

การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีชีวภาพ

Water quality monitoring using zooplanktons as potential bioindicator

เตือนตา รำหมาน^{1*}, ปวีณา แก้วอุบล¹, ณัฐยานันท์ ฟาน เบม¹,

ปรียาลักษณ์ โคหนองบัว¹ กาญจนา อ่อชัย² และ ต่วนนุรฮัน กูบาฮา²

Tueanta Ramarn^{1*}, Paveena Kawubon¹, Natthaya Van Bam¹,

Preeyalak Konongboa¹, Kanjana Oosai² and Tuannurhan Kubaha²

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีชีวภาพในการชี้วัดคุณภาพน้ำในคลองป่าพะยอมโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยการวิเคราะห์ Canonical Correspondence Analysis (CCA) การเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำและตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ในระบบนิเวศน์คลองป่าพะยอมระยะทาง 33 กิโลเมตร ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2559 – มกราคม 2560 พบว่ามีจำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบ 17 Taxa จาก 3 ไฟลัม คือ ไฟลัมแอนนิลิดา ไฟลัมโรติเฟอร่าและไฟลัมอาร์โทรพอดา โรติเฟอร่าถูกใช้เป็นตัวประกอบหลักของสังคมแพลงก์ตอนสัตว์ในการประเมินคุณภาพน้ำ ผลจากการวิเคราะห์ด้วย CCA พบว่า คุณภาพน้ำมีอิทธิพลต่อความชุกชุมและการกระจายของแพลงก์ตอนสัตว์ โดยปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ฟอสเฟต BOD และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีอิทธิพลต่อโรติเฟอร่าในสกุล *Philodina* sp., *Filinia* sp. และ *Branchiomus* sp. ส่วนค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งละลายน้ำจะมีอิทธิพลต่อโรติเฟอร่าในสกุล *Euchlanis* sp., *Lacane* sp. และ *Polyathra* sp. ผลจากการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปสร้างโมเดลการตรวจวัดและการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีชีวภาพได้

คำสำคัญ: คลองป่าพะยอม โรติเฟอร่า ฟอสเฟต ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แอมโมเนีย

ABSTRACT: This research proposed a new approach on adopting zooplankton as bioindicator of water quality in Phapayom canal using the Canonical Correspondence analysis (CCA). Water quality and zooplankton samples were collected from Phapayom canal along the distance of 33 kilometers during May 2016-January 2017. The results showed that 17 Taxa of zooplankton, belonging to 3 Phylum of Annelida, Rotifera and Arthropoda were found. Among them, the Rotifer was used as a bioindicator for water quality. The CCA analysis revealed that environmental factors affected abundance and distribution of zooplankton. Ammonia, Nitrite, Phosphate, BOD, and dissolved oxygen exerted their effects on *Philodina* sp., *Filinia* sp. and *Branchiomus* sp. While conductivity and total dissolved solid affected abundance and distribution of *Euchlanis* sp., *Lacane* sp. and *Polyathra* sp. The results led to a model for assessment and monitoring water quality using zooplankton as bioindicator.

Keywords: Phapayom canal, rotifer, phosphate, dissolved oxygen, ammonia

Received February 25, 2019

Accepted July 12, 2019

¹ สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ 93210

Department of Biology, Faculty of Science, Thaksin University 93210

* Corresponding author: tuantar@yahoo.com

บทนำ

น้ำเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตมนุษย์ต้องการน้ำคุณภาพดีในปริมาณเพียงพอต่อการบริโภคและอุปโภค การตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงเป็นกิจกรรมที่สำคัญสำหรับการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ การทราบคุณภาพและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ทำให้สามารถจัดการคุณภาพน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การตรวจวัดคุณภาพน้ำทำได้โดยวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ การตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีเป็นวิธีที่นิยมแต่ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก (พรหมทิพย์, 2560) มีชุดทดสอบอย่างง่าย (test kit) สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำ แต่ราคาค่อนข้างสูงและตรวจวัดคุณภาพน้ำได้บางประการเท่านั้น ส่วนการวัดปริมาณธาตุอาหารในน้ำ เช่น แอมโมเนีย ยังคงใช้การวิเคราะห์ที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน นอกจากนี้ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมียังไม่สามารถสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำที่ผ่านมาได้

ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาการตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยวิธีทางชีวภาพ โดยหาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ การใช้สิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีสามารถใช้เพื่อเฝ้าระวังคุณภาพน้ำได้ (Alvarea-Mieles et al., 2013; Abdulwahab and Rabee, 2015) การใช้สิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำมีข้อดี คือ ประหยัดและให้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในระบบนิเวศในระยะยาว (long-term dynamics of ecosystem) นอกจากนี้ยังสามารถสะท้อนคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน ทำให้ชุมชนรอบแหล่งน้ำเข้าใจการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายขึ้น (Hakanson and Blenckner, 2008) การใช้สิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีชีวภาพสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำ ต้องเข้าใจความสัมพันธ์ของปัจจัยคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีชีวภาพ โดยสิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีชีวภาพ เช่น แพลงก์ตอนพืช (Blanco et al., 2008), แพลงก์ตอนสัตว์ (AboulEzz et al., 2014), สัตว์หน้าดิน (van Loon et al., 2015) และสัตว์เล็กน้ำจืด (Schonberg et al., 2014) เป็นต้น

แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีชีวภาพที่นิยมใช้สำหรับบ่งบอกคุณภาพน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตและการกระจายตัวของแพลงก์ตอนสัตว์ ขึ้นกับปัจจัยทางกายภาพในน้ำ เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม และสารพิษ

(Escribano and Hidalgo, 2000; Beyst et al., 2001) ในปัจจุบัน มีรายงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีชีวภาพบ่งบอกคุณภาพน้ำได้ เช่น การพบแพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่มไรติเฟอร์จำนวนมาก แสดงว่ามีสารอาหารในแหล่งน้ำมากกว่าปกติ (Bianchi et al., 2003; Zhang et al., 2010; Ren et al., 2011; AboulEzz et al., 2014; Dembowska et al., 2015;) การศึกษาของ Sunkad et al. (2004) พบว่า ไรติเฟอร์เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดเด่น เมื่อน้ำในทะเลสาบ Kamataka มีระดับของฟอสเฟตสูงในทะเลสาบ (Dembowska, 2015) ดังนั้นอาจใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ รวมทั้งสภาพภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพของแหล่งน้ำได้ หากสามารถนำระบบการตรวจติดตามคุณภาพน้ำ มาใช้ร่วมกับการบ่งชี้ความสมบูรณ์ของระบบนิเวศโดยใช้แพลงก์ตอนสัตว์ อาจช่วยให้สามารถจัดการแหล่งน้ำอย่างเหมาะสมได้

ชุมชนส่วนใหญ่ไม่มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยตัวเอง แต่จะเป็นการตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยหน่วยงานของรัฐ เช่น สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 ใช้การตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี การตรวจวัดคุณภาพน้ำนี้ยังไม่มีความร่วมมือของคนในชุมชนทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาการจัดการคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การมีส่วนร่วมของชุมชนในการสร้างระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ ชุมชนควรมีส่วนร่วมในการรับรู้ความหลากหลายทางชีวภาพกับการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ อันจะส่งผลให้ชุมชนสามารถแก้ปัญหาความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำในภาคใต้ได้

ในปัจจุบัน แหล่งน้ำในภาคใต้หลายแห่งกำลังมีปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำ เช่น ทะเลสาบสงขลา ส่วนในจังหวัดพัทลุง ทะเลน้อยเป็นแหล่งน้ำที่กำลังประสบปัญหาเรื่องการเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมและสภาวะยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ซึ่งมีสาเหตุมาจากน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลน้อยมีปริมาณสารอาหารในปริมาณมาก ส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช เกิดการเน่าเสีย มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำและส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำตามมาปรากฏการณ์เหล่านี้เป็นปัญหาเร่งด่วนที่จำเป็นต้องเร่งแก้ไข ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะแก้ปัญหาคุณภาพน้ำในคลองที่ส่งน้ำสู่ทะเลน้อย เพราะถ้า น้ำที่ไหลลงสู่ทะเลน้อยมีคุณภาพน้ำที่ดีจะส่งผล

ให้น้ำในทะเลน้อยมีคุณภาพดีเช่นเดียวกัน

คลองป่าพะยอมเป็นลำน้ำสายหลักของกลุ่มน้ำย่อย คลองป่าพะยอม (Figure 1) กลุ่มน้ำนี้เป็นส่วนหนึ่งของ กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา คลองป่าพะยอมมีต้นกำเนิดจาก เทือกเขาบรรทัด ไหลจากอ่างเก็บน้ำป่าพะยอม ผ่านพื้นที่ชุมชนหลักคือ ต.เกาะเต่า ต.บ้านพร้าว และ ต.ป่าพะยอม อ.ป่าพะยอม และไหลลงสู่ทะเลน้อย ในที่สุด (เพ็ญใจ, 2549) ชุมชนมีการใช้ประโยชน์จาก แหล่งน้ำในด้านการเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังใช้ในการอุปโภคโดยการผันน้ำจาก ต้นน้ำมาทำเป็นประปาหมู่บ้าน ทำให้เกิดน้ำทิ้งจาก กิจกรรมดังกล่าวไหลมาสู่พื้นที่กลางน้ำ ซึ่งเป็นชุมชน ขนาดใหญ่หรือชุมชนเมือง มีการใช้น้ำเพื่อการเกษตร เป็นหลัก น้ำทิ้งจากชุมชนกลางน้ำจะไหลไปยังชุมชน ปลายน้ำ แล้วไหลลงไปรวมกันในพื้นที่ทะเลน้อย (ยงยุทธ และวิชัย, 2539)

ในปัจจุบันการตรวจวัดคุณภาพน้ำในคลอง ป่าพะยอมมีการตรวจวัดโดยใช้วิธีการทางกายภาพ และทางเคมี เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณ ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) และ อุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีการเหล่านี้ยังมี ข้อด้อยเมื่อเทียบกับวิธีการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวชี้วัด คุณภาพน้ำ โดยเฉพาะในด้านของการเชื่อมโยงให้ เห็นถึงความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับสิ่งมีชีวิตใน แหล่งน้ำ รวมทั้ง การตรวจวัดคุณภาพน้ำทำโดย เจ้าหน้าที่ของรัฐทำให้ชุมชนไม่มีความตระหนักและ

การแก้ปัญหาเรื่องการจัดการคุณภาพน้ำโดย ชุมชนเอง การใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ เริ่มตั้งแต่ศตวรรษที่ 20 โดยพัฒนาแนวคิดซาโปรเบียน (Idea of saprobity) (ระดับของมลพิษ) สำหรับการระบุ มลพิษของสารอินทรีย์ในแม่น้ำซึ่งส่งผลต่อปริมาณ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงและปริมาณออกซิเจน ที่ลดลงนี้มีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแม่น้ำ (Cairns and Pratt, 1993) ส่วนในประเทศไทยมีการใช้ สัตว์เล็กน้ำจืดเป็นตัวชี้วัดชีวมวลคุณภาพน้ำ เริ่มตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2539 มุลนิธิโลกสีเขียวได้นำแผนพับสัตว์เล็ก น้ำจืดโดยแปลและดัดแปลงจาก Orton et al. (1995) สำหรับใช้จัดจำแนกคุณภาพน้ำและมีการใช้ในหลาย พื้นที่ (สรณรัชฎ์ และสตีเฟน, 2543: Sangpradub et al., 1996) แต่อย่างไรก็ตาม แพลงก์ตอนสัตว์เป็น อีกทางเลือกหนึ่งที่มีข้อดีในด้านของความไวต่อการ เปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ดังนั้น โครงการวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ แพลงก์ตอนสัตว์เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ เพื่อสร้าง เครื่องมือสำหรับการเฝ้าระวังและการตรวจวัด คุณภาพน้ำของชุมชนในพื้นที่คลองป่าพะยอม การ เลือกใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นตัวชี้วัดชีวมวลจะทำให้ ชุมชนเห็นถึงผลกระทบของคุณภาพน้ำต่อสิ่งมีชีวิต ในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ งานวิจัยยังมุ่งเน้นให้ชุมชน สามารถตรวจวัดและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำได้ด้วยตัว ชุมชนเองเพื่อเป็นการจัดการคุณภาพของน้ำอย่าง ยั่งยืนของชุมชน

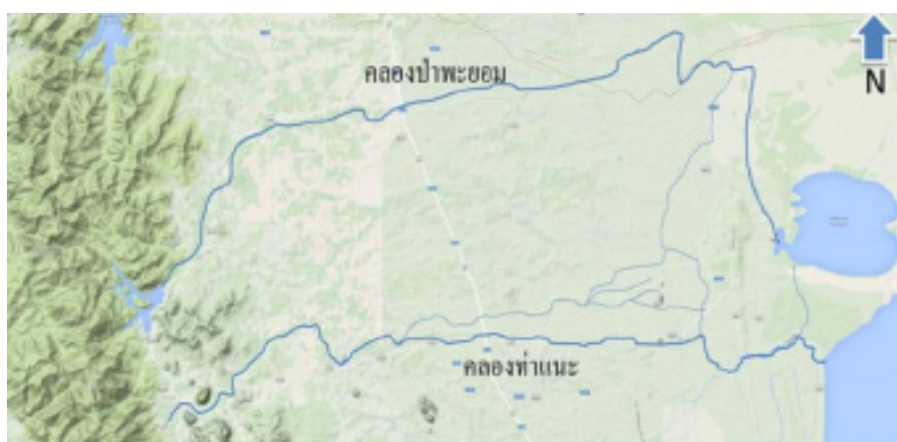


Figure 1 Map show sampling area and sampling sites for water quality assessment and zooplankton sampling in Pha payom canal during May 2016-January 2017. (S1= Roywanphanpha learning center, S2 = Chlong Yai canal, S3 = Irrigation canal, S4 = Wang Rua and S5 = Thale Noi).

วิธีการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (การวัดคุณภาพน้ำ การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำกับแพลงก์ตอนสัตว์) และการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR) พื้นที่วิจัยคือ คลองป่าพะยอม อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ระยะเวลาการดำเนินงานตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2559 ถึงเดือนเมษายน 2560

การศึกษามี 5 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาเอกสารและลงพื้นที่หารือกับผู้นำชุมชน 2) การค้นหาทีมวิจัยชุมชน 3) การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 4) การสาธิตและการตรวจวัดคุณภาพน้ำและการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์และ 5) การวิเคราะห์ผลดังมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับบริบทของพื้นที่ศึกษา การตรวจวัดคุณภาพน้ำและการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ หลังจากนั้น ลงพื้นที่หารือกับผู้นำชุมชน เพื่อชี้แจงการดำเนินโครงการวิจัยและวางแผนการดำเนินงาน

2. ค้นหาทีมวิจัยชุมชน โดยการประชุมกลุ่มย่อยในพื้นที่ชุมชนเพื่อสรรหาทีมวิจัยชุมชน ได้ทีมวิจัยชุมชนประกอบด้วย ปราชญ์ชาวบ้าน ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 3 ต.ป่าพะยอม ครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านปากเหมือง (จำนวน 18 คน) เทศบาลบ้านพร้าว อบต. ป่าพะยอม ครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนป่าพะยอมพิทยาคม (ทีมพื้นาน้องรักน้ำ จำนวน 23 คน) ครูและนักเรียนโรงเรียนทะเลน้อย (จำนวน 18 คน) และนิสิตหลักสูตรชีววิทยา ชั้นปีที่ 3 (จำนวน 10 คน)

3. การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 คือ ศูนย์เรียนรู้ร้อยหวานพันธุ์ป่า จุดที่ 2 คือ คลองใหญ่ จุดที่ 3 คือ คลองชลประทานห้วงวน จุดที่ 4 คือ วังเรือ และจุดที่ 5 คือ ทะเลน้อย (Figure 2) จุดเก็บตัวอย่างจะมีลักษณะระบบนิเวศที่แตกต่างกันไป กล่าวคือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 เป็นบริเวณต้นน้ำของคลองป่าพะยอม (น้ำใสและกระแสไหลแรง) จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 และ 4 เป็นบริเวณ

กลางน้ำ (ความเร็วของกระแสช้าปานกลาง) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 เป็นปลายน้ำของคลองป่าพะยอม (น้ำไหลช้าและเป็นพื้นที่รับน้ำ)

4. การสาธิตและการตรวจวัดคุณภาพน้ำและการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์

การสาธิตวิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำและการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ให้แก่ชุมชน หลังจากนั้นลงมือปฏิบัติการตรวจวัดคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนสัตว์ทุกเดือนเป็นเวลา 9 เดือน เป็นการปฏิบัติร่วมกันระหว่างนักวิจัยและนักวิจัยชุมชน วิธีการในการตรวจวัดคุณภาพน้ำและการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ดังนี้

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของคลองป่าพะยอม ด้วยการบันทึกข้อมูลลักษณะทั่วไปของคลองบริเวณที่ศึกษา วัดคุณภาพน้ำทางเคมีและกายภาพบริเวณผิวน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) และปริมาณของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solid: TDS) ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร (YSI รุ่น 556MPS) หลังจากนั้น เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณผิวน้ำจำนวน 2 ลิตรเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ

การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ ด้วยการกรองน้ำผ่านถุงลากลากแพลงก์ตอนขนาด 65 ไมครอน จำนวน 50 ลิตร หลังจากนั้น เก็บรักษาตัวอย่างด้วยฟอร์มอลินความเข้มข้นสุดท้าย 5% ทำการเก็บตัวอย่างจุดละ 3 ซ้ำด้วยวิธีการเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น

การวิเคราะห์ชนิดและนับจำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ จำแนกชนิดและนับจำนวนตามวิธีของ ลัดดา (2543) ดังนี้ การวัดปริมาตรน้ำในขวดตัวอย่างเขย่าขวดตัวอย่างเพื่อให้แพลงก์ตอนมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ ใช้หลอดหยดดูดตัวอย่างขึ้นมาจากขวดหยดลงบนสไลด์นับตัวอย่าง (Sedgwick-Rafter slide) พร้อมทั้งปิดกระจกตรวจดูชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ภายใต้กล้องสเตอริโอหรือกล้อง compound microscope จำแนกชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ในระดับสกุล หลังจากนั้น คำนวณหาค่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอน

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำได้แก่ แอมโมเนีย โดยวิธี Modified indophenol blue ไนไตรท์ โดยวิธี Diazotization method ไนเตรท โดยวิธี Cadmium reduction method และฟอสเฟต โดยวิธี Ascorbic acid method (Strickland and Parsons, 1972)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนสัตว์

วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Weiner diversity index) ใช้สูตร $H' = -\sum (p_i \log_2 p_i)$ เมื่อ H' คือ ค่าดัชนีความหลากหลาย S คือ จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ P_i คือ จำนวนตัวของแพลงก์ตอนสัตว์แต่ละชนิดหารด้วยจำนวนตัวของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด

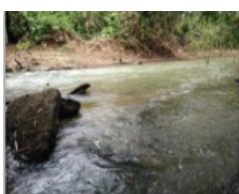
ค่าดัชนีความมากมาย (Richness index) ของ Margalef's index (Margalef, 1958) จากสูตร $R = (S-1) / \ln(n)$ เมื่อ R คือ ดัชนีความมากมาย N คือ จำนวนแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมด ค่าดัชนีความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนสัตว์ (Evenness index) จากสูตร $E = H / \ln S$

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำ ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ ค่าดัชนีชีวภาพในเชิงพื้นที่โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของดัชนีความหลากหลายด้วย Tukey HSD (Honestly Significant Difference)

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการกระจายของแพลงก์ตอนสัตว์กับคุณภาพน้ำ โดยการวิเคราะห์สถิติหลายตัวแปร Canonical Correspondence Analysis (CCA) (terBraak, 1986).



a



b



c



d



e

Figure 2 Sampling sites at Pha payom canal for zooplankton collection.

(a = Roywanphanpha learning center (S1), b = Chlong Yai canal (S2), c = Irrigation canal (S3), d = Wang Rua (S4) and e = Thale Noi (S5))

ผลการศึกษา

คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี

คุณสมบัติของน้ำทั้งทางกายภาพและทางเคมีของคลองป่าพะยอมอยู่ในเกณฑ์ปกติระหว่างทำการศึกษา ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งละลายไม่มีความแตกต่างกันในเชิงพื้นที่ ($P>0.05$) น้ำมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 1.02 ± 0.03 - 1.27 ± 0.02 MS/L และปริมาณของแข็งละลายน้ำเฉลี่ย 0.67 ± 0.01 - 0.74 ± 0.02 mg/L ปัจจัยคุณภาพน้ำที่มีความแตกต่างกันในเชิงพื้นที่ คือ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณ

ออกซิเจนละลายน้ำ กล่าวคือ อุณหภูมิมีค่าต่ำสุดที่ศูนย์เรียนรู้อยู่เย็นวันและสูงสุดที่ทะเลน้อย ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากความแตกต่างกันในระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างในรอบวัน ค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณห้วยงาน (8.48 ± 0.19) เป็นบริเวณที่มีการทับถมกันของซากใบไม้ในบริเวณอ่างเก็บน้ำ ส่วนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีเฉลี่ยต่ำสุดที่บริเวณทะเลน้อย (5.27 ± 0.80) ในทางตรงกันข้ามระดับของแอมโมเนียกลับสูงที่สุดในบริเวณทะเลน้อย (2.14 ± 0.92 mg/L) (Table 1)

Table 1 Water quality (physical and chemical) in Pha payom canal during May 2016-January 2017

Station	S1	S2	S3	S4	S5
parameter					
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	24.30 ± 0.50^a	24.99 ± 0.30^a	25.61 ± 0.28^b	26.72 ± 0.42^b	28.94 ± 0.42^b
Conductivity (mg/L)	1.02 ± 0.03^a	1.20 ± 0.02^b	1.09 ± 0.01^a	1.21 ± 0.01^b	1.27 ± 0.02^d
TDS (mg/L)	0.72 ± 0.01	0.74 ± 0.02	0.73 ± 0.02	0.67 ± 0.01	0.71 ± 0.01
pH	7.76 ± 0.08^a	7.89 ± 0.08^b	8.48 ± 0.19^c	7.65 ± 0.05^a	7.88 ± 0.11^b
DO (mg/L)	8.47 ± 0.55^a	9.04 ± 0.59^a	7.78 ± 0.59^b	7.34 ± 0.63^b	5.27 ± 0.80^c
Ammonia (mg/L)	1.14 ± 0.30	1.26 ± 0.64	1.08 ± 0.22	1.09 ± 0.34	2.14 ± 0.29
Nitrite (mg/L)	0.90 ± 0.20	1.00 ± 0.22	0.95 ± 0.21	0.51 ± 0.25	0.50 ± 0.25
Nitrate (mg/L)	0.92 ± 0.10	1.20 ± 0.14	0.05 ± 0.13	0.62 ± 0.21	0.67 ± 0.43
Phosphate ($\mu\text{g/L}$)	0.14 ± 0.1	0.32 ± 0.09	0.55 ± 0.06	0.64 ± 0.13	0.52 ± 0.15

S1 = Roywanphanpha learning center, S2 = Chlong Yai canal, S3 = Irrigation canal, S4 = Wang Rua and S5 = Thale Noi.

Superscript a, b and c indicate homogenous group in row.

ความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์

ระหว่างการศึกษาพบแพลงก์ตอนสัตว์ 17 Taxa ใน 3 ไฟลัม คือ ไฟลัมแอนนิลิดา ไฟลัมโรติเฟอร่า และไฟลัมอาร์โทรพอดา ได้แก่ Calanoid copepods, Cycloid copepod, Crustacean nauplius, Crustacean copepodid stage, Cladocera (*Diaphanosoma* sp., *Bosmina* sp. และ *Alona* sp.) *Branchiurus* sp., *Euchlanis* sp., *Filinia* sp., *Trichocera* sp., *Polyartra* sp. และ *Lacane* sp. ไฟลัมอาร์โทรพอดาเป็นองค์ประกอบหลักของสังคมแพลงก์ตอนสัตว์ (67.75%) รองลงมาคือไฟลัมโรติเฟอร่า (29.83%) และไฟลัมแอนนิลิดาตามลำดับ (2.42%)

องค์ประกอบของสังคมแพลงก์ตอนสัตว์มีความแตกต่างแปรผันกันทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา กล่าวคือ ในเดือนพฤษภาคม 2559 พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งสามกลุ่มที่กล่าวมาเป็นองค์ประกอบหลักของสังคมแพลงก์ตอนสัตว์ โดยมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นในจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริเวณคลองใหญ่จะมี

โรติเฟอร่ามากที่สุด คิดเป็น 50% ของสังคมแพลงก์ตอนสัตว์ ในขณะที่ในเดือนมิถุนายน 2559 กลับพบโรติเฟอร่าเป็นองค์ประกอบหลักของสังคมแพลงก์ตอนสัตว์ ในสถานีที่ 1-3 นั่นคือ จากบริเวณศูนย์เรียนรู้อยู่เย็นวันพันธุ์ป่าถึงบริเวณห้วยงาน และบริเวณวังเรือจะมีไร้น้ำจืดเป็นองค์ประกอบหลัก (ประมาณ 72%) และโรติเฟอร่าเป็นกลุ่มที่มีความเด่นรองลงมา (28%) ส่วนบริเวณทะเลน้อยมีโรติเฟอร่าเป็นกลุ่มเด่น (40.45%) รองลงมาเป็นไร้น้ำจืดและโคพีพอด ตามลำดับ

ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีความแตกต่างกันทั้งในเชิงพื้นที่ ($P<0.05$) โดยมีค่าน้อยที่สุดที่บริเวณศูนย์เรียนรู้อยู่เย็นวันพันธุ์ป่าและคลองใหญ่ (0.37 ± 0.09 และ 0.44 ± 0.08 ตามลำดับ) ในขณะที่ค่าความหลากหลายทางชีวภาพจะสูงขึ้นในบริเวณห้วยงานและวังเรือ (0.55 ± 0.11 - 0.59 ± 0.07) และสูงสุดในบริเวณทะเลน้อย (0.67 ± 0.05) ในทางตรงกันข้ามความร่ำรวยชนิดและดัชนีความสม่ำเสมอไม่แตกต่างกันในเชิงพื้นที่ ($P>0.05$) (Table 2)

Table 2 Biological indices of zooplanktons at Pha payom canal during May 2016-January 2017

stations	Biological indices		
	H'	Richness	Evenness
S1	0.37±0.09 ^a	2.54±0.46	0.40±0.05
S2	0.44±0.08 ^a	1.57±0.37	0.42±0.05
S3	0.55±0.11 ^b	2.56±0.42	0.36±0.04
S4	0.59±0.07 ^b	1.77±0.37	0.32±0.03
S5	0.67±0.05 ^c	2.19±0.15	0.32±0.03

S1= Roywanphanpha learning center, S2 = Chlong Yai canal, S3 = Irrigation canal, S4 = Wang Rua and S5 = Thale Noi.

Superscript a, b and c indicate homogenous group in column.

ความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนสัตว์กับคุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนสัตว์กับคุณภาพน้ำด้วย Canonical Correspondence Analysis (CCA) เป็นการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายของแพลงก์ตอนสัตว์แต่ละชนิด ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามี 11 ปัจจัย คือ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งละลายน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ อุณหภูมิ BOD Alkalinity แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรต และฟอสเฟต ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีอิทธิพลต่อการกระจายของแพลงก์ตอนสัตว์มากที่สุด (ความยาวของลูกศรมากที่สุด) ปัจจัยในกลุ่มแอมโมเนีย ไนโตรเจน ฟอสเฟต และ BOD จะมีอิทธิพลเชิงบวกต่อไรติเฟอร์ใน Genus *Philodina* sp., *Filinia* sp. และ *Branchiomus* sp. ส่วนปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีอิทธิพลในเชิงลบต่อไรติเฟอร์ทั้งสามชนิดนี้ กล่าวคือ ไรติเฟอร์ทั้งสามชนิดนี้จะมี ความชุกชุมสูงในแหล่งน้ำที่มีปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน ฟอสเฟต และ BOD สูง และมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งละลายน้ำจะมีอิทธิพลต่อไรติเฟอร์ใน Genus *Euchlanis* sp. *Lacane* sp. และ *Polyathra* sp. โดยไรติเฟอร์ทั้งสามชนิดนี้จะมี ความชุกชุมสูงในสภาพที่มีค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งละลายน้ำสูง (Figure 3)

ผลการศึกษาอาจจะกล่าวได้ว่า แพลงก์ตอนสัตว์ที่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในการบ่งบอกคุณภาพน้ำที่มีปริมาณสารอาหารในปริมาณสูง (Eutrophication) คือ กลุ่มไรติเฟอร์ เช่น Genus *Philodina* sp., *Filinia* sp. มีการมีปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจนและฟอสเฟตสูง และมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ซึ่งแสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณธาตุอาหารสำหรับผู้ผลิต (แพลงก์ตอนพืชและสาหร่าย) ในปริมาณมาก ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตของผู้ผลิตอย่างรวดเร็ว และเมื่อผู้ผลิตตายลงไปอาจจะทำให้เกิดน้ำเน่าเสียได้ ในขณะเดียวกัน ไรติเฟอร์ทั้งสามชนิดนี้จะอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ การมีปริมาณออกซิเจนต่ำเป็นลักษณะของแหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำไม่ดี

วิจารณ์

การศึกษา พบแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งหมดจำนวน 17 taxa โดยมีไฟลัมอาร์โธรพอดาเป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่น (68%) รองลงมาเป็นไฟลัมไรติเฟอร์รา (30%) และแอนนิลิดา (2%) สอดคล้องกับงานวิจัยของ เตือนตาและคณะ (2559) ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (H') มีความแตกต่างกันเชิงพื้นที่ โดยมีค่าต่ำสุดที่ศูนย์เรียนรู้ร้อยหวานพันธุ์ป่าและมากที่สุดที่ทะเลน้อย ทั้งนี้ เนื่องจากบริเวณศูนย์เรียนรู้

ร้อยละของแพลงก์ตอนสัตว์จำนวนชนิดน้อยและความชุกชุมน้อย ในขณะที่บริเวณทะเลน้อยจะพบจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ค่า H' มีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน แพลงก์ตอนสัตว์ที่พบมากบริเวณทะเลน้อยจะเป็นกลุ่มโรติเฟอร์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้

ที่รายงานไว้ว่า โรติเฟอร์เป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นของทะเลน้อย (วุฒิชัย และคณะ, 2550; สาริยา, 2556) ความแตกต่างของชนิดของโรติเฟอร์นี้เนื่องจากสภาพพื้นที่แตกต่างกัน โดยพื้นที่ทะเลน้อยจะมีลักษณะเป็นน้ำนิ่งและมีปริมาณสารอาหารสูงกว่าพื้นที่บริเวณต้นน้ำ

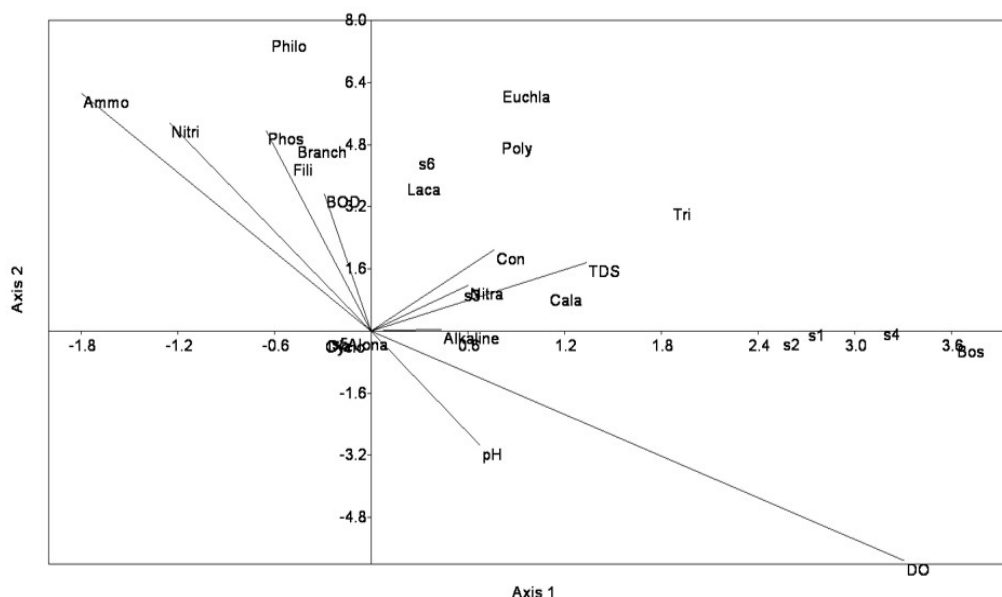


Figure 3 Canonical Correspondence Analysis (CCA) ordination diagram of zooplankton in relation with water parameters (pH, Temperature, TDS, BOD, DO, Ammonia, Phosphorus, Nitrite and Nitrate) samples from Pha payom canal during May 2016-January 2017.

The environmental variables are depicted as arrows, the length of which indicate the relative importance and the direction of which is related to the correlation to the zooplanktons.

ความชุกชุมและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่ตามสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำจะส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างของสังคมของแพลงก์ตอนสัตว์ นั่นคือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้าน

องค์ประกอบชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ (Ren et al., 2003; Mailetet et al., 2011; Estrada et al., 2012; Aboul Ezz et al., 2014) นอกจากนี้ ยังมีรายงานแพลงก์ตอนสัตว์บางชนิดมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นตัวชี้วัดชีวภาพได้ เช่น Bianchai et al.

(2003) รายงานว่า แพลงก์ตอนสัตว์โดยเฉพาะกลุ่ม โคพีพอด เช่น *Acartia tonsa* มีแนวโน้มที่จะใช้เป็นตัวชี้ถึงแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนสูง ส่วนโคพีพอดในชนิด *Thermocyclops minutus* จะตอบสนองในทางลบกับการเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชัน (Perbiche-Nerves et al., 2016) นั่นคือ จำนวนของโคพีพอด *Thermocyclops minutus* จะลดจำนวนลงเมื่อมีสภาวะยูโทรฟิเคชัน นอกจากนี้ Ferdous and Muktadir (2009) กล่าวว่า โรติเฟอร์เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่สามารถใช้เป็นตัวชี้ชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยพบว่าโรติเฟอร์หลายชนิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหารบางชนิดในแหล่งน้ำ โดยโรติเฟอร์ใน Genus *Philodina* sp., *Filinia* sp. และ *Branchiomus* sp. อาจจะสามารถใช้เป็นตัวชี้สำหรับการมีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรต์ และฟอสเฟตสูง สอดคล้องกับรายงานวิจัยที่มีการรายงานว่แพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่มโรติเฟอร์สามารถใช้ในการบ่งบอกว่ามีสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ (Eutrophication) ในปริมาณสูง (Caséet al., 2008; Gutkowska et al., 2013; Dembowska et al., 2015; Costa et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาจากทะเลสาบในประเทศมาเลเซียที่พบโรติเฟอร์ในสกุล *Branchionus forficula*, และ *B. nilsoni* ในสภาวะที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงในแหล่งน้ำ (eutrophication) เป็นการยืนยันการใช้แพลงก์ตอนสัตว์ในกลุ่มนี้เป็นตัวชี้ชีวภาพในสภาพภูมิประเทศที่ใกล้เคียงกัน (Kumar et al., 2004; Ismail and Adnan, 2016) ในขณะที่ในบริเวณแหล่งน้ำที่มีน้ำคุณภาพดีจะมีโรติเฟอร์ในกลุ่ม *Diffugia* (Costa et al., 2016) ซึ่งไม่เจอจากการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าโรติเฟอร์มีความสามารถแตกต่างกันไปในการดำรงชีวิตในแหล่งน้ำที่มีคุณสมบัติต่างกันไปแล้วอาจจะสามารถใช้คุณสมบัตินี้มาเป็นตัวชี้ทางชีวภาพในการชี้วัดคุณภาพน้ำได้

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เพื่อสร้างความตระหนักให้ชุมชนเห็นคุณค่า

และการอนุรักษ์ทรัพยากรแหล่งน้ำ ในกระบวนการวิจัยจะมีการสาธิตกระบวนการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี กายภาพ และการจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ หลังจากนั้น ชุมชนจะได้ลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ด้วยตัวเอง แต่อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยจะพบว่า ชุมชนที่มีนักเรียนร่วมเป็นทีมวิจัยชุมชนสามารถที่จะใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำได้ ส่วนการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับนักวิจัยชุมชนที่เป็นประชาชนชาวบ้านมากกว่าการใช้แพลงก์ตอนสัตว์ แต่อย่างไรก็ตาม การเข้าร่วมวิจัยของทีมนักวิจัยชุมชนทำให้ชุมชนสามารถเรียนรู้และมีทักษะทางการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จาก การปฏิบัติทำได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ ชุมชนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นภูมิปัญญาชาวบ้านในการบ่งบอกคุณภาพน้ำจาก สี กลิ่นและสิ่งมีชีวิตในน้ำ เข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหรือที่สังเกตเห็นได้นั้น เป็นเพราะมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทางเคมีและกายภาพของน้ำ ชุมชนมีความตระหนักในคุณค่าของแหล่งน้ำ แสดงให้เห็นได้จาก มีการแก้ปัญหาแหล่งน้ำที่มีคุณภาพไม่ดี (น้ำเสีย) โดยการบำบัดน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ นักเรียนได้ทำโครงการทางวิทยาศาสตร์เรื่องการมีสิ่งมีชีวิตในการประเมินคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำป่าพะยอม นักเรียนนำความรู้ที่ได้เข้าร่วมโครงการไปจัดกิจกรรมชุมชนวิทยาศาสตร์และชักชวนรุ่นน้องให้มาร่วมกิจกรรมในปีถัดไป นอกจากนี้ เครือข่ายเยาวชนจากพื้นที่ต้นน้ำร่วมกับเยาวชนจากพื้นที่ปลายน้ำ (ทะเลน้อย) ในการจัดกิจกรรมทะเลน้อยทยอยยิ้ม มีการจัดนิทรรศการเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เป็นการเผยแพร่ความรู้ให้แก่คนในชุมชนและนอกชุมชน รวมทั้ง ชุมชนยังได้ริเริ่มการทำฝายมีชีวิตเพื่อการจัดการแก้ปัญหาเรื่องน้ำแล้งและการทำวังปลาเพื่อการอนุรักษ์พันธุ์ปลาท้องถิ่นอีกด้วย

สรุป

การศึกษาพบว่า แพลงก์ตอนสัตว์ในไฟลัมอาร์โทรพอดาเป็นองค์ประกอบหลักของแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในคลองป่าพะยอม และชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่ โดยจะพบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มโคพีพอด มากบริเวณพื้นที่ต้นน้ำคือ ศูนย์ร้อยหว้นพันธ์ป่าและคลองใหญ่ ในขณะที่พบโรติเฟอร์เป็นกลุ่มเด่นบริเวณทะเลน้อย ส่วนความชุกชุมจะต่ำที่สุดบริเวณศูนย์ร้อยหว้นพันธ์ป่าและความชุกชุมมากที่สุดที่ทะเลน้อย

ส่วนผลจากการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้แพลงก์ตอนสัตว์พบว่า การกระจายของแพลงก์ตอนสัตว์มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบางประการจากการวิเคราะห์ด้วย CCA พบว่า คุณภาพน้ำมีแนวโน้มที่จะมีอิทธิพลต่อชนิดและความชุกชุมของของแพลงก์ตอนสัตว์ นั่นคือ แอมโมเนีย ไนโตร ฟอสเฟต BOD และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีอิทธิพลต่อโรติเฟอร์ในสกุล *Philodina* sp., *Filinia* sp. และ *Branchiomus* sp. ส่วนค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งละลายน้ำจะมีอิทธิพลต่อโรติเฟอร์ในสกุล *Euchlanis* sp. *Lacane* sp. และ *Polyathra* sp. ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปสร้างโมเดลการตรวจวัดและการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่ชุมชนสามารถสำรวจและเฝ้าระวังได้โดยใช้ข้อมูลแพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีชีวภาพ นำไปสู่จัดการทรัพยากรของชุมชนเองในการจัดการคุณภาพน้ำ และยังสามารถขยายผลโมเดลนี้แก่ชุมชนอื่นได้ต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม ชุมชนที่สามารถใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำได้นั้นจะต้องเป็นชุมชนที่มึ่นักเรียนมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วย เนื่องจากข้อจำกัดในการจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์

คำขอบคุณ

งานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการที่ได้รับทุนสนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ร่วมกับมหาวิทยาลัยทักษิณ รหัสโครงการ RDG60A0007 และสำนักงานกองทุนวิจัย รหัสโครงการ RDG5940004-2L11 ขอขอบคุณ สวพ. มหาวิทยาลัยทักษิณและคณะวิทยาศาสตร์ที่อำนวยความสะดวกในการวิจัย และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้วิจัยชุมชนทุกท่านที่ร่วมแรงร่วมใจ ร่วมความคิดในงานวิจัยชิ้นนี้จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา อ่อซ้าย. 2558. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในคลองป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. โครงการวิจัยทางชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง.
- เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ. 2554. การวิจัยการมีส่วนร่วมทางส่งเสริมการเกษตร. ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยเพื่อการพัฒนาการส่งเสริมการเกษตรหน่วยที่ ๙ คณะรัฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- เบญจมาศ จันทะภาไพบูลย์กิจกุล, ลภัสลดา ไกณสินธุ์, ศศิฟ้า ฉิมพลี และชลิ ไพบูลย์กิจกุล. 2558. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณบ้านบางสระแก้ว อ.แหลมสิงห์ จ.จันทบุรี. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ. 1: 568-573.
- เตือนตา ร่าหมาน, วิชุดา กล้าเวช, พันธสิริ โชคสวัสดิการ และฐาปกรณ์ กลุ่มใหม่. 2559. แพลงก์ตอนสัตว์: ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำคลองป่าพะยอมเพื่อการบริหารจัดการน้ำแบบมีส่วนร่วมอย่างยั่งยืน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

- พรรณทิพย์ กาหยี. 2560. การติดตามตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโดยวิธีทางชีวภาพ. วารสารสิ่งแวดล้อม. 21: 53-60.
- เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล. 2548. โครงการจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เล่มที่ 5 ทรัพยากรน้ำ. สามัญนีโอพอยท์, สงขลา.
- วุฒิชัย แพงแก้ว อ่อนจันทร์ สมพงษ์ อัศมน ลิมสกุล และโสฬส ชันธะศรี. 2550. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดินและแบคทีเรียในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย. สืบค้นจาก <http://slbkb.psu.ac.th/xmlui/handle/2558/1736> เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2560.
- วิจิตรา อมรวิริยะชัย, ทวีเดช ไชยนาพงษ์, ธนพล อยู่เย็น, สมสมัย เขียดคง, วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์, วิลาสินี ธนพิทักษ์ และณัฐนันท์ อินทร์ชุม. 2559. ศึกษาแบบที่เหมาะสมในการจัดการแหล่งอนุรักษพันธุ์ปลาท้องถิ่นในพื้นที่ปลายน้ำคลองท่าแนะ โดยความร่วมมือของชุมชน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ ลิมพานิช และวิจัย ก้องรัตนโกศล. 2537. การสำรวจขลชีวิวิทยาและทรัพยากรประมงในทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง. หน้า 49-57. ใน รายงานประจำปี 2537, สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดพัทลุง กองประมงน้ำจืด กรมประมง. พัทลุง.
- สาธิตา หาดเต็น. 2556. ความหลากหลายและการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนสัตว์โดยเน้นกลุ่มโรติเฟอร์ บริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง. โครงการทางชีววิทยา มหาวิทยาลัยทักษิณ. พัทลุง.
- สุทธิ วรประดิษฐ์. 2553. การมีส่วนร่วมของชุมชนงานสารสนเทศสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยจังหวัดตราด. ตราด: สำนักงานการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย จังหวัดตราด.
- สมบูรณ์ อำพนพนารัตน์. 2542. การมีส่วนร่วมของชุมชนในการป้องกันไฟป่า: กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติเขาสามหลัน จังหวัดสระบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สรณัฐฎ์กาญจน์วนิชย์ และ สติเฟนทิลลิง. 2543. คู่มือการจำแนกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในบึงและลำธารไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 มูลนิธิโลกสีเขียว. กรุงเทพฯ.
- อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์, อัศมน ลิมสกุล, วุฒิชัย แพงแก้ว และบุญชอบ สุทธรณีสวรงค์. 2553. พลวัตของธาตุอาหารพืช ยูโทรฟิเคชั่น และเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. 6: 1-18.
- Abdulwahab, S. and A.M. Rabee. 2015. Ecological factors affecting the distribution of the zooplankton community in the Tigris river at Baghdad region, Iraq. Egypt. J. Aquat. Res. 41: 187-196.
- AboulEzz, S. M., N.E. Abdel Aziz, M.M. Abou Zaid, M. El Raey, and H. Abo-Taleb. 2014. Environmental assessment of El-Mex Bay, Southeastern Mediterranean by using Rotifera as a plankton bio-indicator. Egypt. J. Aquat. Res. 40: 43-57.
- Alvarez-Mieles, G., K. Iruvine, A.V. Griensven, M.A. Arias-Hidalgo, A. Torres, and A.E. Mynett. 2013. Relationships between aquatic biotic communities and water quality in a tropical river-wetland system (Ecuador). Environ. Sci. Policy. 34: 115-127.
- Ashutosh, K. and M.P. Sharma. 2014. Application of water quality index and diversity index for pollution assessment of Kankaria lake at Ahmedabad, India. J. Civil Environ. Engi. 4: 1-4.

- Bianchai, F., F. Acri, F. Bernardi, A. Berton, A. Boldrin, E. Camati, D. Cassin, and A. Comachi. 2003. Can plankton communities be considered as bio-indicators of water quality in the Lagoon of Venice?. *Mar. Pollut. Bull.* 46: 964-971.
- Beyst, B. D., D. Buysse, A. Dewicke, and J. Mees. 2001. Surf zone hyperbenthos of Belgian sandy beaches: Seasonal patterns. *Estuar. Coast. Shelf S.* 53: 877-895.
- Cairns, J. 1982. Freshwater protozoan communities. In: *Microbial interaction and communities*. A.T. Bull and A.R.K. Watkinson (Eds.), vol. I, pp. 249-285. Academic Press, London.
- Casé, M., E.E. Leca, S.N. Leitão, E.E.S. Anna, R. Schwamborn, and A.T. de Moraes Junior. 2008. Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Mar. Pollut. Bull.* 56: 1343-1352.
- Costa, B.N.S., S.C.C. Pinheiro, M. de Oliveira Lima, and L.L. Amado. 2016. Microzooplankton as an indicator of environmental quality at an industrial complex in the Brazilian Amazon. *Ecol. Indic.* 66: 220-229.
- Costa, B.N.S., S.C.C. Pinheiro, L.L. Amado, and M.O. Lima. 2016. Microzooplankton as a bioindicator of environmental degradation in the Amazon. *Ecol. Indic.* 61: 526-545.
- Dembowska, E.A., P. Napiorkowski, T. Mieszczankin, and S. Jozefowicz. 2015. Planktonic indices in the evaluation of the ecological status and the trophic state of the longest lake in Poland. *Ecol. indic.* 56: 15-22.
- Escribano, R. and P. Hidalgo. 2000. Spatial distribution of copepods in the North of the Humboldt Current Region off Chile during coastal upwelling. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 80: 283-290.
- Estrada, R., M. Harvey, M. Gosselin, M. Starr, P.S. Galbraith, and F. Straneo. 2012. Late-Summer zooplankton community structure, abundance, and distribution in the Hudson Bay system (Canada) and their relationships with environmental condition, 2003-2006. *Prog. Oceanogr.* 101: 121-145.
- Ferdous, Z. and A.K.M. Muktedir. 2009. A review: Potentiality of zooplankton as bioindicator. *Am. J. Appl. Sci.* 6: 1815-1819.
- Fockedy, N., and J. Mees. 1999. Feeding of the hyperbenthic mysid *Neomysis integer* in the maximum turbidity zone of the Elbe, Westerschelde and Gironde estuaries. *J. Marine Syst.* 22: 207-228.
- Gutkowska, A., E. Paturej, and E. Kowalska. 2013. Rotifer trophic state indices as ecosystem indicators in Brackish waters. *Oceanologia.* 55: 887-899.

- Hakanson, L. and T. Blenckner. 2008. Review on operational bioindicators for sustainable coastal Management-Criteria, motives and relationships. *Ocean Coast. Manage.* 51: 43-72.
- Illyova, M. and Z. Pastuchova. 2012. The zooplankton communities of small water reservoirs with different trophic conditions in two catchments in western Slovakia. *Limnologica.* 42: 271-281.
- Ismail, A.H. and A.A. Adnan. 2016. Zooplankton composition and abundance as indicators of eutrophication in two man –mad lakes. *TLSR.* 27: 31-38.
- Kouassi, E., M. Pagano, L. Saint-Jean, and J.C. Sorbe. 2006. Diel vertical migrations and feeding behavior of the mysid *Rhopalophthalmusafricana* (Crustacea: Mysidacea) in a tropical lagoon (Ebrie, Cote d' Ivoire). *Estuar. Coast. Shelf S.* 67: 355-368.
- Kumar, A.S., G. Tripathi, and P. Ghosh. 2004. Status of freshwater in 21 century: A review. In: *Water Pollution: Assessment and Management*, Kumar, A. and G. Tripathi (Eds). Daya Publishers, Delhi.
- Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *Gen. Syst.* 3: 36-71.
- Medeiros, E.S.F. and A.H. Arthington. 2008. The importance of zooplankton in the diets of three native fish species in floodplain waterholes of a dryland river, the Macintyre river, Aistralia. *Hydrobiologia.* 614: 19-31.
- Mialet, B., J. Gouzou, F. Azenmar, T. Maris, C. Sossou, N. Toumi, S. Van Damme, P. Meire, and M. Tackx. 2011. Response of zooplankton to improving water qualities estuary in the Scheldt (Belgium). *Estuar. Coast. Shelf S.* 47: 47-57.
- Perbiche-Neves, G., V.S. Saito, D. Previattelli, C.E.F. Rocha, and M.C. Nogueira. 2016. Cyclopoid copepods as bioindicators of eutrophication in reservoirs: Do patterns hold for large spatial extents?. *Ecol. Indic.* 70: 340-347.
- Ren, L., Z. Zhang, X. Zeng, Y. Ma, and C. Zhou. 2011. Community structure of zooplankton and water quality assessment of Jialing river in Nan Chong. *Procedia Environ. Sci.* 10: 1321-1326.
- Sangpradub, N., Y. Inmuong, C. Hanjavanit, and U. Inmuong. 1998. A Correlation Study between Freshwater Benthic Macroinvertebrate Fauna and Environmental Quality Factors in Nam Pong Basin Thailand. Part III. Research Report to the Thailand Research Fund, Bangkok.
- Schonberg, S. V., J. T. Clarke, and K. H. Dunton. 2014. Distribution, abundance, biomass and diversity of benthic infauna in the Northeast Chukchi Sea, Alaska: Relation to environmental variables and marine mammals. *Deep-Sea Res. Pt. II.* 102: 114-163.

- Sunkad, B.N. and H.S. Patil. 2004. Water quality assessment of fort lake of Belguan (Karnataka) with Special reference to zooplankton. *J. Environ. Biol.* 25: 99-102.
- Ter B., 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology*. 67: 1167–1179.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada Bulletin, Ottawa.
- Tam, N. F. Y., L. Ke, X. H. Wang, and Y. S. Wong. 2001. Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments of mangrove swamps. *Environ. Pollut.* 114: 255-263.
- Van Loon, W.M.G.M., A.R. Boon, A. Gittenberger, D.J.J. Walvoort, M. Lavaleye, G.C.A. Duineveld, and A.J. Verschoor. 2015. Application of the Benthic Ecosystem Quality Index 2 to benthos in Dutch transitional and coastal waters. *J. Sea Res.* 103: 1-13.
- Vilas, C., P. Drake, and N. Fockede. 2008. Feeding preferences of estuarine mysids *Neomysis integer* and *Rhopalophthalmus tartessicus* in a temperate estuary (Guadalquivir Estuary, SW Spain). *Estuar. Coast. Shelf S.* 77: 345-356.
- Zhang, S., Q. Zhou, D. Xu, J. Lin, S. Cheng, and Z. Wu. 2010. Effects of sediment dredging on water quality and zooplankton community structure in a shallow of eutrophic lake. *J. Environ. Sci.* 22: 218-224.