticides in controlling rice thrips, *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall) by using the unmanned aerial vehicle in rice fields at Chiang Rai province, wet season 2021

Treatment	Leaf damage (%)			Number of thrips (insects/plant)					Efficacy (%)		
	PT	3 DAS	7 DAS	14 DAS	PT	3 DAS	7 DAS	14 DAS	3 DAS	7 DAS	14 DAS
carbaryl 85% WP	30.90 cd ¹	28.07 c	20.50 ab	13.18 a	12.70 c	1.33 a	3.33 a	0.97 a	89.48	86.82	79.12
carbosulfan 20% EC	7.59 a	26.86 bc	22.28 ab	15.28 ab	7.10 ab	1.40 a	1.33 a	0.23 a	80.22	79.66	93.96
dinotefuran 10% WP	22.32 bc	21.54 b	22.77 ab	18.02 ab	12.90 c	2.50 a	4.33 a	0.13 a	80.73	83.20	97.03
thiacloprid 24% SC	20.41 bc	10.13 a	14.37 a	14.67 ab	7.00 ab	1.33 a	2.00 a	0.23 a	80.98	85.70	92.26
imidacloprid 70% WG	25.82 bcd	21.59 b	26.75 b	16.28 ab	3.10 a	0.67 a	1.33 a	0.97 a	78.35	52.99	60.34
malathion 83% EC	14.78 ab	12.00 a	15.85 a	12.83 a	3.70 a	0.33 a	1.33 a	0.27 a	90.92	81.80	80.90
Control	35.55 d	44.76 c	57.01 c	25.51 b	10.80 bc	10.87	21.67	4.00 b	-	-	-
CV (%)	28.48	14.70	20.29	33.84	29.64	85.27	69.75	61.74	-	-	-

¹ Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P = 0.05$) by DMRT, PT = Pre-treatment count, DAS = days after spraying

เมื่อพิจารณาราคาของสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟที่ใช้ต่อไร่ พบว่า thiacloprid 24% SC และ carbaryl 85% WP เป็นสารที่มีราคาต่ำที่สุด (Table 1) แต่ทั้งนี้ thiacloprid และ malathion เป็นสารที่อยู่ในบัญชีของสหภาพยุโรปที่จัดเป็นสารขัดขวางการทำงานของต่อมไร้ท่อ (endocrine disruptors) (Cobelli and Wangsomboondee, 2019) และ triazophos เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่ก่อให้เกิดการระบาดเพิ่ม (resurgence) ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว (Vungsilabutr, 2002) ดังนั้น carbaryl 85% WP และ dinotefuran 10% WP จึงเป็นสารทางเลือกทดแทนสารทั้งสองชนิด

2. ความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติจากการใช้อากาศยานไร้คนขับพ่นสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในนาข้าว

2.1 แปลงเกษตรกรจังหวัดสุพรรณบุรี ความชุกชุม (relative abundant) ของศัตรูธรรมชาติ ก่อนพ่นสารพ่นศัตรูธรรมชาติ 3 อันดับ ได้แก่ Hymenoptera, Diptera และ Odonata หลังพ่นสารพ่นศัตรูธรรมชาติ 5 อันดับ ได้แก่ Hemiptera, Hymenoptera, Araneae, Diptera และ Coleoptera กรรมวิธีที่พ่นสารลดปริมาณศัตรูธรรมชาติที่เป็นตัวห้ำหั่นแมลงวัน กลุ่มแมลงปอ และศัตรูธรรมชาติที่เป็นกลุ่มแตนเบียน ในขณะที่กลุ่มเพลี้ยและมวน กลุ่มแมงมุม และกลุ่มด้วงมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบระดับความเป็นอันตรายต่อศัตรูธรรมชาติ พบว่า กรรมวิธีที่พ่นสารไม่เป็นอันตรายต่อศัตรูธรรมชาติ (-22.6-19.6) สำหรับค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener เท่ากับ 0 หลังพ่นสาร 14 วัน ทุกกรรมวิธีที่พ่นสารและกรรมวิธีควบคุม แสดงถึงจำนวนชนิดและปริมาณศัตรูธรรมชาติที่มีปริมาณต่ำ ทั้งนี้ดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener (H') เพิ่มขึ้น เมื่อมีจำนวนชนิดพันธุ์ในสังคมเพิ่มขึ้นและมีความสม่ำเสมอในการกระจายของปริมาณศัตรูธรรมชาติในแต่ละชนิดพันธุ์ (Pansawang *et al.*, 2017) ซึ่ง Ueno (2012) รายงานว่า แนวทางปฏิบัติหลายอย่างที่ใช้ในระบบการ-ผลิตข้าวสมัยใหม่ โดยเฉพาะการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงที่มีฤทธิ์กว้าง (broad spectrum) และความถี่ในการใช้ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อจำนวนชนิดและลดประสิทธิภาพในการทำงานของศัตรูธรรมชาติเหล่านั้นด้วย ทำให้ความหลากหลายของศัตรูธรรมชาติในนาข้าวลดลง รวมถึง

อาร์โทรพอด (arthropod) ชนิดอื่น ๆ เช่น แมลงที่ช่วยผสมเกสร และแมลงในน้ำที่อยู่ร่วมกันในนิเวศนาข้าวลดลง (Afifah and Sugiono, 2020; Chaigarun *et al.*, 2011; Hladik *et al.*, 2018; Ngin *et al.*, 2017; Ruay-aree, 2002; Singh *et al.*, 2020)

2.2 แปลงเกษตรกรจังหวัดเชียงราย ความชุกชุมของศัตรูธรรมชาติ ก่อนพ่นสารพ่นศัตรูธรรมชาติ 3 อันดับ ได้แก่ Hymenoptera, Hemiptera และ Coleoptera หลังพ่นสารพ่นศัตรูธรรมชาติ 6 อันดับ ได้แก่ Hymenoptera, Araneae Odonata, Diptera, Orthoptera และ Coleoptera (Table 4) กรรมวิธีที่พ่นสารลดปริมาณศัตรูธรรมชาติที่เป็นแตนเบียน และศัตรูธรรมชาติที่เป็นตัวห้ำหั่นกลุ่มเพลี้ยและมวน และกลุ่มด้วง ในขณะที่ศัตรูธรรมชาติที่เป็นตัวห้ำหั่นแมงมุม กลุ่มแมลงปอ กลุ่มแมลงวัน และกลุ่มจิ้งหรีดตั๊กแตนมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบระดับความเป็นอันตรายต่อศัตรูธรรมชาติ กรรมวิธีที่พ่น thiacloprid 24% SC มีอันตรายเล็กน้อยต่อศัตรูธรรมชาติ (34.3) สอดคล้องกับ Alam and Das (2020) รายงานว่า แมงมุมสุนัขป่า *Lycosa pseudoannulata* และด้วง *Ophionea indica* ศัตรูธรรมชาติที่สำคัญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการใช้สาร 1 วันต่อเนื่องถึง 7 วัน ตามอัตราที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ Zeng *et al.* (2010) รายงานว่า หลังพ่น thiacloprid 48% SC อัตรา 45-63 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อเฮกตาร์ เป็นเวลา 7 วัน พบประชากรแมงมุมลดลงร้อยละ 42.86-60.90 ในขณะที่สารชนิดอื่นไม่เป็นอันตรายต่อศัตรูธรรมชาติ (-20-22.9) สำหรับค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังพ่นสาร 14 วัน ทุกกรรมวิธีที่พ่นสารและกรรมวิธีควบคุม ก่อนพ่นสารและหลังพ่นสาร 14 วัน พบค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener สูงสุดเท่ากับ 0.37 และ 0.58 ตามลำดับ (Figure 1) ซึ่ง Lu *et al.* (2006) รายงานว่า พบความชุกชุมของศัตรูธรรมชาติกลุ่มอาร์โทรพอดมากที่สุดในข้าวระยะน้ำนม (milking stage) ในแปลงนาของสถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศ (International Rice Research Institute) ในขณะที่ Mukherjee and Khan (2017) รายงานว่า ระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่แตกต่างความชุกชุมของ

Table 4. List of natural enemies in different rice ecosystems and percentage of natural enemy's abundance collected by D-Vac before and after spraying insecticides for controlling rice thrips, *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall) under rice field condition at Suphan Buri provinces, during the dry seasons of 2021, and Chiang Rai provinces, during the wet seasons of 2021

Functional Group	Order	Family	Scientific name	Percentage of abundance (%)			
				Suphan Buri province		Chiang Rai province	
				Pre-spray	Post-spray	Pre-spray	Post-spray
Predator	Araneae	Lycosidae	<i>Lycosa pseudoannulata</i> (Bosenberg and Strand)	0	0	0	21.43
		Oxyopidae	<i>Oxyopes javanus</i> Thorell	0	11.43	0	4.76
		Oxyopidae	<i>Oxyopes javanus</i> Throll / <i>Oxyopes lineatipes</i>	0	0	0	4.76
Predator	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Micraspis discolor</i> (Fabricius)	0	2.86	12.50	4.76
Predator	Diptera	Pipunculidae	<i>Pipunculus</i> sp.	40.00	2.86	0	4.76
		Chloropidae	<i>Anatrichus pygmaeus</i>	0	0	0	7.14
		Ephydriidae	<i>Ochthera brevitibialis</i>	0	2.86	0	0
Predator	Hemiptera	Miridae	<i>Gyrtothrinus lividipennis</i> (Reuter)	0	25.71	25.00	0
		Veliidae	<i>Microvelia douglasi atrolineata</i> (Bergroth)	0	20.00	0	0
Predator	Odonata	Agriionidae	<i>Agriocnemis</i> sp.	20.00	0	0	14.29
Predator	Orthoptera	Grylloidea	<i>Metioche vittaticollis</i>	0	0	0	7.14
Parasitoid	Hymenoptera	Braconidae	<i>Tropobracon schoenobii</i>	0	0	0	2.38
		Eulophidae	<i>Tetrastichus schoenobii</i>	40.00	2.86	12.50	9.52
		Ichneumonidae	<i>Temelucha</i> sp.	0	0	0	2.38
		Mymaridae	<i>Anagrus</i> sp.	0	0	12.50	7.14
		Mymaridae	<i>Gonatocerus</i> sp.	0	0	12.50	0
		Mymaridae	<i>Mymar taprobanicum</i>	0	0	0	7.14
		Pteromalidae	<i>Obtusiclava oryzae</i>	0	0	12.50	4.76
		Pteromalidae	<i>Opius</i> sp.	0	31.43	12.50	7.14

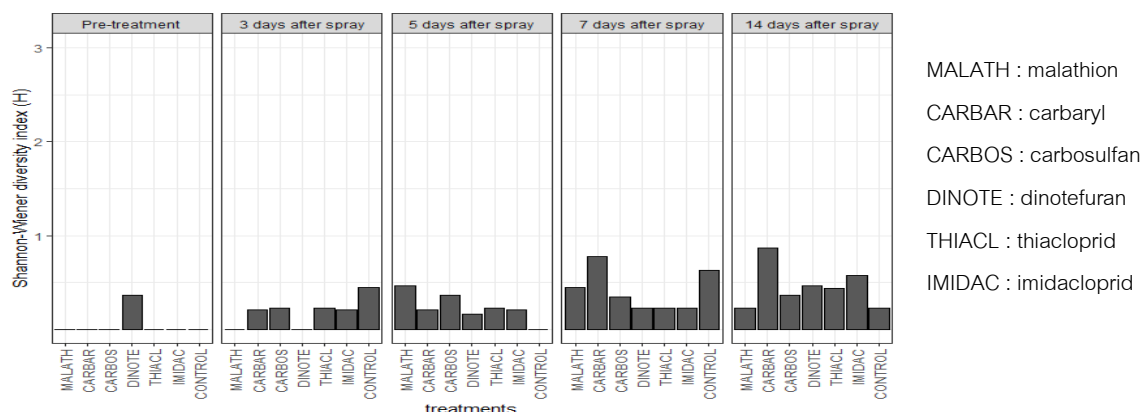


Figure 1. Shannon-Wiener diversity index (H) of natural enemies in rice fields Chiang Rai province, wet season 2021

ศัตรูพืชจะพบสูงในระยะกำเนิดช่อดอกหรือระยะสร้างรวงอ่อน (panicle initiation stage) เช่นเดียวกับการรายงานของ Wiranto *et al.* (2022) ที่พบว่าจำนวนชนิดของแมลงและดัชนีความหลากหลายชนิดมีค่าสูงในข้าวพันธุ์ IR64 ในระยะการสร้างรวงอ่อนไปจนถึงระยะออกรวง

สรุป

การใช้อากาศยานไร้คนขับ (โดรน) พ่นสารป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในข้าวอายุ 15 วันหลังหว่าน (ระยะกล้า) สาร carbaryl 85% WP อัตรา 40 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่ และสาร dinotefuran 10% WP อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่ บินพ่นสารอยู่เหนือต้นข้าวที่ระดับ 2 เมตร มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟได้ดี ไม่เป็นพิษต่อต้นข้าว มีผลกระทบต่อศัตรูธรรมชาติ และมีต้นทุนต่อไร่ต่ำที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณวิจัย ภายใต้แผนงานวิจัยนวัตกรรมด้านพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตข้าวเพื่อรองรับเกษตรสมัยใหม่ ดร.พทุทธิชาติ ปญฺ์วัฒน์ ที่ให้ข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการวิจัย และคุณจินตนา ไชยวงศ์

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ที่สนับสนุนข้อมูลการระบาดของเพลี้ยไฟ

เอกสารอ้างอิง

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18(2): 265-267.
- Affiah, L. and D. Sugiono. 2020. The diversity of insect in paddy field in Karawang, West Java with different pest management techniques. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 25(2): 299-306.
- Alam, M.J. and G. Das. 2020. Toxicity of insecticides to predators of rice brown planthopper: Wolf spider and carabid beetle. *Journal of Food, Nutrition and Agriculture* 3: 9-13.
- Burikham, I. 1981. Insect ecology guidelines for practice. Department of Entomology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen Campus, Kasetsart University, Nakhon Pathom Province. 85 p. (in Thai)
- Byrne, F.J., N.C. Toscano, A. A. Urena, and J. G. Morse. 2007. Toxicity of systemic

- neonicotinoid insecticides to avocado thrips in nursery avocado trees. *Pest Management Science* 63(9): 860-866.
- Chaigarun, S., N. Kessomboon, P. Kessomboon, S. Somboon, P. Khangkhan and K.L. Heong. 2011. Comparison of biodiversity index in pesticide treated and untreated rice field in northeast of Thailand. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences* 10(1): 71-79.
- Chaiwong, J., W. Sriratanasak and S. Arunmit. 2011. Impact of recommended insecticides on natural enemies in irrigated rice ecosystem. *Agricultural Science Journal* 42(2)(Suppl.): 73-76. (in Thai)
- Cobelli, P. and T. Wangsomboondee. 2019. Endocrine disruptor pesticides: Impact on Thai rice exporters. *Thai Rice Research Journal* 10(1):108-119. (in Thai)
- Ding, J., H.Li., Z. Zhang, J. Lin, F. Liu and W. Mu. 2018. Thiamethoxam, Clothianidin, and Imidacloprid Seed Treatments Effectively Control Thrips on Corn Under Field Conditions. *Journal of Insect Science* 18(6): 1-8.
- Gullino, M.L., R. Albajes, I. Al-Jboory, F. Angelotti, S. Chakraborty, K. A. Garrett, B.P. Hurley, P. Juroszek, R. Lopian, K. Makkouk, X. Pan, M. Pugliese and T. Stephenson. 2022. Climate change and pathways used by pests as challenges to plant health in agriculture and forestry. *Sustainability* 14(19):12421, doi: 10.3390/su141912421.
- Henderson, C.F. and E. W. Tilton. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48(2): 157-161.
- Hladik, M.L., A.R. Main and D. Goulson. 2018. Environmental risks and challenges associated with neonicotinoid insecticides. *Environmental Science & Technology* 52(6): 3329-3335
- lost Filho, F.H., W.B. Heldens, Z. Kong and E.S. de Lange. 2020. Drones: Innovative technology for use in precision pest management. *Journal of Economic Entomology* 113(1): 1-25.
- IRAC. 2023. Mode of action classification scheme version 10.6, September 2023. (Online). Available. <https://irac-online.org/mode-of-action/> (November 1, 2023).
- Kim, H.G., J.S. Park and D.H. Lee. 2018. Potential of unmanned aerial sampling for monitoring insect populations in rice fields. *Florida Entomologist* 101(2): 330-334.
- Li, X., J.T. Andaloro, E.B. Lang and Y. Pan. 2019. Best management practices for unmanned aerial vehicles (UAVs) application of insecticide products on rice. Paper presented at 2019 ASABE Annual International Meeting. Boston, Massachusetts. 8 p.
- Lu, Z.X., S. Villareal, X.P. Yu, K.L. Heong and C. Hu. 2006. Biodiversity and dynamics of planthoppers and their natural enemies in rice fields with different nitrogen regimes. *Rice Science* 13(3): 218-226.
- Mukherjee, P. and M.M.H. Khan. 2017. Abundance of arthropod insect pests and natural enemies in rice field as influenced by rice growth stages and neighboring crops. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 42(2): 309-319.

- Ngin, C., S. Suon, T. Tanaka, A. Yamauchi, K. Kawakita and S. Chiba. 2017. Impact of insecticide applications on arthropod predators and plant feeders in Cambodian rice fields. *Phytobiomes* 1(3): 128-137.
- Oomen, P., T. Rotteveel, S. Poot and C. Brooimans. 2001. Pesticide management: Use of pesticides in IPM, International Course on Integrated Pest Management 2001, Wageningen the Netherlands, March 18 I June 30, 2001, International Agricultural Centre (IAC) (mimeographs).
- Pansawang, P., N. Thanakasem., P. Amomwithawat., S. Pannawong and P. Samanasena. 2017. The study of plant species diversity in nature-based attraction case study: Mae Wong National Park, Nakhonsawan province. pp. 188-195. *In: Proceedings of the 5th Muban Chombueng Research Rajabhat National Academic Conference. Muban Chombueng Rajabhat University, Ratchaburi. (in Thai)*
- Parmar, R.P., S.K. Singh and M. Singh. 2021. Bio-efficacy of unmanned aerial vehicle based spraying to manage pests. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 91(9): 1373-1377.
- Plant Protection Promotion and Soil-Fertilizer Management Division. 2023. Report on rice pest outbreak situations. (Online). Available: http://www.ppsf.doae.go.th/wordpress/wpcontent/uploads/2023/06/SUMTree_pest_2566_06_21.pdf (June 10, 2023). (in Thai)
- Plant Protection Research and Development Office. 2021. Use of Insecticides and Pesticides to Address the Problem of Pest Resistance. Technical Document. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 146 p. (in Thai)
- Punyawattee, P., W. Sutjaritthammajariyangkun, N. Chaiyasing and S. Supornsin. 2019. The efficacy of the unmanned aerial vehicle (UAV) for controlling rice dirty panicle disease. *Thai Agricultural Research Journal* 37(1): 27-36. (in Thai)
- Punyawattee, P. 2021. Techniques for pesticide application by UAV. Technical Document. The Curriculum Training on “ Image Processing and UAV Applications in Agriculture” 20 August 2021 (via a remote meeting system) Organize by Pest Management Research Group Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture Incorporation of Thai Agricultural Innovation Trade Association and Crop Life Asia. 77 p. (in Thai)
- Pushpalatha, R., B. Gangadharan T. Roshni and G. Kutty. 2023. Potential distribution of rice thrips (*S. biformis*) in India under climate change. (Online). Available: <https://assets.researchsquare.com/files/rs-2979013/v1/c6d53b05-c1a9-4ea1-bc9f-45ced4c98c68.pdf?c=1686329977> (June 1, 2023).
- Rezvi, H.U.A., M. Tahjib Ul. Arif, M.A. Azim, T.A. Tumpa, M.M.H. Tipu, F. Najnine, M.F.A. Dawood, M. Skalicky and M. Brestic. 2023. Rice and food security: Climate change implications and the future prospects for nutritional security. *Food and Energy Security* 12(1): e430, doi: 10.1002/fes3.430.
- Ruay-aree, S. 2002. Impact of insecticide on the natural enemies, arthropod guild communities, and species diversity in rice

- ecosystem. pp. 97-98. *In*: Proceedings of Rice and Temperate Cereal Crops Annual Conference 2002. Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Shan, C.H., S.Z. Ma, M.H. Wang, and G.F. Gao. 2012. Evaluation of insecticides against the western flower thrips, *Frankliniella occidentals* (Thysanoptera: Thripidae), in the Laboratory. *Fla. Entomol.* 95(2): 454-460.
- Simon-Delso, N., V. Amaral-Rogers, L.P. Belzunces, J.M. Bonmatin, M. Chagnon, C. Downs, L. Furlan, D.W. Gibbons, C. Giorio, V. Girolami, D. Goulson, D.P. Kreutzweiser, C.H. Krupke, M. Liess, E. Long, M. McField, P. Mineau, E.A.D. Mitchell, C.A. Morrissey, D.A. Noome, L. Pisa, J. Settele, J.D. Stark, A. Tapparo, H. Van Dyck, J. Van Praagh, J.P. Van der Sluijs, P.R. Whitehorn and M. Wiemers. 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): Trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research* 22(1): 5-34.
- Singh, D., R.S. Umrao, K. Verma, Vikrant and A. Kumar. 2020. Insecticidal effect on natural enemies in rice ecosystem of Kanpur (Central Uttar Pradesh). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 9(2): 1604-1613.
- Skendzic S., M. Zovko, I.P. Zivkovic, V. Lesic and D. Lemic. 2021. The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects* 12(5): 440, doi: 10.3390/insects12050440.
- Song, R., G. Shen, Y. Liu, F. Tang, Q. Chen and P. Sun. 2020. Preparation and characterization of an oil-in-water microemulsion of thiamethoxam and acetamiprid without organic solvent for unmanned aerial vehicle spraying. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 670:125485, doi: 10.1016/j.colsurfa.2020.125485.
- Srijuntra, S. and P. Punyawattoe. 2023. Academic publications, recommendations for preventing and eliminating insects and animal pests from research in 2023. Plant Pest Management Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 268 p. (in Thai)
- Sriratanasak, W. 2010. Brown planthopper: a formidable rice insect pest in irrigated rice growing areas and new concept of its management. *Thai Rice Research Journal* 4(1): 72-82. (in Thai)
- Sriratanasak, W., J. Chaiwong, K. Boonsa-nga, P. Thanikkul, P. Cobelli, S. Lajuntuk, W. Khemmuk, S. Arunmit and A. Jittikornkul. 2019. Rice Pests and Their Control. Division of Rice Research and Development, Rice Department, Bangkok. 220 p. (in Thai)
- Subramanian, K.S., S. Pazhanivelan, G. Srinivasan, R. Santhi and N. Sathiah. 2021. Drones in insect pest management. *Frontiers in Agronomy* 3: 640885, doi: 10.3389/fagro.2021.640885.
- Takham, A., J. Songkham, W. Khemmuk and S. Arunmit. 2022. Efficacy of fungicides for controlling rice blast disease using an unmanned aerial vehicle in Chiang Mai. 10 p. *In*: Proceedings of the 15th National Plant Protection Conference, Departement of Agriculture. Bangkok. (in Thai)
- Tang, T., X. Liu, P. Wang, W. Fu and M. Ma. 2017. Thiamethoxam seed treatment for control of rice thrips (*Chloethrips oryzae*) and its effects on the growth and yield of rice (*Oryza sativa*). *Crop Protection* (98): 136-142.

- Ueno, T. 2012. Insect natural enemies as bioindicators in rice paddies. *CNU Journal of Agricultural Science*. 39(4): 587-595.
- Vungsilabutr, P. 2002. Ecology of Brown Planthopper and Its Control. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 117 p. (in Thai)
- Wang, B.X., A.R. Hof and C.S. Ma. 2022. Impacts of climate change on crop production, pest and pathogens of wheat and rice. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering* 9(1): 4-18.
- Ware, G. W. , 2000. The Pesticide Book, 5th ed. Thomson Publications, Fresno. 193.
- Ware, G.W. 2001. An Introduction to Insecticides, 3rd ed. University of Minnesota, Minneapolis. <http://ipmworld.umn.edu>. (Accessed December 15, 2010).
- Wiranto, A.S.P., N.S. Ningtyas, R.D. Rachmawati, R. Rahmatullah and S. Sukirno. 2022. Diversity of insect based on growth stages of rice (*Oryza sativa* L. 'IR 64') at high altitude in Kepurun village, Manisrenggo sub-district, Klaten district, Central Java. *Advances in Biological Sciences Research* 22: 102-110.
- Yadav, T., A.S. Baloda, B.I. Jakhar and A. Yadav. 2019. Impact of climate changes on insect pest and integrated pest management: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 7(4): 1150-1156.
- Zeng, M.S., F.J. Liu, D.F. Wang, S.H. Yu, and G.Y. Wu. (2010). Control effect of Thiacloprid 48 SC against *Empoasca vitis* (Gothe), *Toxoptera aurantii* (Boyer) and its safety evaluation. *Agrochemicals* 11: 27.
-