

ความหลากหลายของแมลงน้ำในนาข้าวจังหวัดพิษณุโลก

DIVERSITY OF AQUATIC INSECTS

IN RICE FIELD, PHITSANULOK PROVINCE

วรารณ ฝาสิทธิ์^{1*} สราวุธ สิทธิกุล¹ และอนวัช ฝาสิทธิ์²

Waraporn Phalee^{1*}, Sarawut Sittikul¹ and Anawatch Phalee²

บทคัดย่อ

ศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในนาข้าวจังหวัดพิษณุโลก โดยจับตัวอย่างแมลงน้ำโดยใช้สวิงในนาข้าว พบแมลงน้ำในนาข้าวทั้งหมด 20,984 ตัวอย่าง จัดอยู่ใน 3 อันดับ ได้แก่ Odonata, Hemiptera และ Coleoptera 12 วงศ์ ซึ่งจำนวนแมลงที่พบในอันดับ Hemiptera มีจำนวนมากที่สุด โดยมีแมลงในวงศ์ Notonectidae มีจำนวนมากที่สุด รองลงมาคือแมลงในอันดับ Odonata และอันดับ Coleoptera จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของของแซนนอน-ไวน์เนอร์ (H') ของแมลงน้ำในนาข้าวที่พบทั้งหมดจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.800 มีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.281 ซึ่งอำเภอเมืองพิษณุโลกมีค่าความหลากหลายและความสม่ำเสมอมากที่สุดเท่ากับ 2.817 และ 0.283 เดือนที่มีความหลากหลายและความสม่ำเสมอมากที่สุด คือเดือนกรกฎาคม มีค่าเท่ากับ 2.834 และ 0.285 ตามลำดับ โดยผลการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนและการจัดการนาข้าวอย่างยั่งยืนเพื่อรักษาความหลากหลายทางชีวภาพในอนาคต

คำสำคัญ: ความหลากหลาย แมลงน้ำในนาข้าว พิษณุโลก

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang District, Phitsanulok Province 65000

²คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

²Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang District, Phitsanulok Province 65000

*corresponding author e-mail: Waraporn.n@psru.ac.th

Received: 18 December 2023; Revised: 23 May 2024; Accepted: 1 June 2024

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2024.15>

Abstract

The study aims to study the diversity of aquatic insects in rice fields in Phitsanulok Province. A total of 20,984 specimens of aquatic insects were collected by using a sweep net. These aquatic insects were classified into three main orders: Odonata, Hemiptera, and Coleoptera, comprising 12 families. The highest number of insects was found in the order Hemiptera, with the family Notonectidae being the most abundant. Following that were the orders Odonata and Coleoptera. The analysis of the Shannon-Wiener's Index (H') and evenness (J') for all collected aquatic insects in the rice fields showed values of 2.800 and 0.281, respectively. Among the districts in Phitsanulok Province, Mueang Phitsanulok had the highest biodiversity and evenness values, with 2.817 and 0.283, respectively. The month with the highest biodiversity and evenness values was July, with values of 2.834 and 0.285, respectively. The results of this study can be used as baseline data for planning and managing rice fields sustainably to preserve biodiversity in the future.

Keywords: diversity, aquatic insects in rice field, Phitsanulok

บทนำ

แมลงน้ำเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายค่อนข้างมาก และมักจะได้รับผลกระทบจากกิจกรรมต่าง ๆ ทางน้ำได้โดยตรง เนื่องจากอาศัยอยู่ในน้ำตลอดเวลา โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหลากหลายของแมลงน้ำคือคุณภาพน้ำ ปริมาณน้ำ และการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแหล่งน้ำ ซึ่งแหล่งน้ำที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมทางน้ำได้แก่การทำเกษตรกรรมโดยเฉพาะในนาข้าว การทำนาข้าวเกษตรกรรมมักมีการใช้สารเคมีทางการเกษตร การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีมีผลกระทบโดยตรงต่อความหลากหลายของแมลงน้ำ ทำให้ประชากรแมลงน้ำบางชนิดลดลงหรือสูญหายไป นอกจากนี้ยังส่งผลให้โครงสร้างชุมชนของแมลงน้ำเปลี่ยนแปลง บางชนิดที่ทนทานต่อสารเคมีอาจเพิ่มขึ้นขณะที่ชนิดที่ไวต่อสารเคมีอาจลดลง (Wang et al., 2005) ทั้งนี้วิธีการจัดการนาข้าว เช่น การใช้เกษตรอินทรีย์ การปลูกพืชหมุนเวียน และการสร้างแหล่งน้ำธรรมชาติสามารถส่งผลบวกต่อความหลากหลายของแมลงน้ำ (Susanti & Harahap, 2018; Li & Wang, 2019) นอกจากการใช้สารเคมีในนาข้าวแล้วปริมาณของน้ำในแหล่งน้ำในนาข้าวก็มีบทบาทสำคัญในการเป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของแมลงน้ำ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีและความหลากหลายของพืชน้ำจะช่วยส่งเสริมความหลากหลายของแมลงน้ำ (Garcia & Cruz, 2017) อีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความหลากหลายของแมลงน้ำ คือ ฤดูกาลและสภาพอากาศมีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของแมลงน้ำ ฤดูฝนมักเป็นช่วงที่พบ

ความหลากหลายของแมลงน้ำสูงที่สุด (Wang et al., 2005) แมลงน้ำสามารถใช้บอกความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและแมลงน้ำสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำได้ (Wongsanoon et al., 2011; Thani, 2014; Nithirojpakdee et al., 2019)

การศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในประเทศไทย Phromi (2012) ศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในนาข้าวบริเวณภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัด นครปฐม พบว่าแมลงน้ำมีความหลากหลายมากที่สุดหลังจากน้ำขังอยู่ทุ่งนา 20 วัน ซึ่งอุณหภูมิและอากาศความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นต่าง ไนเตรท-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต ซัลเฟต ความขุ่นใสของน้ำมีความสัมพันธ์กับแมลงน้ำอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Cochard et al. (2014) ยังรายงานว่าความหลากหลายของแมลงน้ำในนาข้าวมีผลมาจากสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสารเคมีที่ใช้กำจัดศัตรูพืชจะทำให้จำนวนความหลากหลายของแมลงน้ำลดลง ต่างจากนาข้าวอินทรีย์ และจากการศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในพื้นที่ที่มีน้ำขังภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ของ Boonsirichokchai et al. (2023) พบว่ามีความหลากหลายของ แมลงน้ำในอันดับ Hemiptera มากที่สุดในบริเวณแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดี

จากการศึกษาที่ผ่านมาแล้วนั้นแม้จะมีการศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในหลายพื้นที่ แต่ในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดพิษณุโลกมีเพียงการศึกษาแมลงและแมงมุมในนาข้าวเท่านั้น ยังไม่มีการศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในนาข้าว ทั้ง ๆ ที่แมลงน้ำในนาข้าวมีบทบาทสำคัญทั้งในด้านการควบคุมศัตรูพืช การเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ การเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อาหาร การช่วยเพิ่มผลผลิตข้าว และการบ่งชี้สุขภาพของระบบนิเวศ ดังนั้น การศึกษาความหลากหลายและการอนุรักษ์แมลงน้ำในนาข้าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืนและการรักษาส่งแวดล้อมที่ดี จึงควรได้รับการศึกษาความหลากหลายอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบจากกิจกรรมต่าง ๆ ในนาข้าวที่มีต่อแมลงน้ำ แมลงอื่น ๆ รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่นาข้าว

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างแมลงน้ำในนาข้าวใน 9 อำเภอของจังหวัดพิษณุโลก (อำเภอชาติตระการ อำเภอนครไทย อำเภอเนินมะปราง อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอบางระกำ อำเภอวังทอง อำเภอวัดโบสถ์ อำเภอพรหมพิราม และอำเภอเมืองพิษณุโลก) อำเภอละ 3 จุด จุดละ 3 ซ้ำ โดยใช้สวิงเก็บตัวอย่างแมลงน้ำในนาข้าวในขนาดพื้นที่ 2 ตารางเมตร เป็นเวลา 5 นาที ต่อเนื่องกัน จากนั้นเหลืงต่าง ๆ ที่เก็บได้ลงในกะละมังเพื่อล้างตะกอนและเก็บเศษใบไม้ ก้อนหิน ขยะต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการออก กรองด้วยสวิงและเทตัวอย่างแมลงน้ำลงในถุงพลาสติกใส จัดจำแนกตัวอย่างแมลงน้ำจนถึงระดับอันดับและวงศ์ โดยใช้หนังสือ Aquatic entomology ของ McCafferty (1981) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นับจำนวนแมลงที่พบ วิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพของแซนนอน-ไวเนอร์ (H') และค่าความสม่ำเสมอ (J')

ความหลากหลายทางชีวภาพของแชนนอน-ไวน์เนอร์ (H')

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

เมื่อ H' = ดัชนีความหลากหลายของแชนนอน-ไวน์เนอร์

P' = สัดส่วนของชนิดแมลงต่อแมลงทั้งหมด

ค่าความสม่ำเสมอ (J')

$$J' = H' / \ln N$$

เมื่อ H' = ดัชนีความหลากหลายของแชนนอน-ไวน์เนอร์

N = จำนวนทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตที่ศึกษา

โดยค่าที่ได้มีค่าตั้งแต่ 0 – 1

ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความซับซ้อนทางสังคม (complex community) คือมีความหลากหลายชนิดมาก

ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าไม่มีความซับซ้อนทางสังคม (simple community) คือมีความหลากหลายชนิดน้อย

ผลการวิจัย

การสำรวจแมลงน้ำในนาข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก พบแมลงน้ำทั้งหมด 20,984 ตัวอย่างจัดอยู่ใน 3 อันดับ ได้แก่ Odonata, Hemiptera และ Coleoptera 12 วงศ์ ซึ่งจำนวนแมลงที่พบในอันดับ Hemiptera มีจำนวนมากที่สุด 8,926 ตัว โดยมีแมลงในวงศ์ Notonectidae มีจำนวนมากที่สุด 4,802 ตัว รองลงมาคือแมลงในอันดับ Odonata 8,768 ตัว และอันดับ Coleoptera 3,290 ตัว ดังภาพที่ 1 (Figure 1)

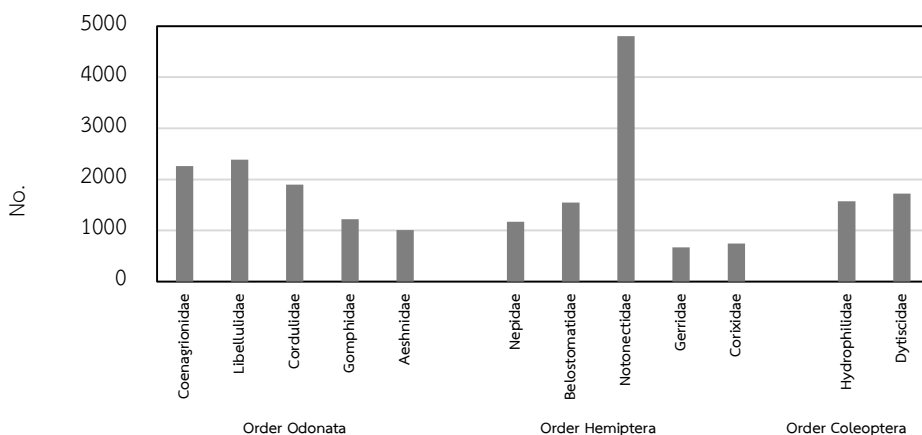


Figure 1 Taxonomic diversity of aquatic insects in paddy field at Phitsanulok Province

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของของแชนนอน-ไวน์เนอร์ (H') ของแมลงน้ำในนาข้าวที่พบทั้งหมดในการศึกษานี้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.800 มีค่าความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.281 ซึ่งนับว่ามีความหลากหลายค่อนข้างมากและไม่มีความซับซ้อนทางสังคม และเมื่อนำข้อมูลของแมลงน้ำในนาข้าวที่พบในแต่ละอำเภอที่เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของของแชนนอน-ไวน์เนอร์ (H') พบว่าอำเภอเมืองพิษณุโลกมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.817 รองลงมาคืออำเภอบางระกำ 2.775 ซึ่งอำเภอวัดโบสถ์มีค่าต่ำที่สุด ส่วนค่าความสม่ำเสมอ (J') มีค่าสูงที่สุดในอำเภอเมืองพิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 0.283 รองลงมาคืออำเภอบางระกำมีค่าเท่ากับ 0.279 และอำเภอที่มีค่าความสม่ำเสมอต่ำที่สุดคืออำเภอบางกระทุ่มมีค่าเท่ากับ 0.258 ดังแสดงในตารางที่ 1 (Table 1) และเมื่อนำจำนวนแมลงน้ำในนาข้าวที่พบในแต่ละเดือนมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของของแชนนอน-ไวน์เนอร์ (H') พบว่าเดือนกรกฎาคมมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.834 รองลงมาคือเดือนธันวาคมมีค่าเท่ากับ 2.807 และเดือนที่มีค่าต่ำที่สุดคือเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 2.722 สำหรับค่าความเสมอนั้นพบว่าเดือนกรกฎาคมมีค่าความสม่ำเสมอมากที่สุด รองลงมาคือเดือนธันวาคมมีค่าเท่ากับ 0.285 และ 0.282 สำหรับเดือนที่มีค่าความเสมอน้อยที่สุดคือเดือนกันยายน และเดือนพฤศจิกายน โดยมีค่าเท่ากับ 0.274 ดังตารางที่ 2 (Table 2)

Table 1 Ecological index of aquatic insects in paddy fields at Phitsanulok Province

District	Number of aquatic insects	H'	J'
Chattrakran	2,185	2.659	0.267
Nakhonhai	2,427	2.650	0.266
Noenmaprang	3,147	2.765	0.278
Bangkrathum	2,464	2.567	0.258
Bangrakam	2,371	2.775	0.279
Wangthong	2,357	2.716	0.273
Watbot	2,195	2.585	0.260
Phromphiram	1,989	2.724	0.274
MueangPhitsanulok	1,849	2.817	0.283
Aquatic insects	20,984	2.800	0.281

Table 2 Diversity and evenness of aquatic insects in each month

Month	Number of aquatic insects	H'	J'
July	2,355	2.834	0.285
August	3,551	2.774	0.279
September	3,712	2.722	0.274
October	4,265	2.737	0.275
November	4,374	2.731	0.274
December	2,727	2.807	0.282
Aquatic insects	20,984	2.800	0.281

อภิปรายผล

ผลการศึกษานิตและจำนวนของแมลงน้ำในนาข้าวพบแมลงในอันดับ Hemiptera มากที่สุด ซึ่งเป็นแมลงในวงศ์ Notonectidae มีจำนวนมากที่สุด ทั้งนี้การพบแมลงในอันดับ Hemiptera มากที่สุดแสดงให้เห็นว่าแมลงในกลุ่มนี้มีความสามารถในการปรับตัวและเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมของนาข้าวที่มีน้ำขังได้ดี อีกทั้งแมลงในวงศ์ Notonectidae เป็นแมลงนักล่าที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมประชากรของแมลงอื่น ๆ ในระบบนิเวศน้ำ และการศึกษาครั้งนี้พบแมลงน้ำในอันดับ Odonata มากเป็นอันดับสองรองจากอันดับ Hemipter แสดงถึงความหลากหลายทางชีวภาพที่สูงและการมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแมลงในกลุ่มนี้ แมลงปอและแมลงปอบ้านในกลุ่ม Odonata มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหาร โดยทำหน้าที่เป็นนักล่าในทุกช่วงชีวิต ส่วนแมลงที่พบมากเป็นอันดับสามคือแมลงในอันดับ Coleoptera แสดงถึงบทบาทของด้วงน้ำและแมลงนักล่าขนาดเล็กในระบบนิเวศน้ำ แมลงในกลุ่มนี้มีความสำคัญทั้งในฐานะผู้บริโภคระดับสองและตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ (Villenave & Leonarg., 2003; Beuzelin et al., 2010; Thomas et al., 2015)

ผลการศึกษาของค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแซนนอน-ไวน์เนอร์ (H') ของแมลงน้ำในนาข้าว สำหรับแมลงน้ำในนาข้าวที่พบทั้งหมดในเขตจังหวัดพิษณุโลกพบว่ามีค่า H' เท่ากับ 2.800 ซึ่งแสดงถึงความหลากหลายทางชีวภาพในระดับค่อนข้างสูง ค่าความสม่ำเสมอ (Evenness, J') ที่ 0.281 แสดงให้เห็นว่าแมลงน้ำที่พบมีการกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ โดยพบว่าพบว่ามีอำเภอมืองพิษณุโลกมีค่ามีความหลากหลายทางชีวภาพสูงและการกระจายตัวของชนิดแมลงค่อนข้างสม่ำเสมอมากกว่าในอำเภอรอื่น อาจเนื่องมาจากการจัดการน้ำในแหล่งชลประทานที่มีน้ำตลอดเวลาทำให้แมลงน้ำมีโอกาสเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้หลากหลายชนิด (Padgham & Soisook, 2003; Villenave & Leonard, 2003) ในขณะที่อำเภอมืองที่มีค่า H' และ J' ต่ำแสดงถึงการมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของแมลงน้ำ กล่าวคือในพื้นที่ที่ศึกษาแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ชลประทานเช่นเดียวกับอำเภอมืองก็ตามแต่ปริมาณน้ำก็ยังนับว่ามีน้อยกว่า ประกอบกับเกษตรกรในพื้นที่ยังใช้สารเคมีในการทำนาอยู่ค่อนข้างมาก

จึงอาจเป็นผลให้มีความหลากหลายและความสม่ำเสมอต่ำที่สุด ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้มีผลต่อจำนวนและแมลงน้ำในนาข้าว (Wongsanoon et al., 2011; Thani, 2014; Nithirojpakdee et al., 2019) นอกจากนี้ยังพบว่าเดือนกรกฎาคมแสดงให้เห็นว่าในช่วงนี้มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของแมลงน้ำ ซึ่งอาจเป็นผลจากปริมาณน้ำนาข้าวที่มีการขังมาระยะหนึ่ง ประมาณ 20 วัน ซึ่งปริมาณน้ำและระยะเวลาที่น้ำขังในนาข้าวมีผลต่อความหลากหลายของแมลงน้ำ (Phromi (2012) เนื่องจากเป็นช่วงที่มีกิจกรรมต่าง ๆ ในนาข้าวค่อนข้างมาก รวมถึงอาจมีการใช้สารเคมีในนาข้าวก็จะทำให้ความหลากหลายของแมลงน้ำในนาข้าวจึงลดลงได้ (Wang et al., 2005) ซึ่งเดือนกันยายนและเดือนพฤศจิกายนมีค่า H' ต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงที่ข้าวกำลังตั้งท้องและออกรวง จะพบว่ามีแมลงศัตรูพืชเข้ามารบกวนมากที่สุดเกษตรกรจึงใช้สารเคมีในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ซึ่งมีผลกระทบต่อความหลากหลายและความสม่ำเสมอของแมลงน้ำด้วย (Nopsuwanchai & Heong, 2008; Wongsiri & Naksathit, 2016; Chumnonglum & Pape, 2017)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายและความสม่ำเสมอของแมลงน้ำในนาข้าวในเขตจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ระบบนิเวศของนาข้าว โดยพบแมลงในอันดับ Hemiptera มากที่สุด อย่างไรก็ตามการมีจำนวนแมลงในอันดับ Odonata และ Coleoptera ในปริมาณมากก็ชี้ให้เห็นถึงความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญของระบบนิเวศนาข้าว ซึ่งการศึกษานี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการรักษาสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของแมลงน้ำ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหารและการควบคุมศัตรูพืชในนาข้าว ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนและการจัดการนาข้าวอย่างยั่งยืนเพื่อรักษาความหลากหลายทางชีวภาพในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในการทำวิจัย เจ้าหน้าที่สาขาวิชาชีววิทยาที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่เอื้อเพื่ออุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Beuzelin JM, Akbar W, Reagan TE. Population dynamics and species composition of rice water weevils in Louisiana: species composition, density, and distribution. *Journal of Economic Entomology* 2010;103(5):1795-1801.

- Boonsirichokchai I, Vitheepradit A, Thancharoen A, Rajchanu-Wong P, Ngoenklan R. Biodiversity of aquatic insects in Kasetsart University, Bangkok Campus, Bangkok. *Proceedings of 61st Kasetsart University Annual Conference: Plants, Animals, Veterinary Medicine, Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics 2023*; 361-369.
- Chumnonglum P, Pape T. Diversity and abundance of aquatic insects in organic and conventional rice fields in Central Thailand. *Environmental Entomology* 2017;46(3):589-596.
- Cochard R, Maneepitak S, Kumar P. Aquatic faunal abundance and diversity in relation to synthetic and natural pesticide applications in rice fields of Central Thailand. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 2014;10(2):157-173.
- Garcia RP, Cruz JA. Aquatic insect diversity in rice paddies of Central Philippines. *Philippine Journal of Agricultural Sciences* 2017;42(3):200-212.
- Li J, Wang Y. Biodiversity of aquatic insects in integrated rice farming systems in Yunnan, China. *Chinese Journal of Agricultural Science* 2019;45(2):85-95.
- McCafferty PW. *Aquatic Entomology*. Boston: Science Books International Inc; 1981.
- Nithirojapakdee P, Jaisuk C, Noykongka W, Soonthonkit Y, Soonthisak A. Using aquatic insect as indicator of water quality in headwater of Chanthaburi River, Amphoe Khao Khitchakut, Chanthaburi Province. *Khon Kaen Agriculture Journal* 2019;47(6):1171-1182.
- Nopsuwanchai R, Heong KL. Rice field insect pests and their natural enemies in central Thailand: community structure and seasonal dynamics. *Environmental Entomology* 2008;37(3):616-624.
- Padgham DE, Soisook P. Aquatic insect assemblages of paddy fields under integrated pest management in Central Thailand. *International Journal of Pest Management* 2003;49(1):25-35.
- Phromi T. Biodiversity of Aquatic Insects in Rice Fields. *SDU Research Journal Science and Technology* 2012; 5(1):36-46.
- Susanti R, Harahap IS. Aquatic insect diversity in rice fields of West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Entomology* 2018;36(1):67-76.
- Thani I. Use of benthic macroinvertebrates for biological monitoring. *SDU Research Journal Science and Technology* 2014;7(1):125-137.
- Thomas M, Sebastian MP. Biodiversity of aquatic insects in rice fields of Kerala. *International Journal of Biodiversity* 2015;Article ID 569871.
- Villenate J, Leonard BR. Diversity and structure of rice water weevil populations (Coleoptera: Curculionidae) from Texas and Arkansas. *Environmental Entomology* 2003;32(2):300-309.
- Wang Y, Xue Y, Li J. Towards molecular breeding and improvement of rice in China. *Trends in Plant Science* 2005;10(12):610-614.
- Wongsanon J, Jatisatienr A, Mungkornasawakul P, Phalaraksh C. Aquatic-insect-based biotic indices to assess water quality in Klong Pae, Rajjaprabha Dam, Surat Thani Province 2008-2009. *Chiang Mai Journal Science* 2011;38(3):463-472.
- Wongsiri N, Naksathit A. Aquatic insects in organic and conventional rice fields in northern Thailand: influence of farming practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 2016;220:64-70.