วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



ความหลากชนิดและการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำ ในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง จังหวัดราชบุรี

Species diversity and distribution of benthic macroinvertebrates in Hui Mai Teng Reservoir, Ratchaburi Province

นิติธร จันทร์เพ็ญ[1], พัชรี ครูขยัน[1]*, พงศ์เชฏฐ์ พิชิตกุล[2] และ พรเทพ เนียมพิทักษ์[3]

Nititorn Chanpen[1], Patcharee Khrukhayan[1]*, Phongchate Pichitkul[2] and Pornthep Niamphithak[3]

[1]ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Fishery Biology, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[2] ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[2] Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[3] สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
[3] Division of Fisheries, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

บทคัดย่อ: จากการศึกษาความหลากชนิดและการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง จังหวัดราชบุรี เก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือ basket sampler ทุกๆ สองเดือนตั้งแต่เดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนสิงหาคม 2566 จำนวน 4 สถานี แบ่งเป็นบริเวณที่ทำการเกษตร (สถานีที่ 1) บริเวณที่เป็นธรรมชาติมีการทำประมง (สถานีที่ 2) บริเวณที่มีการทำประมง (สถานีที่ 3) และแหล่งท่องเที่ยว (สถานีที่ 4) จากการศึกษาพบสัตว์พื้นท้องน้ำทั้งสิ้น 19 ชนิด โดยพบมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดในสถานีที่ 2 (1,544 ตัว/ตารางเมตร) และต่ำสุดในสถานีที่ 4 (612 ตัว/ตารางเมตร) พบหอยกินหอย *Anentome helena* และปลิง *Paecilobdella* sp. เป็นชนิดเด่น ค่าดัชนีความหลากหลากชนิดสูงสุดในสถานีที่ 2 (2.209) และต่ำสุดในสถานีที่1 (1.284) ค่าดัชนีความสม่ำเสมอเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าดัชนีความหลากชนิด ส่วนค่าดัชนีความมากชนิดสูงสุดในสถานีที่ 2 และต่ำสุดในสถานีที่ 1 คุณภาพน้ำในรอบปีพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติยกเว้นค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ และปริมาณแอมโมเนียรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P<0.05$) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ Canonical Correspondence Analysis (CCA) พบว่าค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำสูงที่สุด ($r=0.533$) และมีผลเชิงบวกกับ กุ้งฝอย ปูลำห้วย และตัวอ่อนแมลงปอเป็นสำคัญ จากการศึกษาสรุปได้ว่าบริเวณที่ถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การท่องเที่ยว และการเกษตร ส่งผลทางลบต่อปริมาณความชุกชุม และค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ

คำสำคัญ: ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ; คุณภาพน้ำ; สัตว์พื้นท้องน้ำ; อ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง

ABSTRACT: This study investigated the species diversity and distribution of benthic macroinvertebrates in Huai Mai Teng Reservoir, Ratchaburi Province. Samples were collected bimonthly from October 2022 to August 2023 using a basket sampler at 4 stations: an agricultural area (Station 1), a natural area with a fishery area (Station 2), a fishery area (Station 3), and a tourist area (Station 4). A total of 19 species of benthic macroinvertebrates were identified. The highest average density was found at Station 2 (1,544 individuals/m²), while the lowest was at Station 4 (612 individuals/m²). The dominant species were the assassin snail (*Anentome helena*) and the leech (*Paecilobdella* sp.). The highest species diversity index was observed at Station 2, while the lowest was at Station 1. The evenness index

* Corresponding author: ffisprk@gmail.com

Received: date; August 21, 2025 Revised: date; September 25, 2025

Accepted: date; October 14, 2025 Published: date; February 6, 2026

followed a similar trend to the diversity index. The species richness index was also highest at Station 2 and lowest at Station 1. Water quality throughout the year showed no statistically significant differences among stations, except for dissolved oxygen (DO) and total ammonia, which differed significantly ($P<0.05$). Canonical Correspondence Analysis (CCA) revealed that DO was the most influential factor affecting the distribution of benthic macroinvertebrates ($r = 0.533$), showing positive correlations with freshwater shrimps, stream crabs, and dragonfly larvae. In conclusion, areas disturbed by human activities, such as agriculture and tourism, negatively affected the abundance and biodiversity indices of benthic macroinvertebrates.
Keywords: benthic macroinvertebrates; biodiversity indices; Hui Mai Teng Reservoir; water quality

บทนำ

สัตว์พื้นท้องน้ำ (Benthic macroinvertebrates) หมายถึง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่อาศัยหรือหากินตามพื้นท้องน้ำ หรือเกาะอาศัยตามโขดหินในแหล่งน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วสัตว์เหล่านี้จะมีขนาดใหญ่กว่า 500 ไมโครเมตร สัตว์พื้นท้องน้ำที่พบมากในแหล่งน้ำจืด ได้แก่ สัตว์ในกลุ่มแอนเนลิด (Annelids) ได้แก่ ไส้เดือนน้ำ (Oligochaeta) และปลิง (Hirudinea) (Park and Choi, 2019) สัตว์ในกลุ่มสัตว์ขาปล้อง (Arthropods) ได้แก่ กุ้ง ปู และแมลงน้ำ (Li et al., 2025) และสัตว์ในกลุ่มหอย ได้แก่ หอยฝาเดียว (Gastropods) และหอยสองฝา (Bivalves) เป็นต้น (Sripanya et al., 2023) ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำจืด คือเป็นอาหารของสัตว์น้ำชนิดอื่น ทำให้ถ่ายทอดพลังงานผ่านห่วงโซ่อาหารและช่วยในการหมุนเวียนแร่ธาตุในระบบนิเวศ (นฤมล และคณะ, 2566) และเป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำจืดที่ทั่วโลกใช้ในการติดตามตรวจสอบในระบบนิเวศแหล่งน้ำ เนื่องจากมีขนาดใหญ่ มีการเคลื่อนที่น้อยและไวต่อมลภาวะที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำทุกประเภท (Singh and Sharma, 2020) โดยถ้ามีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรสัตว์พื้นท้องน้ำ ทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาและสามารถกำหนดแนวทางแก้ไขในอนาคตได้

อ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง เป็นอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำ 200 ตารางกิโลเมตร ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี (กรมชลประทาน, 2566) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศและการดำรงชีวิตของชุมชนในพื้นที่ โดยทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำเพื่อการเกษตร การอุปโภคบริโภค และการรักษาสมดุลของทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำสาขาของจังหวัดราชบุรี อีกทั้งยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด ทั้งพืชน้ำ และสัตว์น้ำ รวมถึงเป็นแหล่งน้ำสำคัญในการทำประมงโดยใช้เครื่องมือลอบ อวนติดตา และเบ็ด สร้างรายได้ให้กับชาวประมงในพื้นที่ การมีอยู่ของอ่างเก็บน้ำแห่งนี้จึงช่วยลดความเสี่ยงจากภาวะน้ำท่วมและภัยแล้ง สนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจท้องถิ่นทั้งด้านเกษตรกรรม ประมงน้ำจืด และการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน (ปาริชาติ และคณะ, 2564) ต่อมาได้พบกับปัญหาปริมาณน้ำกักเก็บไม่เต็มอ่าง เนื่องจากพื้นที่ต้นน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็งมีสภาพเสื่อมโทรมและถูกบุกรุก (กองการศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำพุ, 2563) ทำให้ปัจจุบันอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็งมีสภาพที่เสื่อมโทรมลงจากในอดีต อีกทั้งพื้นที่แห่งนี้ยังไม่มีการศึกษาด้านนิเวศวิทยาทางน้ำทั้งในด้านคุณภาพน้ำ และทรัพยากรธรรมชาติ ดั้งนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความชุกชุมของสัตว์พื้นท้องน้ำ คุณภาพน้ำ และความสัมพันธ์ระหว่างชนิด และความชุกชุมของสัตว์พื้นท้องน้ำกับคุณภาพน้ำ ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงวิชาการสำหรับหน่วยงานท้องถิ่น เช่น องค์การบริหารส่วนตำบล หรือหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการวางแผนและกำหนดมาตรการบริหารจัดการแหล่งน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการอนุรักษ์ ฟื้นฟูระบบนิเวศ และการจัดสรรทรัพยากรน้ำเพื่อรองรับกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนอย่างยั่งยืน

วิธีการศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาสัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง จังหวัดราชบุรี กำหนดจุดเก็บตัวอย่างเป็น 4 สถานี **Figure 1** ได้แก่

สถานีที่ 1 หน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดราชบุรี ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นทรายปนหินขนาดกลาง และเป็นบริเวณที่ไม่มีการทำประมงเนื่องจากปลามีความชุกชุมน้อยและอยู่ใกล้เคียงบริเวณที่ทำการเกษตร พิกัด Lat 13° 30' 51.264" N Long 99° 35' 44.736" E

สถานีที่ 2 หมู่บ้านชาวประมง ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินขนาดใหญ่ มีความเป็นธรรมชาติบริเวณริมฝั่งมีพรรณไม้น้ำปกคลุม เป็นบริเวณที่มีการทำประมงลอบ และอวนติดตาเนื่องจากมีปลาชุกชุมกว่าบริเวณอื่นๆ พิกัด Lat 13° 30' 43.164" N Long 99° 35' 24.9" E

สถานีที่ 3 แคมป์หลังเขื่อน ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินขนาดใหญ่ เป็นบริเวณที่มีการทำประมงโดยใช้เครื่องมือเบ็ด เนื่องจากมีปลาชุกชุม พิกัด Lat 13° 29' 53.664" N Long 99° 35' 21.624" E

สถานีที่ 4 บริเวณหน้าเขื่อน ลักษณะพื้นท้องน้ำเป็นหินขนาดใหญ่ อยู่ใกล้บริเวณสันเขื่อน เป็นบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์เป็นแหล่งท่องเที่ยวชุมชน Lat 13° 30' 54.72" N Long 99° 36' 27.9" E

การเก็บตัวอย่างสัตว์พื้นท้องน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างในทุกๆ 2 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนสิงหาคม 2566 โดยใช้เครื่องมือ basket sampler ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 13x13x18 เซนติเมตร โดยบรรจุวัสดุล่อเป็นก้อนหินและเศษวัสดุที่ใกล้เคียงกับลักษณะพื้นท้องน้ำในบริเวณที่ศึกษาไว้ในเครื่องมือ จากนั้นนำเครื่องมือไปวางที่บริเวณพื้นท้องน้ำในแต่ละสถานี จุดละ 3 เครื่อง ครั้งละ 2 เดือน รวมทั้งหมด 6 ครั้ง เมื่อครบกำหนดเทวัสดุล่อจากเครื่องมือออกมาใส่ถาดอลูมิเนียมสีขาวเพื่อคัดแยกตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ได้มาเก็บรักษาในแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 70 และนำมาจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการ โดยคู่มือจำแนกตามวิธีของ Morse et al. (1995) ทั้งนี้เนื่องจากอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง บริเวณพื้นท้องน้ำของอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นหินขนาดใหญ่ทั่วทั้งอ่าง ทำให้ไม่สามารถใช้เครื่องมือที่เก็บตะกอนดินได้ จึงต้องใช้เครื่องมือแบบวัสดุล่อแทน

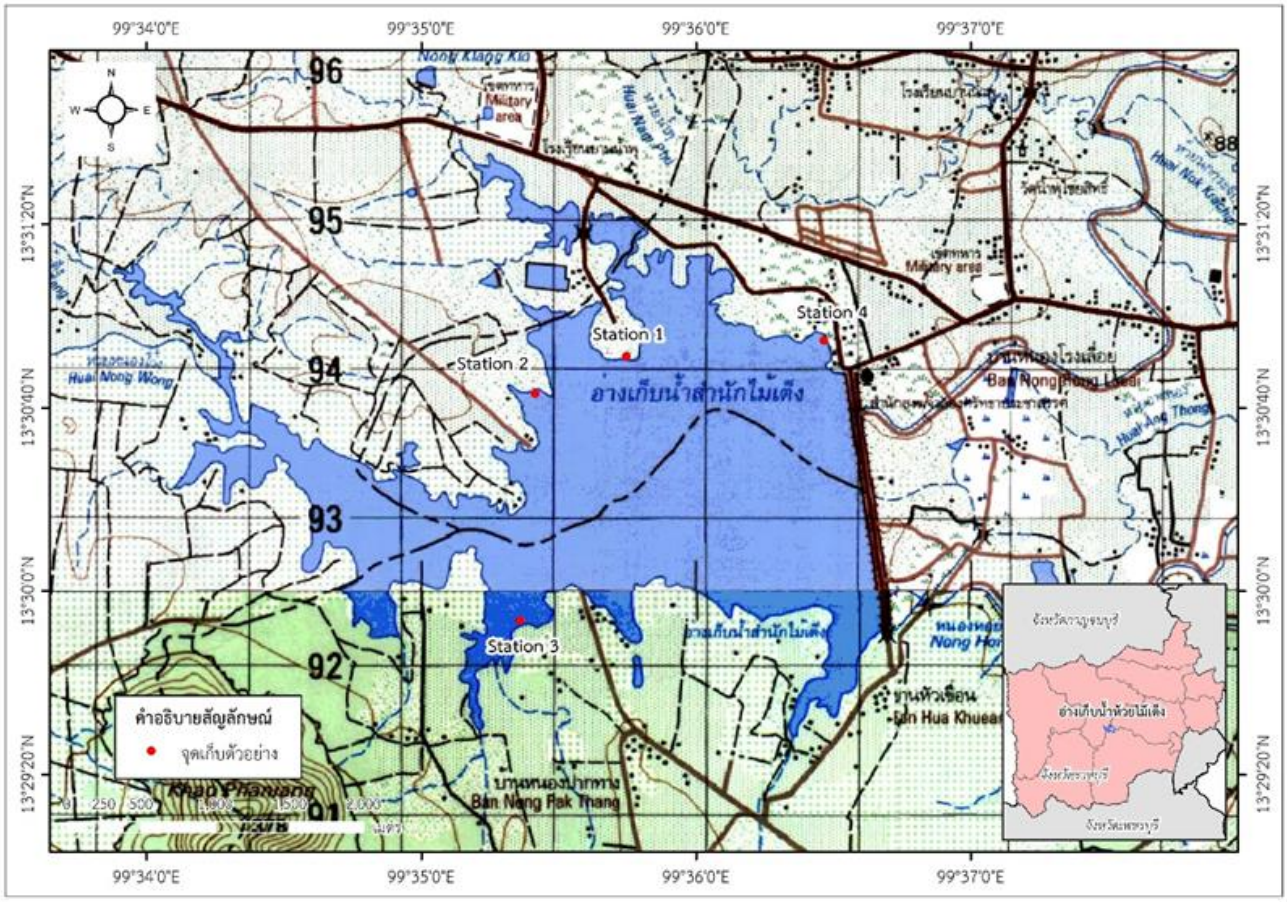


Figure 1 Map showing the location of study sites in the Hui Mai Teng reservoir, Ratchaburi province.

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการศึกษาคุณภาพน้ำในภาคสนามด้วยเครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO Meter) ด้วยเครื่อง YSI Model 550A ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อุณหภูมิ ด้วยเครื่อง pH 100 A ค่าความโปร่งแสงด้วย ใช้ Secchi disk โดยจะเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันทุกครั้งในการสำรวจ คือ ช่วงที่มีแสง เวลาประมาณ 9:00 – 10:00 น. ในทั้ง 4 สถานี และทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดสำรวจจำนวน 1 ลิตร ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร มาทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ค่าความกระด้าง (Hardness) โดยวิธี Titration technique ไนไตรท์ (Nitrite) ไนเตรท (Nitrate) โดยวิธี Colorimetric method และปริมาณแอมโมเนียรวม (Total Ammonia) โดยวิธี Phenate method

การวิเคราะห์ข้อมูล

จำนวนชนิดและปริมาณที่พบในแต่ละสถานี ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ ได้แก่ ค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon-Weiner index ; H’ ค่าดัชนีความมากชนิด Species Richness index ; d และค่าดัชนีความสม่ำเสมอ Evenness Index ; J โดยใช้ PAST statistical software ver. 5.0.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแตกต่างระหว่างคุณภาพน้ำในแต่ละสถานีในระหว่างเดือนด้วยวิธี Post-Hoc Analysis with Turkey’s Test โดยใช้ SPSS Version 27 (Authorization code number: c14f0926747987220be0) วิเคราะห์การจัดกลุ่ม (cluster analysis) และวิเคราะห์การจัดลำดับหมู่ (ordination analysis) ด้วยวิธี CCA (Canonical Correspondence Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับสัตว์พื้นท้องน้ำ โดยใช้ PC-ORD6

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความหลากชนิดและความชุกชุมของสัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง

จากการศึกษาความหลากชนิดและการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็งระหว่างเดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนสิงหาคม 2566 จำนวน 4 สถานี โดยสถานีที่ 1 และสถานี 4 มีการทำการเกษตร และการใช้ประโยชน์เป็นแหล่งท่องเที่ยวตามลำดับ ในสถานีที่ 2 มีความเป็นธรรมชาติและมีการทำประมงเนื่องจากมีปลาชุกชุมสูงที่สุด และสถานีที่ 3 มีการทำประมงเช่นเดียวกัน สัตว์พื้นท้องน้ำ ที่พบจำแนกได้เป็น 3 ไฟลัม 4 ชั้น 9 อันดับ 15 วงศ์ 19 ชนิด พบอยู่ไฟลัม Arthropoda มากที่สุด มีจำนวนเฉลี่ย 1,870 ตัว/ต่อตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 43 ของสัตว์พื้นท้องน้ำที่พบทั้งหมด รองลงมาเป็นไฟลัม Annelida และไฟลัม Mollusca มีจำนวนเฉลี่ย 1,465 และ 984 ตัว/ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 34 และ 23 ตามลำดับ เนื่องจากไฟลัม Arthropoda เป็นกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีความหลากหลายมากที่สุดในอาณาจักรสัตว์ (Clark et al., 2018) สอดคล้องกับผลการศึกษาความหลากชนิด ของสัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งเลิงจาน จังหวัดมหาสารคาม ของ จิราภรณ์ และคณะ (2559) และ พิชาศิษฐ์ และ สิทธิชัย (2564) ที่สำรวจพบสัตว์พื้นท้องน้ำในหนองหาร จังหวัดสกลนคร ที่พบสัตว์พื้นท้องน้ำในไฟลัม Arthropoda มากที่สุดเช่นเดียวกัน ซึ่งการพบสัตว์พื้นท้องน้ำไฟลัม Arthropoda ในสัดส่วนสูง สะท้อนถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและความหลากหลายเชิงนิเวศที่ยังดีอยู่ (Li et al., 2019)

เมื่อพิจารณาความชุกชุมในแต่ละสถานี พบว่า สถานี 2 มีความชุกชุมของสัตว์พื้นท้องน้ำสูงที่สุด มีจำนวนเฉลี่ย 1,544 ตัว/ตารางเมตร รองลงมาคือสถานีที่ 3, 1 และ 4 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,140, 1,023 และ 612 ตัว/ตารางเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสถานีที่ 1 และ 4 มีการถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การเกษตรกรรม และการท่องเที่ยว จะมีปริมาณสัตว์พื้นท้องน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าสถานีที่ 2 และ 3 ที่มีความเป็นธรรมชาติไม่มีการถูกรบกวน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Owade et al. (2025) ที่รายงานว่าพื้นที่ที่มีการรบกวนในระดับสูง เช่น การทำเกษตร การใช้ที่ดินเพื่อที่อยู่อาศัย และแหล่งท่องเที่ยว ส่งผลทางลบต่อปริมาณความชุกชุมของสัตว์พื้นท้องน้ำ

เมื่อพิจารณาความชุกชุมในแต่ละเดือนและฤดูกาล พบสัตว์พื้นท้องน้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมิถุนายน 2566 (867 ตัว/ตารางเมตร) และต่ำสุดในเดือนตุลาคม 2565 (443 ตัว/ตารางเมตร) และในฤดูแล้งมีปริมาณสัตว์พื้นท้องน้ำเฉลี่ย (2,186 ตัว/ตารางเมตร) สูงกว่าในฤดูฝน (2,133 ตัว/ตารางเมตร) อาจเนื่องมาจากในเดือนมิถุนายนเป็นต้นฤดูฝน ทำให้มีชะล้างสารอาหารที่สะสมบนผิวดิน เช่น ไนเตรต ฟอสเฟต และสารอินทรีย์ต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหาร

เช่น ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen: TN) และปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus: TP) เพิ่มขึ้น ทำให้พืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชใช้สารอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้กำลังผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ (primary production) สูงขึ้นตามไปด้วย หลังจากนั้นปริมาณธาตุอาหารจะค่อยๆ ลดลงในปลายฤดูฝนในเดือนตุลาคม ส่วนในฤดูแล้งมีปริมาณน้ำลดลงและน้ำอยู่ในสภาวะนิ่ง ทำให้มีการตกตะกอนของอนุภาคแขวนลอยและสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์พื้นท้องน้ำ (Chusri et al., 2018; Sricharoen et al., 2019) จึงทำให้สัตว์พื้นท้องน้ำมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาความชุกชุมของชนิดสัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง พบว่า ชนิดเด่นที่พบเป็นประจำ ได้แก่ ปลิง *Paecilobdella* sp. และ หอยกินหอย *Anentome helena* โดยพบมากเกือบทุกสถานี และทุกช่วงเวลา ซึ่งหอยกินหอยมีบทบาทในการควบคุมประชากรหอยน้ำจืดชนิดอื่น โดยการกินหอยขนาดเล็กและไข่หอยชนิดอื่นเป็นอาหาร หอยชนิดนี้จึงอาจช่วยลดจำนวนหอยศัตรูพืช เช่น หอยเชอร์รี่ หรือหอยที่เป็นพาหะนำโรคในระบบนิเวศแหล่งน้ำได้ (Haruay and Piratae, 2023) การพบหอยกินหอยในปริมาณมาก แสดงให้เห็นว่ามีหอยชนิดอื่นหรือไข่หอยในระบบนิเวศเพียงพอ สะท้อนให้เห็นถึงสมดุลข องห่วงโซ่อาหาร ในทางตรงกันข้ามการที่หอยกินหอยมีความหนาแน่นที่มากเกินไป อาจลดความหลากชนิดของหอยน้ำจืดชนิดอื่นๆ เนื่องจากการถูกล่า ซึ่งอาจกระทบต่อสายใยอาหารได้เช่นเดียวกัน เช่น ลดแหล่งอาหารของสัตว์ที่กินหอยเป็นหลัก ดังผลการศึกษาในครั้งนี้คือ พบหอยเพียง 2 ชนิดคือ หอยกินหอย และหอยเจดีย์ *Brotia* sp. และการที่พบปลิงมีจำนวนมาก มักบ่งชี้ถึงสภาพน้ำที่มีสารอินทรีย์สูง โดยมักพบมากในอ่างเก็บน้ำและทะเลสาบที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Pinto et al., 2021) และอาจส่งผลเสียต่อการดำรงของชีวิตของปลาและสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ในอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากปลิงเป็นปรสิตภายนอกที่ก่อปัญหาต่อสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ และยังอาจเป็นปัญหาต่อการใช้น้ำเพื่อการนันทนาการหรือการบริโภค

ค่าดัชนีความหลากชนิดโดยรวมตลอดทั้งปีสูงที่สุดใน สถานีที่ 2 (2.209) ซึ่งบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งที่อยู่อาศัยและการมีอยู่ของชนิดพันธุ์ที่หลากหลาย ค่าดัชนีความหลากชนิดในฤดูแล้ง (2.159) สูงกว่าในฤดูฝน (1.922) และการเปลี่ยนแปลงในระดับเดือน พบว่าเดือนธันวาคมและกุมภาพันธ์ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูแล้งมีค่าความหลากชนิดสูงเด่นชัด โดยเฉพาะในสถานีที่ 2 อาจเนื่องมาจากในฤดูแล้งมีปริมาณน้ำไหลเข้าน้อยและมีการสะสมของปริมาณสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนบริเวณพื้นท้องน้ำ ส่งผลให้สัตว์พื้นท้องน้ำสามารถอยู่อาศัยและกระจายตัวได้ดี ในขณะที่ สถานีที่ 1 มีค่าดัชนีความหลากชนิดต่ำสุด (1.284) เนื่องจากในบริเวณนี้อยู่ใกล้พื้นที่ทำการเกษตรอาจมีการปนเปื้อนเคมีการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สัตว์พื้นท้องน้ำหลายชนิดไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ส่วนในสถานีที่ 3 และ 4 มีค่าดัชนีความหลากชนิด 1.524 และ 1.568 เมื่อพิจารณาค่าความหลากชนิดตามแนวคิดของ Baliton et al. (2020) ที่พิจารณาเกณฑ์กำหนดระดับความอุดมสมบูรณ์โดยใช้ค่าดัชนีความหลากชนิด ซึ่งกำหนดให้ค่าดัชนีความหลากชนิดมากกว่า 3.5 อยู่ในระดับสูงมาก ช่วงระหว่าง 3.00 - 3.49 อยู่ในระดับสูง ช่วงระหว่าง 2.50 – 2.99 อยู่ในระดับปานกลาง ช่วงระหว่าง 2.00 – 2.49 อยู่ในระดับต่ำ และหากน้อยกว่า 1.99 อยู่ในระดับต่ำมาก ดังนั้นค่าดัชนีความหลากชนิดในสถานีที่ 2 จึงจัดอยู่ในระดับต่ำ ส่วนในสถานีที่ 1 สถานีที่ 3 และสถานีที่ 4 อยู่ในระดับต่ำมาก

ค่าดัชนีความสม่ำเสมอมีแนวโน้มสูงในทุกสถานี โดยเฉพาะสถานีที่ 2 และ 4 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 0.8 ตลอดทั้งปี แสดงให้เห็นว่าชนิดพันธุ์ต่างๆ กระจายตัวได้ค่อนข้างสมดุลไม่มีชนิดใดชนิดหนึ่งที่มีจำนวนมากจนเกินไป การมีค่าดัชนีสม่ำเสมอสูงจึงแสดงถึงสภาพแวดล้อมที่คงตัวและไม่มีการรบกวนจากชนิดพันธุ์ใดชนิดหนึ่งที่มากเกินไป ส่วนค่าดัชนีความสม่ำเสมอในเดือนตุลาคม 2565 ในสถานีที่ 2 มีค่าต่ำมาก (0.576) แสดงให้เห็นว่ามีการกระจายตัวของชนิดพันธุ์บางชนิดที่มากเกินไปคือ หอยกินหอยพบมีปริมาณเฉลี่ย 114 ตัว/ตารางเมตร คิดเป็นร้อยละ 80.28 ของสัตว์พื้นท้องน้ำทั้งหมดที่พบในสถานีที่ 2 ในเดือนตุลาคม ซึ่งโดยรวมแล้วค่าดัชนีความสม่ำเสมอกับค่าดัชนีความหลากชนิดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ค่าดัชนีความมากชนิดสูงที่สุดในสถานีที่ 2 (1.907) เช่นเดียวกับค่าดัชนีความหลากชนิด แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายที่แท้จริงในเชิงปริมาณชนิดพันธุ์ ในขณะที่สถานีที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด (0.577) ซึ่งอาจเป็นผลจากคุณภาพน้ำที่มีการปนเปื้อนสารเคมีทางการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Michel et al. (2025) ศึกษาผลกระทบของสารเคมีการเกษตรต่อความหลากชนิดของสัตว์พื้นท้องน้ำในพื้นที่ชะลอน้ำทางการเกษตร ผลการศึกษาพบว่า จำนวนชนิดของสัตว์พื้นท้องน้ำในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารเคมี

การเกษตรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าค่าดัชนีความหลากชนิดของสัตว์พื้นท้องน้ำลดลงในพื้นที่ที่มีสารเคมีการเกษตรตกค้างเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไม่มีการถูกรบกวน

คุณภาพน้ำในรอบปี

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในรอบปี **Table 1** พบว่าค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำในสถานีที่ 2 แตกต่างจากสถานีที่ 1 สถานีที่ 3 และสถานีที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสูงสุดในสถานีที่ 2 ตลอดทั้งปี อาจเนื่องมาจากในสถานีที่ 2 มีพรรณไม้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอก ขึ้นอยู่ในแหล่งน้ำ ค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เพิ่มขึ้นอาจมาจากการสังเคราะห์แสงของพรรณไม้น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับดัชนีความหลากชนิดในสถานีที่ 2 เช่นเดียวกัน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการหายใจและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เมื่อมีค่าสูงทำให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์พื้นท้องน้ำ จึงทำให้สถานีที่ 2 มีค่าดัชนีความหลากชนิดสูงกว่าสถานีอื่นๆ

คุณภาพน้ำโดยส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (กรมประมง, 2564) ยกเว้นค่าความโปร่งแสงที่มีมากเกินไป ซึ่งค่าความโปร่งแสงของน้ำจะมีความสัมพันธ์ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ โดยค่าความโปร่งแสงที่สูงบ่งชี้ว่า แหล่งน้ำมีปริมาณสารอาหารต่ำและมีความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำต่ำ มีปริมาณของแพลงก์ตอนน้อย (Carlson, 1977; Dodds, 2002) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็งค่อนข้างสูงกว่าแหล่งน้ำจืดทั่วไปเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยรอบมาจากภูเขาหินปูน และปริมาณธาตุอาหาร (ไนโตรเจน) ค่อนข้างต่ำทำให้การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนน้อย น้ำจึงค่อนข้างใส

Table 1 Mean values and standard deviation of water quality parameters

Parameters	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Temperature (°C)	27.8 ± 1.5	27.9 ± 1.6	28.2 ± 1.8	27.8 ± 1.6
pH	7.89 ± 0.86	7.73 ± 0.62	8.02 ± 0.60	8.15 ± 0.61
DO (mg/L)	4.30 ± 0.66^{b}	5.68 ± 0.55^{c}	3.07 ± 0.35^{a}	3.04 ± 0.39^{a}
Transparency (cm)	97.83 ± 7.08	95.67 ± 9.16	92.00 ± 11.30	100.67 ± 10.73
Alkalinity (mg/L as $CaCO_3$)	129.17 ± 13.85	128.67 ± 14.87	131.67 ± 7.69	126.67 ± 12.08
Hardness (mg/L as $CaCO_3$)	125.50 ± 10.08	117.67 ± 4.76	122.67 ± 6.35	117.83 ± 4.07
Nitrite (mg/L)	0.0033 ± 0.0005	0.0032 ± 0.0003	0.0034 ± 0.0002	0.0032 ± 0.0003
Nitrate (mg/L)	0.0364 ± 0.0022	0.0361±0.0020	0.0354 ± 0.0021	0.0362 ± 0.0011
Total Ammonia Nitrogen (mg/L)	0.0895 ± 0.0046^{a}	0.063 ± 0.0073^{b}	0.0729 ± 0.0059^{b}	0.0748 ± 0.0066^{b}

Different superscripts in a row represent statistically significant differences at $P<0.05$

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับสัตว์พื้นท้องน้ำ

จากการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (cluster analysis) ตามวิธีของ Bray–Curtis **Figure 2** พบว่า เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงระหว่างสัตว์พื้นท้องน้ำระดับความคล้ายคลึงที่ร้อยละ 65 สามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มสัตว์พื้นท้องน้ำที่พบในสถานีที่ 3 พบกลุ่มตัวอ่อนแมลงปอ ได้แก่ *Cephalaeschna* sp.และ *Ictinogomphus* sp. เป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มสัตว์พื้นท้องน้ำที่พบในสถานีที่ 4 และสถานีที่ 1 โดยปลิง *Paecilobdella* sp. หอยกินหอย *Anentome helena* หอยเจดีย์ *Brotia* sp. และ หนอนแดง *Chironomus* sp. เป็นชนิดเด่นและเป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญ และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มสัตว์พื้นท้องน้ำที่พบ

ในสถานีที่ 2 กลุ่มตัวอ่อนแมลงปอ *Cordulia* sp., *Cephalaeschna* sp., และ *Hydrobasileus* sp. เป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญ กล่าวได้ว่าในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 มีคุณภาพน้ำปานกลางถึงดี โดยพิจารณาจากกลุ่มตัวอ่อนแมลงปอที่พบ แต่ในสถานีที่ 2 พบกลุ่มสัตว์พื้นท้องน้ำที่แตกต่างจากสถานีอื่นๆ ทั้งในด้านความหลากชนิด ความชุกชุม และค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ จึงทำให้ในสถานีที่ 2 จัดแยกอยู่จากกลุ่มอื่นๆ ส่วนในกลุ่มที่ 2 นั้นมีคุณภาพน้ำเริ่มเสื่อมโทรม โดยพิจารณาจากกลุ่มปลิง หอยกินหอย และหนอนแดง ทั้งในสถานีที่ 1 และสถานีที่ 4 ทั้ง 2 สถานีนี้มีการใช้ประโยชน์มีการทำเกษตรและเป็นแหล่งท่องเที่ยว แหล่งน้ำมีการถูกรบกวน กลุ่มสัตว์พื้นท้องน้ำที่พบและค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีความคล้ายคลึงและสัมพันธ์กันทั้ง 2 สถานี เป็นผลให้จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

จากการวิเคราะห์การจัดลำดับหมู่เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำกับการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำโดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธี CCA **Table 2** พบว่า ปัจจัยคุณภาพน้ำมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำ โดยพบว่าค่า Eigenvalues ของแกน Axis 1, 2, และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.648, 0.210, และ 0.160 ตามลำดับ กล่าวได้ว่าแกน Axis 1 และ 2 มีการตอบสนองต่อตัวแปรอิสระมากที่สุดจึงใช้แกน Axis1 และ Axis 2 ในการพิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำกับการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำอยู่ในระดับสูง ในแกน Axis 1 และ Axis 2 มีค่าเท่ากับ 0.961 และ 0.749 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละพารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำจากพารามิเตอร์ทั้งหมด พบว่ามีค่าพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็งจำนวน 4 พารามิเตอร์ **Table 3** ได้แก่ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำสูงที่สุดมีค่า r เท่ากับ 0.533 รองลงมาเป็นปริมาณแอมโมเนียรวม ความกระด้าง และไนไตรท์ ซึ่งมีค่า r เท่ากับ 0.371, 0.143, และ 0.002 ตามลำดับ

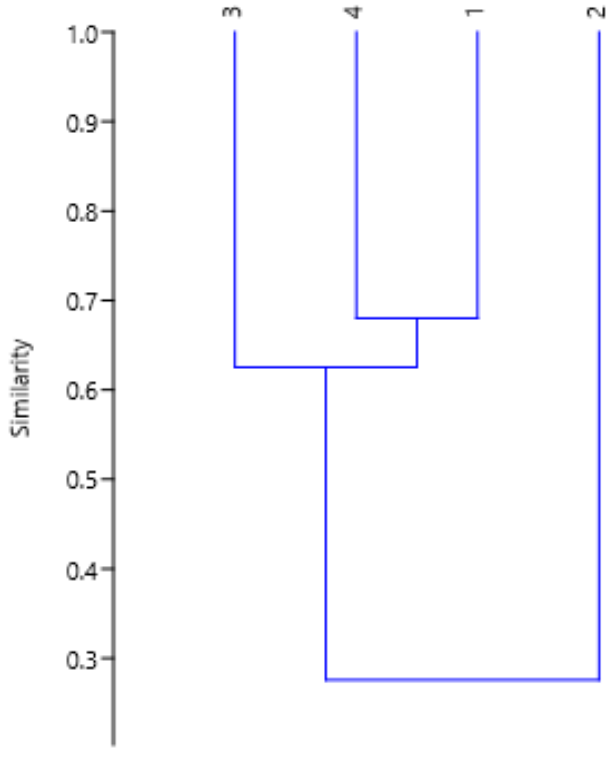


Figure 2 Dendrogram of Bray–Curtis similarity of stations in Huai Mai Teng Reservoir.

Table 2 CCA results indicating the correlation between water quality parameters and benthic macroinvertebrates communities

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Eigenvalues	0.648	0.210	0.160
% of variance explained	26.1	8.5	6.4
Cumulative % explained	26.1	34.6	41.0
Pearson Correlation, Spp-Envt*	0.961	0.749	0.773

* Correlation between sample scores for an axis derived from the species data and the sample scores that are linear combinations of the environmental variables.

Table 3 Correlation of water quality parameters on each axis

Parameters	Correlation*		
	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Dissolved Oxygen	0.533	0.020	0.005
Hardness	0.143	0.191	-0.203
Nitrite	0.002	0.356	-0.013
Total Ammonia	0.371	0.256	0.115

*Correlations are “intra-set correlation” of ter Braak (1986)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถแบ่งกลุ่มสัตว์พื้นท้องน้ำออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ **Figure 3** โดยกลุ่มที่หนึ่งเป็นกลุ่มที่ชอบอาศัยในน้ำที่มีออกซิเจนละลายค่อนข้างสูง และมีผลเชิงลบกับแอมโมเนีย ความกระด้าง และไนไตรท์ ได้แก่ กุ้งฝอย *Macrobrachium* sp., ปูลำห้วย *Siamthelphusa* sp., และ กลุ่มตัวอ่อนแมลงปอ *Cordulia* sp., และ *Cephalaeschna* sp. เป็นต้น ส่วนในกลุ่มที่สองจะเป็น กลุ่มที่สามารถอาศัยได้ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายต่ำและมีความทนทานสามารถอาศัยในน้ำที่มีปริมาณแอมโมเนียรวม ความกระด้าง และไนเตรทสูงได้ดี ได้แก่ ปลิง *Paecilobdella* sp., หอยกินหอย *Anentome helena*, และหนอนแดง *Chironomus* sp. เป็นต้น ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำสูงที่สุด กล่าวได้ว่าหากออกซิเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะพบ กุ้งฝอย ปูลำห้วย และ กลุ่มตัวอ่อนแมลงปอ เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันหากค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง จะทำให้สัตว์กลุ่มนี้ไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ และลดจำนวนลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มตัวอ่อนแมลงปอ สอดคล้องกับการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่ส่งผลต่อตัวอ่อนแมลงปอในพื้นที่ทำการเกษตรในประเทศมาเลเซีย พบว่า แหล่งน้ำที่มีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงจะพบตัวอ่อนแมลงปอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ถ้าแหล่งน้ำที่มีค่าออกซิเจนละลายต่ำตัวอ่อนแมลงปอจะลดจำนวนลงหรือไม่สามารถอยู่รอดได้ (Ishak et al., 2021) ในขณะเดียวกันปลิง หอยกินหอย และหนอนแดง สามารถอาศัยได้ดีในน้ำที่แอมโมเนีย ความกระด้าง และไนเตรทสูง และค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำ

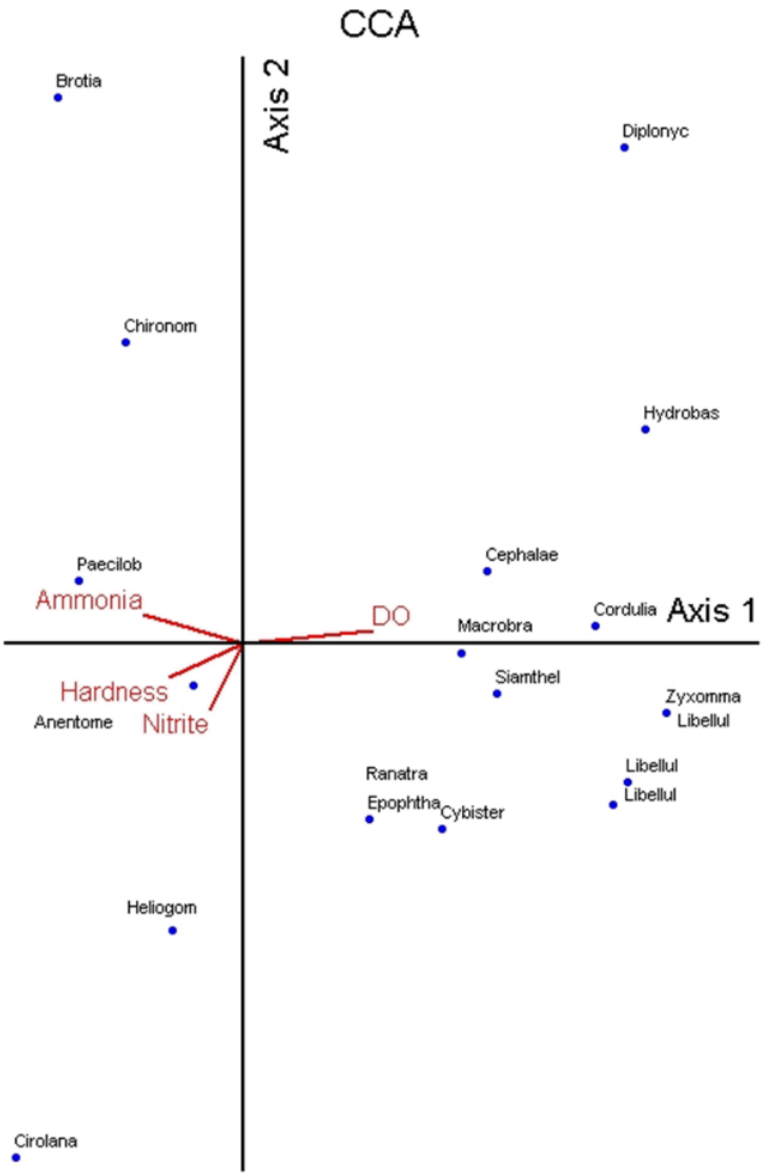


Figure 3 Canonical correspondence analysis (CCA) of the benthic macroinvertebrates and water quality parameters

สรุป

จากการศึกษาพบสัตว์พื้นท้องน้ำ 3 ไฟลัม โดยไฟลัม Arthropoda มีความชุกชุมสูงที่สุด รองลงมาเป็นไฟลัม Annelida และไฟลัม Mollusca จำแนกได้ทั้งสิ้น 4 ชั้น 9 อันดับ 15 วงศ์ 19 ชนิด ความชุกชุมและค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์พื้นท้องน้ำ พบว่าบริเวณที่เป็นธรรมชาติไม่มีการถูกรบกวนจะมีความชุกชุมและค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพสูงกว่า ในขณะที่บริเวณที่มีการถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การทำการเกษตร และแหล่งท่องเที่ยว ส่งผลทางลบต่อปริมาณความชุกชุมและค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ คุณภาพน้ำโดยส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยค่าค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสัตว์พื้นท้องน้ำสูงที่สุด และมีผลเชิงบวกกับ กุ้งฝอย ปูลำห้วย และตัวอ่อนแมลงปอเป็นสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาผลกระทบของปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อสัตว์พื้นท้องน้ำ เช่น ปริมาณสารอินทรีย์ และการทดสอบการปนเปื้อนสารเคมีการเกษตรในพื้นที่ เพื่อให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสัตว์ท้องน้ำอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรมีการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำระยะยาวในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น สถานีที่ 1 และ 4 ซึ่งมีการทำเกษตรกรรม และใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ และผลกระทบต่อความหลากหลายของสัตว์พื้นท้องน้ำ ส่งเสริมการใช้ดัชนีชีวภาพร่วมกับการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี โดยเฉพาะ ค่าดัชนีความหลากชนิด และกลุ่มสัตว์พื้นท้องน้ำที่เป็นดัชนีชี้วัด เพื่อประเมินสถานภาพแหล่งน้ำ และสามารถนำข้อมูลไปสนับสนุนการจัดการทรัพยากร

การอนุญาตวิจัยในสัตว์

การทดลองนี้ได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ตามเอกสารอนุญาตเลขที่ (approval number) ACKU67-FIS-021

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2566. โครงการชลประทานราชบุรี 2566 สำนักงานชลประทานที่ 13 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมประมง. 2565. ว่าด้วยเรื่องน้ำ คุณสมบัติของน้ำ. แหล่งข้อมูล: https://www4.fisheries.go.th.

กองการศึกษา, องค์การบริการส่วนตำบลน้ำพุ. 2563. อ่างเก็บน้ำห้วยไม้เต็ง. แหล่งข้อมูล: http://www.namphu.go.th.

จิราภรณ์ หีบแก้ว, ธิดารัตน์ แก้วดอนหัน และผ่องจิตร เตรียมแรง. 2559. ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในอ่างเก็บน้ำแก่งเลิงจาน ตำบลแก่งเลิงจาน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

นฤมล แสงประดับ, ชุติมา หาญจวณิช, ขวัญศิริ รัตนวิไล, สิริกมล พลายงาม, ปฏิพัทธ์ เทวาภวัต, รุ่งนภา สมนาค และเวียงคร วรรณจักร. 2566. โครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินและความหลากชนิด ตัวเต็มวัยแมลงหนอนปลอกน้ำในตำบลสหกรณ์นิคม อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ในช่วงการท่องเที่ยวแบบความปรกติใหม่. KKU Science Journal. 51: 257-277.

ปาริชาติ พ., สุรศักดิ์ ว. และวราภรณ์ ช. 2564. การจัดการทรัพยากรน้ำและผลกระทบต่อชุมชนในลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่าง. วารสารวิชาการการจัดการทรัพยากรน้ำ. 12: 45–59.

พิชาศิษฐ์ แสงเมฆ และสิทธิชัย ฮะทะโชติ. 2564. ผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อประชาคมสัตว์หน้าดินในหนองหาร จังหวัดสกลนคร. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย. 13: 107-124.

Baliton, R., L. Landicho, and R. E. Cabahug. 2020. Ecological services of agroforestry systems in selected upland farming communities in the Philippines. Biodiversitas. 21: 707-717.

Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography. 22: 361-369.

Chusri, S., N. Thongtham, and P. Weeradej. 2018. Seasonal variation of benthic macroinvertebrates and sediment characteristics in a northeastern reservoir, Thailand. Environmental Asia. 11: 132-141.

Clark, M. A., M. Douglas, and J. Choi. 2018. Biology 2e. Available: https://openstax.org/books/biology-2e/pages/preface.

Dodds, W. K. 2002. Freshwater ecology: Concepts and environmental applications. Academic Press, San Diego, CA.

Haruay, N., and S. Piratae. 2023. Predatory efficiency of *Anentome helena* snail against intermediate host snails of parasitic diseases under laboratory conditions. Journal of Helminthology. 97: e18.

Ishak, M. Y., Z. Azham, N. S. A. Latip, and M. Mohamed. 2021. Physicochemical properties as driver of Odonata diversity in oil palm waterways. Frontiers in Forests and Global Change. 4: 613064.

Li, Y., Y. Chen, and S. Liu. 2025. Taxonomic and functional diversity of macroinvertebrate community along an altitudinal gradient in the upper Jinsha River. Ecological Indicators. 163: 112123.

Michel, A., J. D. Lebrun, C. Chaumont, M. Girondin, J. Tournebize, V. Archaimbault, and A. Jeliazkov. 2025. Benthic macroinvertebrate diversity and function in an agricultural constructed wetland affected by agrochemical pressure (Seine-et-Marne, France). Environmental Science and Pollution Research. 32: 3679–3697.

Morse, J. C., L. Yang, and L. Tian. 1995. Aquatic insects of china useful for monitoring water quality. Hohai University Press, Nanjing.

Owade, C. A., H. Kaiser, G. M. Simiyu, G. Owuor, E. Sicharani, G. M. Gettel, and F. O. Masese. 2025. Macroinvertebrate functional responses to human disturbance and flow cessation in Afromontane-savannah rivers. Limnologica. 102: 125107.

Park, Y. S., and J. Choi. 2019. Spatial distribution patterns of benthic macroinvertebrate functional feeding groups in relation to environmental gradients. Aquatic Ecosystem Health & Management. 22: 297–307.

Pinto, I., S. Rodrigues, and S. C. Antunes. 2021. Assessment of the benthic macroinvertebrate communities in the evaluation of the water quality of Portuguese reservoirs: An experimental approach. Water. 13: 3391.

Singh, S., and R. C. Sharma. 2020. Monitoring of benthic macroinvertebrates as bioindicator for assessing the health of the high altitude wetland Dodi Tal, Garhwal Himalaya, India. Biodiversity International Journal. 4: 164-173.

Sricharoen, W., A. Suksri, and P. Sricharoen. 2019. Sediment quality and organic matter accumulation in fish ponds and irrigation canals at Rangsit agricultural area. Thai Environmental Engineering Journal. 33: 35-46.

Sripanya, J., C. Vongsombath, V. Vannachak, K. Rattanachan, C. Hanjavanit, W. Mahakham, and N. Sangpradub. 2023. Benthic macroinvertebrate communities in wadeable rivers and streams of Lao PDR as a useful tool for biomonitoring water quality: A multimetric index approach. Water. 15: 625.