

องค์ประกอบชนิดของโรติเฟอร์ คลาโดเซอแรน และโคพีพอดในนาข้าวอินทรีย์
บริเวณพื้นที่ดินเค็ม จังหวัดนครราชสีมา
Species Composition of Rotifers, Cladocerans and Copepods in an
Organic Rice Field in Saline Area, Nakhon Ratchasima Province

ณัฐพร ปลั่งกลาง^{1,2} และศุจิภรณ์ อธิบาย^{1,2*}
Nattaporn Plangklang^{1,2} and Sujeephon Athibai^{1,2*}

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในนาข้าวอินทรีย์ที่ข้าวอยู่ในระยะออกรวงในพื้นที่ดินเค็ม อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา โดยเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์เชิงปริมาณด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 20 ไมโครเมตร ในนา 1 แปลง จำนวน 10 จุดเก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 2 ครั้ง วันที่ 14 และ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2561 และตรวจวัดคุณภาพน้ำ จำนวน 11 ปัจจัย พบแพลงก์ตอนสัตว์ 19 วงศ์ 41 สกุล 61 ชนิด โรติเฟอร์มีจำนวนชนิดมากที่สุด รองลงมาคือ คลาโดเซอแรน และโคพีพอด พบ 36 17 และ 8 ชนิด ตามลำดับ ตัวอย่างครั้งที่ 1 พบแพลงก์ตอนสัตว์ 60 ชนิด ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างครั้งที่ 2 พบเพียง 35 ชนิด ดัชนีความหลากหลายของแซนนอน-วินเนอร์ และดัชนีความสม่ำเสมอของพิลู มีค่าสูงในตัวอย่างครั้งที่ 1 เท่ากับ 3.24 0.79 ตามลำดับ และลดลงในตัวอย่างครั้งที่ 2 เท่ากับ 2.48 0.69 ตามลำดับ *Lecane bulla* และ *Anthalona harti* มีความหนาแน่นสูงในตัวอย่างครั้งที่ 1 ในขณะที่ *Polyarthra vulgaris* และ *Ceriodaphnia cornuta* เป็นชนิดเด่นในตัวอย่างครั้งที่ 2 อุณหภูมิน้ำ ($p = 0.011$) และปริมาณไนโตรเจน ($p = 0.048$) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 ผลการศึกษาบ่งชี้ว่า ความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์และความหนาแน่นของชนิดเด่นของโรติเฟอร์ และคลาโดเซอแรนมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 2 สัปดาห์

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนสัตว์ ความหลากหลายชนิด แหล่งน้ำชั่วคราว พื้นที่ดินเค็ม

¹ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² ศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* Corresponding author e-mail: sujat@kku.ac.th

Received: 21 September 2021, Revised: 10 November 2021, Accepted: 12 November 2021

Abstract

The research investigated species diversity and density of zooplankton in an organic rice field located in saline soil areas in Phimai District, Nakhon Ratchasima Province during grain-filling stage. Zooplankton were quantitatively collected through a 20 µm mesh plankton net at ten sampling sites with two sampling occasions on 14 and 29 October 2018. Eleven variables of water quality were measured. A total of 61 species of zooplankton belonging to 19 families and 41 genera was recorded. Rotifers showed the highest species richness, followed by cladocerans and copepods which had 36, 17, and 8 species, respectively. The first sampling recorded 60 species, which was greater than the second sampling, which only 35 species were found. In the first sampling, both the Shannon-Weiner diversity index and the Pielou's evenness index showed high values of 3.24 and 0.79, respectively, and decreased to 2.48 and 0.69 in the second sampling. *Lecane bulla* and *Anthalona harti* were dominant species with high density in the first sampling whereas *Polyarthra vulgaris* and *Ceriodaphnia cornuta* were dominant species in the second sampling. Furthermore, water temperature ($p = 0.011$) and nitrate content ($p = 0.048$) were significantly different between the first and the second samplings. The findings showed that zooplankton diversity and the density of dominating rotifer and cladoceran species varied over the course of two weeks.

Keywords: Zooplankton, Species diversity, Temporary water, Saline soil area

บทนำ

นาข้าวเปรียบเสมือนแหล่งรวบรวมพันธุ์สัตว์น้ำ ด้วยมีแหล่งอาศัยย่อยที่เอื้อต่อการอยู่อาศัยหลบภัย และสืบพันธุ์ของสัตว์หลายชนิด (Lawler, 2001) แต่ก็มีสภาพเป็นแหล่งน้ำชั่วคราว (temporary waters) ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจึงต้องมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดในสภาพแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Williams, 1997) สัตว์น้ำขนาดเล็ก กลุ่มโรติเฟอร์ (rotifers) คลาโดเซอแรน (cladocerans) และโคพีพอด (copepods) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการถ่ายทอดพลังงานและสารในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด (Pace and Orcutt, 1981) สัตว์ทั้งสามกลุ่มมีความสามารถในการสร้างไข่พัก (resting eggs) ที่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ความหนาแน่น ระยะเวลาที่ได้รับแสง การขาดแคลนปริมาณอาหาร ระดับน้ำ และสารเคมี เป็นต้น (Araújo *et al.*, 2013; Radzikowski, 2013; Gilbert, 2019) ด้วยเหตุนี้จึงพบสัตว์ทั้งสามกลุ่มมีความหลากหลายสูงในระบบนิเวศแหล่งน้ำชั่วคราว (Sanoamuang, 2007; Chittapun *et al.*, 2009)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ดินเค็ม (saline areas) 17.8 ล้านไร่ (ร้อยละ 16.7 ของพื้นที่) เกิดจากการมีชั้นเกลือและชั้นเกลือหินแผ่กระจายอยู่ทั่วทั้งภาคในทุกจังหวัด โดยเฉพาะชั้นเกลือหินในชุดชั้นหินมหาสารคามที่มีอยู่ทั่วบริเวณลุ่มน้ำอุตร-สกลนคร และลุ่มน้ำโคราช-อุบลราชธานี (สุทธิชัย, 2533) ปัญหาดินเค็มส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Kongpun *et al.*, 2020) รวมถึงอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในนาข้าว เช่น สาหร่ายสัตว์น้ำขนาดเล็ก สัตว์มีกระดูกสันหลัง เป็นต้น

ความเค็มเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบเมแทบอลิซึม และการควบคุมสมดุลน้ำ และเกลือแร่ในร่างกายของสัตว์น้ำจืด (Velasco *et al.*, 2019) ความเค็มมีผลต่อความหนาแน่นและการแพร่กระจายของหอยไซ (*Bithynia siamensis goniomphalos*) บริเวณลุ่มน้ำโคราช ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Suwannatrai *et al.*, 2011) จำนวนชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณปากแม่น้ำ Pearl River Estuary ทางตอนใต้ของประเทศจีน มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มสูงขึ้น (Danni *et al.*, 2020) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายและความหนาแน่นของสังคมแพลงก์ตอนสัตว์ในนาข้าวอินทรีย์ที่อยู่ในพื้นที่ดินเค็ม และตรวจวัดคุณภาพน้ำจำนวน 11 ตัวแปร เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของสังคมแพลงก์ตอนสัตว์และคุณภาพน้ำในรอบ 2 สัปดาห์ในนาข้าวอินทรีย์เขตพื้นที่ดินเค็ม ในระยะข้าวออกรวง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

นาข้าวอินทรีย์มีพื้นที่ 12 ไร่ ตั้งอยู่ที่หมู่บ้านโนนกระสัง ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา (ภาพที่ 1) พิกัดทางภูมิศาสตร์อยู่ที่ละติจูด $15^{\circ} 17' 46.40''$ N และลองจิจูด $102^{\circ} 28' 35.84''$ E มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 146 เมตร เกษตรกรปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยวิธีการปักดำต้นกล้า ปัก 1 ครั้ง ได้รับน้ำจากน้ำฝน และคลองชลประทานลำสะเทต ลำน้ำสาขาของแม่น้ำมูล ในช่วงการเก็บตัวอย่าง ข้าวอายุ 100 วัน อยู่ในระยะออกรวง ไม่มีการระบายน้ำออกจากนาข้าว

2. การตรวจวัดคุณภาพน้ำในนาข้าว

ตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี จำนวน 11 ตัวแปร ตัวแปรที่ตรวจวัดในภาคสนาม คือ อุณหภูมิ น้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ตรวจวัดด้วยเครื่อง multi-parameter meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 98129 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ โดยใช้ pH meter ยี่ห้อ Index รุ่น ID-1000 และความลึกของน้ำ วัดด้วยตลับเมตร ตัวแปรที่ตรวจวัดในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ตรวจวิเคราะห์ตามวิธีของ Winkler titration method (Winkler, 1888) ปริมาณไนเตรต ออร์โทฟอสเฟต แอมโมเนีย และคลอไรด์ เอ ตรวจวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ Hach รุ่น DR/2400 ด้วยวิธีมาตรฐาน cadmium reduction method ascorbic acid method salicylate method และ extracted-methanol method ตามลำดับ (APHA-AWWA-WPCF, 1998) การวัดความเค็มของน้ำทางอ้อมโดยการเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้า เพราะไม่มีเครื่องวัดความเค็มของน้ำ อ้างอิงตามงานวิจัยของ Ravikumar *et al.* (2013) และเว็บไซต์ของ Arain (2010)



ภาพที่ 1 นาข้าวอินทรีย์ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 (ก) และครั้งที่ 2 (ข) และจุดเก็บตัวอย่าง

3. การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างแปลงก้นตอสัตว์

3.1 การเก็บตัวอย่างแปลงก้นตอสัตว์

เก็บตัวอย่างแปลงก้นตอสัตว์เชิงปริมาณในนาข้าว 1 แปลง จำนวน 10 จุดเก็บตัวอย่าง แต่ละจุดห่างกัน 58 เมตร ด้วยการกรองตัวอย่างน้ำปริมาตร 20 ลิตร ผ่านถุงกรองแปลงก้นตอขนาดตาข่าย 20 ไมโครเมตร และรักษาสภาพแปลงก้นตอสัตว์ทันทีด้วยสารละลายลูกกลิ้ง ความเข้มข้นร้อยละ 1 เริ่มเก็บตัวอย่างเมื่อข้าวอยู่ในระยะออกรวงและมีน้ำท่วมขังในแปลงนา เก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุก 2 สัปดาห์ จนกระทั่งน้ำในนาแห้ง รวม 2 ครั้ง คือวันที่ 14 และ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2561 โดยเริ่มเก็บตัวอย่างเวลา 13.00 น.

3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างแปลงก้นตอสัตว์

การคัดแยก ระบุชนิด และนับจำนวนโรติเฟอร์ คลาโดเซอแรน และโคพีพอด ทุกตัวที่พบ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงยี่ห้อ Olympus รุ่น CH30 การระบุชนิดอ้างอิงตามเอกสารดังต่อไปนี้ ละอองศรี (2545) Segers (1995) Smirnov (1996) Nogrady and Segers (2002) Hołyńska *et al.* (2003) และบทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การเปรียบเทียบจำนวนชนิด ความหนาแน่นของแปลงก้นตอสัตว์ และคุณภาพน้ำ ระหว่างการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 ด้วยสถิติ wilcoxon signed rank test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (pearson correlation) ในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS รุ่น 26.0 คำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย shannon-weiner diversity index (H') ดัชนีความสม่ำเสมอ piou's evenness index (J) และดัชนีความคล้ายคลึงของ sørensen-dice similarity index (DSI) ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

$$DSI = \frac{2c}{2c+a+b}$$

เมื่อ p_i คือ สัดส่วนระหว่างจำนวนตัวของแมลงก่ตอนสัตว์ชนิด i ต่อจำนวนตัวของแมลงก่ตอนสัตว์ทุกชนิด

S คือ จำนวนชนิดของแมลงก่ตอนสัตว์ที่พบทั้งหมด

a และ b คือ จำนวนชนิดที่พบเฉพาะการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ c คือ จำนวนชนิดที่พบเหมือนกันในการเก็บตัวอย่างทั้งสองครั้ง

ผลการวิจัย

1. คุณภาพน้ำในนาข้าว

การศึกษาค้นคว้านี้เก็บตัวอย่างในช่วงที่นาข้าวมีน้ำขังในระยะข้าวออกรวง จำนวน 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 วันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2561 และครั้งที่ 2 วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2561 พบว่าอุณหภูมิน้ำ ($p = 0.011$) และปริมาณไนเตรท ($p = 0.048$) ระหว่างการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอุณหภูมิน้ำครั้งที่ 1 มีค่าสูงกว่าครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.43 ± 0.74 และ 30.43 ± 0.94 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณไนเตรทในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 (1.47 ± 0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีค่าสูงกว่าครั้งที่ 1 (0.43 ± 0.23 มิลลิกรัมต่อลิตร) อย่างไรก็ตาม ค่าคุณภาพน้ำตัวแปรอื่น ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง (ตารางที่ 1) การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 นาข้าวมีน้ำท่วมขังทั้งแปลงนา มีความลึก 15-20 เซนติเมตร ขณะที่ครั้งที่ 2 ระดับน้ำในนาข้าวลดลง มีลักษณะเป็นแอ่งน้ำ มีความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์ด้วยสหสัมพันธ์เพียร์สันพบว่าคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดในนาข้าวอินทรีย์ระหว่างการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2

ปัจจัยที่ตรวจวัด	วันที่เก็บตัวอย่าง	
	14 ตุลาคม พ.ศ. 2561	29 ตุลาคม พ.ศ. 2561
1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	33.43 ± 0.74^b	30.43 ± 0.94^a
2. ความเป็นกรด-ด่าง	7.03 ± 0.15^a	7.17 ± 0.06^a
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.50 ± 0.50^a	4.27 ± 0.38^a
4. ปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3.50 ± 0.70^a	1.93 ± 0.25^a
5. ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	$3,436.33 \pm 554.47^a$	$2,726.00 \pm 240.30^a$

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปัจจัยที่ตรวจวัด	วันที่เก็บตัวอย่าง	
	14 ตุลาคม พ.ศ. 2561	29 ตุลาคม พ.ศ. 2561
6. ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1,719.33±275.26 ^a	1,445.00±131.05 ^a
7. ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.43±0.23 ^a	1.47±0.29 ^b
8. ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.14±0.03 ^a	0.20±0.09 ^a
9. ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.03±0.01 ^a	0.03±0.02 ^a
10. ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)	12.92±1.98 ^a	17.27±2.50 ^a
11. ความเค็มของน้ำ (ส่วนในพันส่วน)	1.80±0.30 ^a	1.40±0.10 ^a

หมายเหตุ: - อักษรภาษาอังกฤษบ่งชี้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์

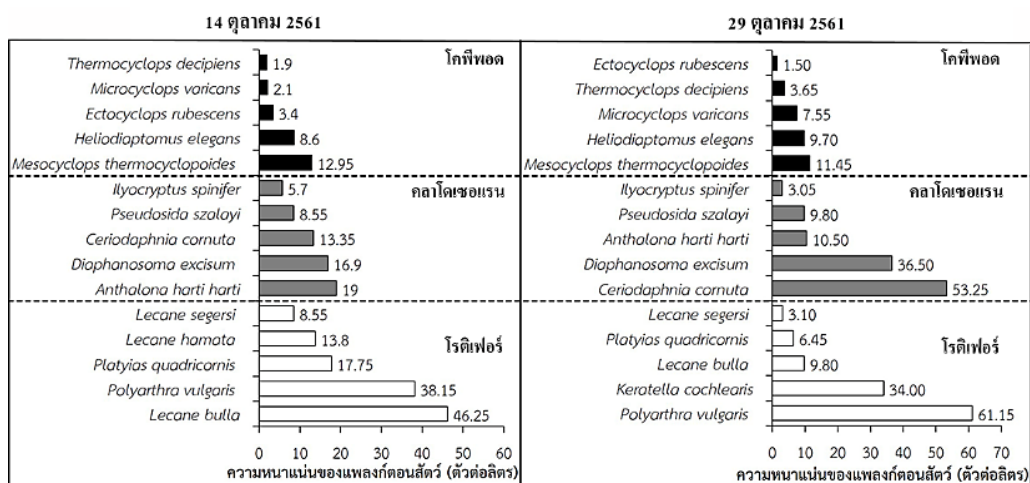
การระบุชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ที่เก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง พบแพลงก์ตอนสัตว์ 19 วงศ์ 41 สกุล 61 ชนิด (ตารางที่ 2) โรติเฟอร์มีความหลากหลายมากที่สุดคือ 11 วงศ์ 18 สกุล 36 ชนิด รองลงมาคือ คลาโดเซอแรน พบ 6 วงศ์ 16 สกุล 17 ชนิด และโคพิพอด พบ 2 วงศ์ 7 สกุล 8 ชนิด โรติเฟอร์วงศ์ Lecanidae มีความหลากหลายสูงที่สุด ทั้ง 2 รอบการเก็บตัวอย่าง โดยพบ 13 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 36.11 ของโรติเฟอร์ที่พบในนาข้าวนี้ รองลงมาคือ วงศ์ Brachionidae และวงศ์ Lepadellidae โดยพบ 6 ชนิด (ร้อยละ 16.67) และ 5 ชนิด (ร้อยละ 13.89) ตามลำดับ คลาโดเซอแรน วงศ์ Chydoridae พบจำนวนชนิดสูงที่สุด คือ 7 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 41.18 ของคลาโดเซอแรน ที่พบในการศึกษาครั้งนี้ วงศ์ Macrothricidae และวงศ์ Sididae พบวงศ์ละ 3 ชนิด (ร้อยละ 17.65) ขณะที่กลุ่มโคพิพอด วงศ์ Cyclopidae และวงศ์ Diaptomidae พบจำนวนชนิดเท่ากัน คือ 4 ชนิด แต่จำนวนชนิดในแต่ละวงศ์แตกต่างกัน การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 พบโคพิพอดในวงศ์ Cyclopidae มากกว่าวงศ์ Diaptomidae ขณะที่การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 มีจำนวนชนิดเท่ากัน จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.000$) เมื่อเปรียบเทียบกับครั้งที่ 1 โดยพบ 35 และ 60 ชนิด ตามลำดับ ตัวอย่างครั้งที่ 1 มีค่าดัชนีความหลากหลาย และดัชนีความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนสัตว์ เท่ากับ 3.24 และ 0.79 ซึ่งมีค่าสูงกว่าครั้งที่ 2 คือ 2.48 และ 0.69 ค่าดัชนีความคล้ายคลึงครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.72 จำนวนชนิดของโรติเฟอร์ และคลาโดเซอแรนในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 พบ 35 และ 17 ชนิด ตามลำดับ ซึ่งจำนวนชนิดสูงกว่าตัวอย่างครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.000$) ซึ่งพบเพียง 18 และ 11 ชนิด ตามลำดับ

ตารางที่ 2 รายชื่อของโรติเฟอร์ คลาโดเซอแรน และโคฟีพอดที่พบในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2

ชื่อวิทยาศาสตร์	ครั้งที่		ชื่อวิทยาศาสตร์	ครั้งที่	
	1	2		1	2
กลุ่มโรติเฟอร์			<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	✓	✓
<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	✓	✓	<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	✓	✓
<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schrunk, 1793)	✓	✓	<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	✓	✓
<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg, 1830)	✓	✓	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	✓	
<i>Colurella sanoamuangae</i> Chittapun, Pholpunthin & Segers, 1999	✓	✓	<i>Tripleuchlanis plicata</i> (Levander, 1894)	✓	
<i>C. uncinata</i> (Müller, 1773)	✓		กลุ่มคลาโดเซอแรน		
<i>Dipleuchlanis propatula</i> (Gosse, 1886)	✓	✓	<i>Anthalona harti</i> Van Damme, Sinev & Dumont, 2011	✓	✓
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	✓	✓	<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1885	✓	✓
<i>K. procurva</i> (Thorpe, 1891)	✓		<i>Diaphanosoma excisum</i> Sars, 1885	✓	✓
<i>K. tropica</i> (Apstein, 1907)		✓	<i>Dunhevedia crassa</i> King, 1853	✓	
<i>Lecane aculeata</i> (Jakubski, 1912)	✓		<i>Ephemeroporus barroisi</i> (Richard, 1894)	✓	✓
<i>L. bulla</i> (Gosse, 1851)	✓	✓	<i>Guemella raphaelis</i> Richard, 1892	✓	
<i>L. closteroerca</i> (Schmarda, 1859)	✓		<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrick, 1882	✓	✓
<i>L. furcata</i> (Murray, 1913)	✓		<i>Karualona karua</i> (King, 1853)	✓	✓
<i>L. hamata</i> (Stokes, 1896)	✓		<i>Latonopsis australis</i> Sars, 1888	✓	
<i>L. lateralis</i> Sharma, 1978	✓	✓	<i>Leberis diaphanus</i> (King, 1853)	✓	✓
<i>L. leontina</i> (Turner, 1892)	✓		<i>Leydigia ciliata</i> (Gauthier, 1939)	✓	
<i>L. papuana</i> (Murray, 1913)	✓		<i>Macrothrix spinosa</i> King, 1853	✓	✓
<i>L. quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)	✓	✓	<i>M. triserialis</i> Brady, 1886	✓	✓
<i>L. segersi</i> Sanoamuang, 1996	✓	✓	<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875	✓	
<i>L. signifera</i> (Jennings, 1896)	✓		<i>Moinodaphnia macleayi</i> (King, 1853)	✓	
<i>L. stenroosi</i> (Meissner, 1908)	✓	✓	<i>Ovalona cambouei</i> (Guerne & Richard, 1893)	✓	✓
<i>L. unguitata</i> (Fadeev, 1926)	✓	✓	<i>Pseudosida szalayii</i> Daday, 1898	✓	✓
<i>Lepadella discoidea</i> Segers, 1993	✓		กลุ่มโคฟีพอด		
<i>L. rhomboides</i> (Gosse, 1886)	✓	✓	<i>Ectocyclops rubescens</i> Brady, 1904	✓	✓
<i>L. patella</i> (Müller, 1773)	✓	✓	<i>Heliodiaptomus elegans</i> Kiefer, 1935	✓	✓
<i>Lophocharis salpina</i> (Ehrenberg, 1834)	✓	✓	<i>Mesocyclops thermocyclopoides</i> Harada, 1931	✓	✓
<i>Macrochaetus sericus</i> (Thorpe, 1893)	✓		<i>Microcyclops varicans</i> (G. O. Sars, 1863)	✓	✓
<i>Monommata longiseta</i> (Müller, 1786)	✓	✓	<i>Mongolodiaptomus botulifer</i> (Kiefer, 1974)	✓	✓
<i>Mytilina bisulcata</i> (Lucks, 1912)	✓		<i>M. malaindosinensis</i> (Lai & Fernando, 1978)	✓	
<i>M. ventralis</i> (Ehrenberg, 1830)	✓		<i>Thermocyclops decipiens</i> (Kiefer, 1929)	✓	✓
<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	✓		<i>Tropodiaptomus vicinus</i> (Kiefer, 1930)	✓	

3. ความหนาแน่นของแมลงก่ต่อนสัตว์

การเก็บตัวอย่างในนาข้าวครั้งที่ 1 โรติเฟอร์มีความหนาแน่นสูงกว่าครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) มีค่าเท่ากับ 180.10 ตัวต่อลิตร และ 124.45 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ โดย *Lecane bulla* มีความหนาแน่นสูงที่สุดในครั้งที่ 1 พบ 46.25 ตัวต่อลิตร แต่ครั้งที่ 2 พบเพียง 9.80 ตัวต่อลิตร ในขณะที่ตัวอย่างครั้งที่ 2 พบ *P. vulgaris* เป็นชนิดเด่น มีความหนาแน่นสูงถึง 61.15 ตัวต่อลิตร ซึ่งมากกว่าครั้งที่ 1 เกือบ 2 เท่า (38.15 ตัวต่อลิตร) คลาโดเซอแรนในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีความหนาแน่นสูงกว่าตัวอย่างครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.007$) พบ 120.25 ตัวต่อลิตร และ 90.40 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ ชนิดที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดในครั้งที่ 1 คือ *A. harti* (19 ตัวต่อลิตร) ความหนาแน่นในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ลดลงเล็กน้อย คือ 10.50 ตัวต่อลิตร ในทางตรงกันข้าม การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 พบ *C. cornuta* (53.25 ตัวต่อลิตร) เพิ่มจำนวนประมาณ 5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับครั้งที่ 1 พบเพียง 13.35 ตัวต่อลิตร ขณะที่กลุ่มโคฟีพอดมีความหนาแน่นไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 โดยมีความหนาแน่นทั้งหมด เท่ากับ 30.15 ตัวต่อลิตรและ 34.15 ตัวต่อลิตร ตามลำดับ โคฟีพอดชนิด *M. thermocyclopoides* เป็นชนิดที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดในการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แมลงก่ต่อนสัตว์ที่มีความหนาแน่น 5 อันดับแรก ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2

การอภิปรายผลการวิจัย

1. คุณภาพน้ำในนาข้าว

การศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง ช่วงเวลา 13.00 น. อุณหภูมิน้ำในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 มีค่าสูงกว่าครั้งที่ 2 สอดคล้องกับอุณหภูมิอากาศครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 36.0-37.0 และ 34.0-35.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยอุณหภูมิน้ำจะแปรผันตามอุณหภูมิอากาศ (ทิวา และคณะ, 2557) ปริมาณไนโตรเจนมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 อยู่ในช่วง 1.3-1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าใกล้เคียงกับนาข้าวที่เพาะปลูกแบบไม่ใช้สารเคมีในประเทศอาร์เจนตินา เท่ากับ 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (Romero et al., 2021) ค่าการนำไฟฟ้าเป็นตัวแปรที่บ่งชี้

ถึงค่าความเค็มของน้ำ ซึ่ง Scardaci *et al.* (2002) ได้รายงานความเค็มของน้ำในนาข้าว โดยใช้ค่าการนำไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานความเค็มของแหล่งน้ำจืด ด้วยค่าการนำไฟฟ้า พบว่าน้ำในนาข้าวมีความเค็มระดับสูง คือ ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2,250-4,200 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (Ravikumar *et al.*, 2013) ความเค็มในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 1.5-2.1 ส่วนในพันส่วน (ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 2,860-3,966 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) และ 1.3-1.5 ส่วนในพันส่วน (2,462-2,932 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ตามลำดับ

2. ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์

แพลงก์ตอนสัตว์มีความหลากหลายชนิดแตกต่างกันในนาข้าวแต่ละพื้นที่ โดยเกี่ยวข้องกับระดับน้ำในนาข้าว และการใช้สารกำจัดศัตรูพืช การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 นาข้าวมีน้ำท่วมขังทั้งแปลงนา มีความลึก 15-20 เซนติเมตร โดยทุกจุดที่เก็บตัวอย่างมีความลึกใกล้เคียงกัน ขณะที่ครั้งที่ 2 ระดับน้ำในนาข้าวลดลง มีความลึก 0-15 เซนติเมตร นาข้าวมีลักษณะเป็นแอ่งน้ำ บางบริเวณไม่มีน้ำท่วมขัง พบแพลงก์ตอนสัตว์ 60 และ 35 ชนิด ตามลำดับ เช่นเดียวกับการรายงานของ Chittapun *et al.* (2009) พบว่า ระดับน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ในนาข้าว จังหวัดปทุมธานี โดยระดับน้ำเกี่ยวข้องกับลักษณะของแหล่งอาศัยในนาข้าว และการจัดสรรน้ำมีส่วนควบคุมการเปลี่ยนแปลงภายในระบบนิเวศนาข้าว ส่งผลต่อองค์ประกอบชนิดและความชุกชุมของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ (Bambaradeniya and Amarasinghe, 2003) นอกจากนี้สารกำจัดศัตรูพืช ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ในนา ข้าวที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืช และนาข้าวที่ไม่ใช้สารเคมี ในประเทศอาร์เจนตินา พบ 79 และ 94 แท๊กซา ตามลำดับ (Romero *et al.*, 2021) และผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าความเค็มไม่มีผลต่อการลดลงของจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ในนาข้าว โดยค่าความเค็มของน้ำในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามความเค็มมีผลต่อความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณปากแม่น้ำ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความแปรผันของความเค็มมีค่าตั้งแต่ 0.10-21.26 ส่วนในพันส่วน (Danni *et al.*, 2020)

โรติเฟอร์วงศ์ Lecanidae เป็นวงศ์เด่นในแหล่งน้ำจืด มีความหลากหลายสูง ทั่วโลกพบ 163 ชนิด (Segers, 1995) งานวิจัยนี้พบวงศ์ Lecanidae มีจำนวนชนิดสูงที่สุด เช่นเดียวกับ Chittapun *et al.* (2009) และณัฐพร และศุภิกรณ์ (2562) รายงานว่าโรติเฟอร์วงศ์นี้มีจำนวนชนิดมากที่สุดในนาข้าวชลประทาน จังหวัดปทุมธานี และนาข้าวที่ใช้สารเคมีในอำเภอยะผา จังหวัดนครราชสีมา ตามลำดับ โรติเฟอร์สกุล *Lecane* พบอาศัยบริเวณริมฝั่งที่มีพืชน้ำ (Pejler and Bērziņš, 1994) เมื่อเปรียบเทียบชนิดของโรติเฟอร์ที่พบในการศึกษานี้กับนาข้าวชลประทานที่ปลูกข้าวพันธุ์ราชินี 35 จังหวัดปทุมธานี มีค่าความเค็มอยู่ในช่วง 1-5.7 ส่วนในพันส่วน (Chittapun *et al.*, 2009) มีความคล้ายคลึงของชนิดเพียงร้อยละ 50 โรติเฟอร์ 3 ชนิด ที่พบในการศึกษานี้ ได้แก่ *A. fissa* K. *tropica* และ *P. vulgaris* เป็นชนิดที่สามารถดำรงชีวิตในบริเวณที่มีความเค็มสูง (salt tolerant) (Danni *et al.*, 2020)

คลาโดเซอแรนพบ 17 ชนิด ในจำนวนนี้ 14 ชนิด รายงานพบในพื้นที่ทุ่งทามแม่น้ำมูล (ละออศรี และศิริชัย, 2548) วงศ์ Chydoridae มีความหลากหลายมากที่สุดในการศึกษานี้ เป็นวงศ์เด่นในนาข้าวจังหวัดปทุมธานี และนาข้าวในจังหวัดนครศรีธรรมราชเช่นกัน (Chittapun *et al.*, 2009; Maiphae *et al.*, 2010) คลาโดเซอแรนวงศ์นี้เป็นวงศ์เด่นในแหล่งน้ำจืดหลายประเภทและ

มีความหลากหลายสูง ทั่วโลก พบ 54 สกุล 300 ชนิด ส่วนใหญ่อาศัยบริเวณริมฝั่งที่มีพีชีน้ำ และบริเวณพื้นที่ตื้นน้ำ (Błędzki and Rybak, 2016) คลาโดเซอแรน 4 ชนิด ได้แก่ *C. cornuta* *D. excisum* *M. spinosa* และ *M. macleayii* เป็นชนิดที่พบบ่อยในนาข้าว (Chittapun et al., 2009; Maiphae et al., 2010) และยังพบได้ในแหล่งน้ำที่ถูกรบกวนและไม่ถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ (ณัฐธิดา และสุปิยนิษฐ์, 2563)

โคฟีพอดพบ 8 ชนิด ในจำนวนนี้ 6 ชนิด พบในป่าบุงทามลุ่มแม่น้ำมูล (ละอศรี และศิริชัย, 2548) โคฟีพอด 1 ชนิด คือ *T. decipiens* รายงานพบในนาข้าวชลประทาน ทั้ง 3 แปลง ในจังหวัดปทุมธานี (Chittapun et al., 2009) และนาข้าวชลประทานในประเทศศรีลังกา (Bambaradeniya et al., 2004) ชี้ให้เห็นว่า *T. decipiens* เป็นชนิดที่พบบ่อยในนาข้าว อย่างไรก็ตามมีปัจจัยหลายอย่าง ที่ควบคุมการแพร่กระจายของโคฟีพอด เช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิ ช่วงเวลาน้ำท่วมขัง สิ่งแวดล้อม และลักษณะของแหล่งอาศัย (Kulkarni and Pai, 2016) อีกทั้งโคฟีพอดส่วนใหญ่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การแพร่กระจายของโคฟีพอดจึงค่อนข้างจำกัด (Gerritsen, 1980)

ดัชนีความหลากหลายชนิด และดัชนีความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนสัตว์ ในตัวอย่างครั้งที่ 2 ลดลงจากครั้งที่ 1 บ่งชี้ว่านาข้าวมีความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ลดลง และบางชนิดมีความหนาแน่นสูงกว่าชนิดอื่น คือ *P. vulgaris* และ *C. cornuta* การที่นาข้าวมีลักษณะเป็นแอ่งน้ำและการลดลงของระดับน้ำในนาข้าวในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 เป็นสาเหตุของการหายไปของแพลงก์ตอนสัตว์ 25 ชนิด โดยเฉพาะช่วงน้ำใกล้แห้งจำนวนชนิดแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อน้ำชั่วคราวลดลง (Zokan and Drake, 2015) อายุขัยเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน โรติเฟอร์มีอายุขัย 5-24 วัน (Snell et al., 2015) ขณะที่คลาโดเซอแรนมีอายุขัยอยู่ระหว่าง 5-150 วัน (Sarma et al., 2005) โคฟีพอดมีอายุขัยเฉลี่ย 31.2-74.5 วัน (Phong et al., 2008) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด และปัจจัยสิ่งแวดล้อม

3. ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์

ความหนาแน่นของโรติเฟอร์และคลาโดเซอแรนในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 สูงกว่าครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในช่วง 2 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลง โรติเฟอร์ชนิด *L. bulla* มีความหนาแน่นสูงสุดในตัวอย่างครั้งที่ 1 รองลงมาคือ *P. vulgaris* และ *P. quadricornis* สัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมขณะนั้นที่มีระดับน้ำสูงกว่าการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ต้นข้าวจึงเป็นแหล่งอาศัยย่อยสำหรับแพลงก์ตอนสัตว์ โรติเฟอร์สกุล *Lecane* และ *Platyas* มีความหลากหลาย และความชุกชุมสูงในบริเวณริมฝั่งที่มีพีชีน้ำ (Choi et al. 2015) ขณะที่ตัวอย่างครั้งที่ 2 *P. vulgaris* มีความหนาแน่นสูงสุด รองมาคือ *K. cochlearis* ส่วน *L. bulla* มีความหนาแน่นลดลง สกุล *Polyarthra* และ *Keratella* มีการดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอน พบอาศัยบริเวณกลางน้ำของแหล่งน้ำ (Kuczyńska-Kippen, 2014) สัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ที่ระดับน้ำในนาข้าวลดลง บางบริเวณมีลักษณะคล้ายแอ่งน้ำ *K. cochlearis* มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ถึง 27 เท่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น โรติเฟอร์ชนิดนี้เป็นชนิดเด่นในแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารสูง (Li et al., 2019) การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 คลาโดเซอแรน 2 ชนิด คือ *C. cornuta* และ *D. excisum* มีความหนาแน่นสูงกว่าครั้งที่ 1 ทั้ง 2 ชนิดมีขนาดที่ 2 ขนาดใหญ่ใช้สำหรับว่ายน้ำ เหมาะสมที่จะดำรงชีวิตเมื่อระดับน้ำในนาข้าวลดลง และมีสภาพเป็นแอ่งน้ำ ขณะที่การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 พบ *A. harti* เป็นชนิดเด่น รองลงมาคือ

D. excisum สภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการดำรงชีวิตของคลาโดเซอแรนวงศ์ Chydoridae มักพบอาศัยอยู่ตามพืชน้ำ และบริเวณพื้นท้องน้ำ (Sakuma, 2004) สังคมคลาโดเซอแรนในนาข้าว จังหวัดนครศรีธรรมราชมีการเปลี่ยนแปลงของชนิดเด่นเช่นเดียวกัน ในระยะต้นกล้า (ระดับน้ำสูง) พบ *Bosminopsis deitersi* เป็นชนิดเด่น ขณะที่ *M. triserialis* เป็นชนิดเด่นในระยะแตกกอ และ *D. excisum* เป็นชนิดเด่นในช่วงน้ำใกล้แห้งในระยะเก็บเกี่ยว (Maiphae et al., 2010) ขณะที่กลุ่มโคฟีพอดมีความหนาแน่นไม่แตกต่างกันระหว่างตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 อาจเนื่องจากโคฟีพอดมีอายุชียาวนานกว่าโรติเฟอร์ และคลาโดเซอแรน โดยมีอายุชียเฉลี่ยเท่ากับ 31.2 วัน (Phong et al., 2008) ชนิดที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดในการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง คือ *M. thermocyclopoides* รองลงมาคือ *H. elegans*

สรุปผลการวิจัย

จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์จากตัวอย่างครั้งที่ 1 พบ 60 ชนิด สูงกว่าครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบ 35 ชนิด ความหนาแน่นของชนิดเด่นกลุ่มโรติเฟอร์และคลาโดเซอแรนครั้งที่ 1 และ 2 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัด อาจเนื่องมาจากมีอายุชียที่สั้นกว่ากลุ่มโคฟีพอด สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของนาข้าว ในช่วงที่เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ระดับน้ำในนาข้าวลดลง มีสภาพเป็นแอ่งน้ำ ตัวอย่างครั้งที่ 1 พบ *L. bulla* และ *A. harti* มีความหนาแน่นมากที่สุด ในขณะที่ *P. vulgaris* และ *C. cornuta* เป็นชนิดเด่นในตัวอย่างครั้งที่ 2 ในทางตรงกันข้ามโคฟีพอด *M. thermocyclopoides* เป็นเช่นเด่นทั้ง 2 ช่วงเวลา ส่งผลให้ค่าดัชนีความหลากหลายชนิด ความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนสัตว์มีค่าลดลงเช่นกัน บ่งชี้ว่าการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 นาข้าวมีความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ลดลง และบางชนิดมีความหนาแน่นสูงกว่าชนิดอื่น ค่าความเค็มของน้ำในนาข้าวการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 มีค่าสูงกว่าครั้งที่ 2 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่าความเค็มไม่ได้ส่งผลต่อความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ที่ลดลงในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 การศึกษานี้ให้ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาความหลากหลาย การแพร่กระจาย และนิเวศวิทยาของแพลงก์ตอนสัตว์ในแหล่งน้ำชั่วคราวในพื้นที่ดินเค็ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณทองม้วน พาจันทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์นาข้าวในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงบทความวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพร ปลั่งกลาง และศุภิภรณ์ อธิบาย. (2562). ความหลากหลายและความชุกชุมของโรติเฟอร์ในนาข้าวที่ใช้สารเคมีในเขตจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารแก่นเกษตร*, 47(ฉบับพิเศษ 1), 651-656.
- ณัฐธิดา จันทวงศ์ และสุปิยนิตย์ ไผ่แพ. (2563). ความหลากหลายและการกระจายของโรติเฟอร์และคลาโดเซอแรนในแหล่งน้ำจืด อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 39(2), 45-59.

- ทิวา พาโคทหม ญัฐพล ชมภูบุตร และนงภัทร ไชยชนะ. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำในนาข้าว. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52 (สาขาพืช)* (หน้า 224-230). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ละออศรี เสนาะเมือง. (2545). *เพลงก่ตอนสัตว์น้ำจืด: คาลานอยด์โคฟีพอดในประเทศไทย*. ขอนแก่น: คลังน่านวิทยา.
- ละออศรี เสนาะเมือง และศิริชัย ไผ่ทองคำ. (2548). ความหลากหลายของคลาโดเซอราและโคฟีพอดในพื้นที่บึงทามบริเวณลุ่มแม่น้ำมูล. *วารสารวิจัย มข.*, 10(2), 106-113.
- สุทธิชัย เลียงเชยศ. (2533). ผลการศึกษาวิเคราะห์เพื่อกำหนดนโยบายและวิธีการควบคุมป้องกันและปรับปรุงแก้ไขพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารพัฒนบริหารศาสตร์*, 30(3), 95-108.
- APHA-AWWA-WPCF. (1998). *Standard methods for examination of water and waste water* (20th ed). Washington DC: American Public Health Association, American Water Work Association and Water Pollution Control Federation.
- Arain, H.M. (2010). *Salinity conversion calculator: the calculator converts between various units of salinity*. Retrieved 1 September 2021, from: <https://www.hamzasreef.com/contents/calculators/salinityconversion.php>.
- Araújo, L.R., Lopes, P.M., Santangelo, J.M., Petry, A.C. and Bozelli, R.L. (2013). Zooplankton resting egg banks in permanent and temporary tropical aquatic systems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25(3), 235-245.
- Bambaradeniya, C.N.B. and Amarasinghe, F.P. (2003). *Biodiversity associated with the rice field agroecosystem in Asian countries: A brief review*. Colombo: International Water Management Institute.
- Bambaradeniya, C.N.B., Edirisinghe, J.P., De Silva, D.N., Gunatilleke, C.V.S., Ranawana, K.B. and Wijekoon, S. (2004). Biodiversity associated with an irrigated rice agroecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1715-1753.
- Błędzki, L.A. and Rybak, J.I. (2016). *Freshwater crustacean zooplankton of Europe: Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida), key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis*. Basel: Springer International Publishing.
- Chittapun, S., Pholpunthin, P. and Sanoamuang, L. (2009). Diversity and composition of zooplankton in rice fields during a crop cycle at Pathum Thani province, Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 31(3), 261-267.
- Choi, J.Y., Kim, S.K., Jeng, K.S. and Joo, G.J. (2015). Detecting response patterns of zooplankton to environmental parameters in shallow freshwater wetlands: discovery of the role of macrophytes as microhabitat for epiphytic zooplankton. *Journal of Ecology and Environment*, 38(2), 133-143.

- Danni, Y., Liangdong, C., Leilei, L., Qing, W. and Yufeng, Y. (2020). Effect of salinity on the zooplankton community in the Pearl River Estuary. *Journal of Ocean University of China*, 19(6), 1389-1398.
- Gerritsen, J. (1980). Sex and parthenogenesis in sparse populations. *The American Naturalist*, 115(5), 718-742.
- Gilbert, J.J. (2019). Variation in the life cycle of monogonont rotifers: commitment to sex and emergence from diapause. *Freshwater Biology*, 65(2), 786-810.
- Hołyńska, M., Mirabdullayev, I.M., Reid, J.W. and Ueda, H. (2003). *Copepoda: Cyclopoida: genera Mesocyclops and Thermocyclops (guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world)*. Leiden: Backhuys Publishers.
- Kongpun, A., Jaisiri, P., Rerkasem, B. and Prom-u-thai, C. (2020). Impact of soil salinity on grain yield and aromatic compound in Thai Hom Mali rice cv. Khao Dawk Mali 105. *Agriculture and Natural Resources*, 54(1), 74-78.
- Kuczyńska-Kippen, N. (2014). Environmental variables of small mid-field water bodies and the presence of Rotifera groups of different ecological requirements. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(2), 373-378.
- Kulkarni, M.R. and Pai, K. (2016). The freshwater diaptomid copepod fauna (Crustacea: Copepoda: Diaptomidae) of the Western Ghats of Maharashtra with notes on distribution, species richness and ecology. *Journal of Limnology*, 75(1), 135-143.
- Lawler, S.P. (2001). Rice fields as temporary wetlands: A review. *Israel Journal of Zoology*, 47(4), 513-528.
- Li, Y., Liu, L., Cui, S. and Chen, F. (2019). Long-term effects of nutrient changes on rotifer communities in a subtropical lake. *Limnology*, doi: <https://doi.org/10.1007/s10201-018-0567-x>.
- Maiphae, S., Limbut, W., Choikaew, P. and Pechrat, P. (2010). The Cladocera (Ctenopoda and Anomopoda) in rice fields during a crop cycle at Nakhon Si Thammarat province, southern Thailand. *Crustaceana*, 83(12), 1469-1482.
- Nogrady, T. and Segers, H. (2002). *Rotifera: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae and Trochosphaeridae. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental water of the world 18*. Leiden: Backhuys Publishers.
- Pace, M.L. and Orcutt, Jr. J.D. (1981). The relative importance of protozoans, rotifers, and crustaceans in a freshwater zooplankton community 1. *Limnology and Oceanography*, 26(5), 822-830.

- Pejler, B. and Bērziņš, B. (1994). On the ecology of *Lecane* (Rotifera). *Hydrobiologia*, 273, 77-80.
- Phong, T.V., Tuno, N., Kawada, H. and Takagi, M. (2008). Comparative evaluation of fecundity and survivorship of six copepod (Copepoda: Cyclopidae) species: in relation to selection of candidate biological control agents against *Aedes aegypti*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 24(1), 61-69.
- Radzikowski, J. (2013). Resistance of dormant stages of planktonic invertebrates to adverse environmental conditions. *Journal of Plankton Research*, 35(4), 707-723.
- Ravikumar, P., Prakash, K.L. and Somashekar, R.K. (2013). Evaluation of water quality using geochemical modeling in the Bellary Nala Command area, Belgaum district, Karnataka State, India. *Carbonates Evaporites*, 28(3), 365-381.
- Romero, N., Attademo, A.M., Reno, U., Regaldo, L., Repetti, M.R., Lajmanovich, R. and Gagneten, A.M. (2021). Analysis of the zooplanktonic community in rice fields during a crop cycle in agroecological versus conventional management. *Limnetica*, doi: <https://doi.org/10.23818/limn.41.09>.
- Sakuma, M., Hanazato, T., Saji, A. and Nakazato, R. (2004). Migration from plant to plant: an important factor controlling densities of the epiphytic cladoceran *Alona* (Chydoridae, Anomopoda) on lake vegetation. *Limnology*, 5, 17-23.
- Sanoamuang, L. (2007). The rotifer communities of temporary waters in northeast Thailand. *KKU Research Journal*, 12(3), 203-209.
- Sarma, S.S.S., Nandini, S. and Gulati, R.D. (2005). Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia*, 542(1), 315-333.
- Scardaci, S.C., Shannon, M.C., Grattan, S.R., Eke, A.U., Roberts, S.R., Goldman-Smith, S. and Hill, J.E. (2002). Water management practices can affect salinity in rice fields. *California Agriculture*, 56(6), 184-188.
- Segers, H. (1995). *Rotifera: The Lecanidae (Monogononta)*. *Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental water of the world 6*. The Hague: SPB Academic Publishing.
- Smirnov, N.N. (1996). *Cladocera: The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the world*. *Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world 11*. Amsterdam: SPB Academic Publishing.
- Snell, T.W., Johnston, R.K., Gribble, K.E. and Welch, D.B.M. (2015). Rotifers as experimental tools for investigating aging. *Invertebrate Reproduction & Development*, 59(sup1), 5-10.

- Suwannatrai, A., Suwannatrai, K., Haruay, S., Piratae, S., Thammasiri, C., Khampoosa, P., Kulsantiwong, J., Prasopdee, S., Tarbsripair, P., Suwanwerakamtorn, R., Sukchan, S., Boonmars, T., Malone, J.B., Kearney, M.T. and Tesana, S. (2011). Effect of soil surface salt on the density and distribution of the snail *Bithynia siamensis goniomphalos* in northeast Thailand. *Geospatial Health*, 5(2), 183-190.
- Velasco, J., Gutiérrez-Cánovas, C., Botella-Cruz, M., Sánchez-Fernández, D., Arribas, P., Carbonell, J.A., Millán, A. and Pallarés, S. (2019). Effects of salinity changes on aquatic organisms in a multiple stressor context. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2018.0011>.
- Williams, D.D. (1997). Temporary ponds and their invertebrate communities. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 7(2), 105-117.
- Winkler, L.W. (1888). Die Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21(2), 2843-2855.
- Zokan, M. and Drake, J.M. (2015). The effect of hydroperiod and predation on the diversity of temporary pond zooplankton communities. *Ecology and Evolution*, 5(15), 3066-3074.