



ผลของคุณภาพน้ำต่อความหลากหลายของปลาในแม่น้ำท่าจีน

Effect of Water Quality to Biodiversity of Fish in the Tha Chin River

Chadanatthapron Nokkiaw* Narouchit Dampin and Kasem Chankao

ชฎานัตถพร นกเขียว* นฤจิต ดำปิ่น และ เกษม จันทร์แก้ว

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10903

*E-mail : Chada_Nok@outlook.com

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพน้ำที่ส่งผลต่อความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของปลาในแม่น้ำท่าจีนตั้งแต่ ต.ปากคลองมะขามเฒ่า อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท ถึง ต.บางระกำ อ.บางเลน จ.นครปฐม ในฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556) และฤดูแล้ง (เดือนมกราคม พ.ศ. 2557) โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ เกษตรกรรม แหล่งชุมชน และอุตสาหกรรม ทำการแบ่งสถานีเก็บตัวอย่างเป็น 2 ช่วงของลำน้ำ จำนวน 7 สถานี ประกอบด้วย แม่น้ำท่าจีนตอนบนมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีจำนวนสถานีเก็บตัวอย่าง 3 สถานี และตอนกลางมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีชุมชนหนาแน่น และพื้นที่บางส่วนพบโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก มีจำนวนสถานีเก็บตัวอย่าง 4 สถานี ทำการเก็บตัวอย่างปลาด้วยเครื่องมือประมงพื้นบ้าน คือ ข่าย และลอบ และเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำ ผลการศึกษาพบความหลากหลายชนิดของปลาทั้งหมด 21 วงศ์ (families) 61 ชนิด (species) ปลาที่พบมากที่สุดในวงศ์ Cyprinidae จำนวน 24 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 39.34 ของจำนวนชนิดปลาที่พบทั้งหมด บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนพบปลาจำนวนชนิดปลา 16 วงศ์ 49 ชนิด และแม่น้ำท่าจีนตอนกลางพบปลา 16 วงศ์ 44 ชนิด ส่วนดัชนีความหลากหลายและดัชนีความสม่ำเสมอในแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ในช่วง 2.62-3.21 และ 0.73-0.85 ตามลำดับ คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนบนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ส่วนบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลางคุณภาพน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำเพียงเล็กน้อย เนื่องจากมีค่าความสกปรก (BOD) สูง ซึ่งได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งของชุมชนหนาแน่นที่กระจายอยู่บริเวณสองฝั่งแม่น้ำ ดังนั้น จึงพบความหลากหลายชนิดของปลาบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนสูงกว่าบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลาง และดัชนีความหลากหลายของปลา (diversity index) ในแม่น้ำท่าจีนตอนบนมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลา ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายของปลากับคุณภาพน้ำพบว่าดัชนีความหลากหลายของปลามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และมีทิศทางตรงข้ามกับค่าความสกปรก (BOD) และไนเตรท (Nitrate)

คำสำคัญ : ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ; คุณภาพน้ำ; แม่น้ำท่าจีน

Abstract

The study of water quality on both species diversity and distribution of fish in Tha chin river starting from Pak Khlong Makham Thao, Wat Sing District Chainat province to Nakhon Pathom province in the rainy season (November 2013) and dry season (January 2014). Samples were collected in various study sites based on differences of land use where consist of agriculture, community and industry. Sample collecting was done in two sections (7 stations) which in the upper part (3 stations) and the middle part (4 stations) of Tha Chin river. In The upper part of the river, agriculture is the major area; whereas land use in the middle part is agriculture at the most and followed by community mixed with some small industries. Local fishing tools including fishing nets, traps were used for sampling collection. The environmental factors including quality of water, phytoplankton, zooplankton and benthos were also investigated. It was found that there were 21 families (61 species) of which the majority of fishes (24 species) was Cyprinidae being 39.34% of total fish samples. Sixteen families (49 species) and sixteen families (44 species) were found at the upper and middle sections of the river respectively. The diversity index and evenness index was between 2.62-3.21 and 0.73-0.85 respectively. The quality of water in the upper stream was better than in the middle stream. The quality of water in the upper part of the river was suitable for the survival of fishes. High BOD value was observed in the middle part of the river which caused by the dense community producing high wastewater quantity. As a result the fish diversity index in the upper stream was higher than the middle stream, indicated water quality was appropriate for fish living. The result indicated that the relation between diversity index and water quality was in the same direction with DO but negative relation with BOD and nitrate.

Keywords : Diversity index; Environmental factors; The Tha Chin River

บทนำ

แม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำสายสำคัญสายหนึ่งในเขตที่ราบภาคกลาง มีความยาว 325 กิโลเมตร ไหลผ่าน 4 จังหวัดคือ จังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม และออกสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร แม่น้ำท่าจีนมีความสำคัญในด้านของทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ ทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรสัตว์น้ำ และเป็นแหล่งน้ำใช้ในเกษตรกรรม ชุมชน และอุตสาหกรรม [1] จากอดีตจนถึงปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว และการขยายตัวของชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม บริเวณสองฝั่งแม่น้ำ ทำให้มีความต้องการใช้น้ำในปริมาณที่มากขึ้นทั้งในชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ผลจากการใช้น้ำทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณ

ร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ [1] ได้ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรมลงมาโดยตลอดจากการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนของกรมควบคุมมลพิษ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 เป็นต้นมา พบว่าแม่น้ำท่าจีนตอนบนตั้งแต่บริเวณ ต.มะขามเต่า อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท จนถึง ต.โพธิ์พระยา อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี ถูกจัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 และแม่น้ำท่าจีนตอนกลางตั้งแต่ประตูน้ำโพธิ์พระยา อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี จนถึงสะพานรวมเมฆ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม จัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 [2] ทำให้ไม่สามารถนำน้ำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภคของประชาชนได้ตลอดจนส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ดังจะเห็นได้จากเหตุการณ์แม่น้ำท่าจีนตอนกลางเน่าเสียในปี 2554 เดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการระบายน้ำจากพื้นที่

นาข้าวในช่วงการเก็บเกี่ยว ร่วมกับน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนต่างๆ ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมจนทำให้ปลาตายเป็นจำนวนมาก [3] จากสถานการณ์ต่างๆ ข้างต้น ได้ส่งผลให้คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลง และส่งผลกระทบต่อทรัพยากรสัตว์น้ำเป็นสำคัญ จนอาจทำให้สูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของปลาได้

แม่น้ำท่าจีนมีความสำคัญเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของทรัพยากรปลา โดยจากการศึกษาชนิดการแพร่กระจายและชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปลาในแม่น้ำท่าจีนในปี 2532 ของสันทนา ดวงสวัสดิ์และคณะ [4] พบปลา 23 วงศ์ 69 ชนิด เป็นปลาน้ำจืด 65 ชนิด และปลาน้ำกร่อย 4 ชนิด ต่อมาในปี 2558 การศึกษาของอดิภัทร เพชรมนโทย [5] รายงานการสำรวจประติผลในปลาจากแม่น้ำท่าจีนหลังวิกฤติน้ำท่วมปี 2554 พบปลา 24 วงศ์ 65 ชนิด ซึ่งจะเห็นว่าแม่น้ำท่าจีนมีความสำคัญในแง่ของความหลากหลายทางชีวภาพ แต่ในขณะเดียวกันมีการขยายตัวของชุมชน ซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อปลา

ดังนั้น จึงมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับความหลากหลายของปลา แสดงสถานภาพและปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาด้านชีววิทยาของปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่งผลให้สามารถวางแผนในการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรปลา การส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานีเก็บตัวอย่าง กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณสองฝั่งแม่น้ำ ได้แก่ แหล่งชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม โดยอิงการศึกษาของวิสมน บุญชูศรี [6] ซึ่งใช้เส้นชั้นลุ่มน้ำ (Contour) และขอบเขตตำบลเป็นเกณฑ์ในการแบ่งแม่น้ำท่าจีนแต่ละช่วง โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ช่วงของลำน้ำ

ประกอบไปด้วยแม่น้ำท่าจีนตอนบนตั้งแต่บริเวณ ต.มะขามเต่า อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท จนถึง ต.โพธิ์พระยา อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนมาก ประกอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และอุตสาหกรรม ร้อยละ 78.10, 7.88 และ 0.44 ตามลำดับ จำนวน 3 สถานี (SW1-SW3) แม่น้ำท่าจีน ตอนกลางตั้งแต่บริเวณ ต.บางปลาหมอ.บางปลาหมอ จ.สุพรรณบุรี จนถึง ต.บางระกำ อ.บางเลน จ.นครปฐม เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนหนาแน่น เป็นผลสืบเนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนสภาพเป็นพื้นที่เมืองมากขึ้น ทำให้บริเวณริมสองฝั่งแม่น้ำมีแหล่งชุมชนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และอุตสาหกรรม ร้อยละ 73.23, 10.34 และ 0.81 ตามลำดับ จำนวน 4 สถานี (SW4-SW7)

2. การเก็บตัวอย่างปลา ในสถานีที่กำหนดด้วยเครื่องมือประมงพื้นบ้าน ได้แก่ ข่าย (ขนาดช่องตา 16, 5 และ 1 เซนติเมตร) และลอบ นำตัวอย่างปลาที่ได้ใส่ขวดเพื่อรักษาตัวอย่างในน้ำยาฟอร์มาลินเข้มข้น ร้อยละ 10 และนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการชีววิทยาคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อจำแนกชนิดและนับปริมาณของปลาตามหนังสือคู่มือของ Smith, Rainboth and Nelson [7-9] เป็นต้น

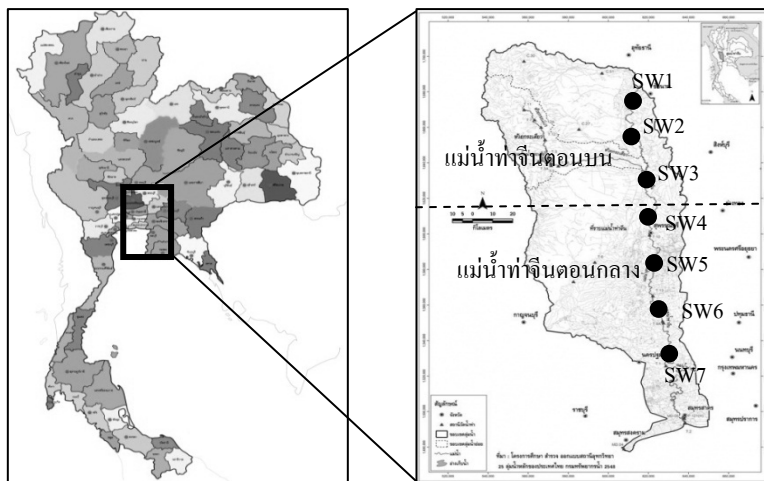
3. การเก็บตัวอย่างน้ำ ด้วยวิธีการแบบจ้วง (Grab Samples) โดยเก็บบริเวณกลางแม่น้ำหรือห่างจากฝั่งไม่น้อยกว่า 3 เมตร เก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 1 ลิตร (Water Sampler) ที่ระดับความลึก 0.3 เมตรจากผิวน้ำ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำซ้ำ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ครั้งที่ 2 เดือนมกราคม พ.ศ. 2557 เพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมีของน้ำเพื่อหาดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าความสกปรก (BOD) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ความเป็นด่าง (Alkalinity) ความกระด้าง (Hardness) และไนเตรท (Nitrate) ตามวิธีการมาตรฐานของ APHA, AWWA 21st (2005) ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ (Temperature) ค่าความเค็ม (Salinity) และค่าความขุ่น (Turbidity) ตรวจวัดภาคสนาม

พื้นที่ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ WTW Model LF 95 และ WTW Model OXI 96

4. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (diversity index) ของปลา ด้วยสมการ Shannon-Weiner index [10] และดัชนี

ความสม่ำเสมอ (evenness index) ตามวิธีของ Poelou index [11]

5. ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน 2556 เป็นตัวแทนฤดูฝน (Wet season) และเดือนมกราคม 2557 เป็นตัวแทนฤดูแล้ง (Dry season)



รูปที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและปลา บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบน และตอนกลาง

หมายเหตุ : ● = สถานีเก็บตัวอย่าง

ผลการทดลอง

สภาพทั่วไปแม่น้ำท่าจีน

แม่น้ำท่าจีนตอนบน มีความกว้างของลำน้ำเฉลี่ยประมาณ 45 เมตร ระดับความลึกเฉลี่ย 5 เมตร ตลิ่งสูงและชัน บริเวณริมสองฝั่งแม่น้ำมีการตั้งถิ่นฐานของชุมชนขนาดกลาง บ้านเรือนกระจายอยู่ห่างๆ ตามแนวยาวตลอดสองฝั่งแม่น้ำ พื้นที่ถัดจากแม่น้ำเข้ามามีการทำเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วย การทำนาและเพาะปลูกพืชสวน

แม่น้ำท่าจีนตอนกลาง มีความกว้างของลำน้ำเฉลี่ยประมาณ 70 เมตร ระดับความลึกเฉลี่ย 6.5 เมตร ตลิ่งสูงและชัน มีการทำเขื่อนกั้นน้ำริมฝั่งเป็นช่วงๆ มีการปลูกผักบุ้งจำนวนมาก ลำน้ำเข้าไปในแม่น้ำท่าจีนฝั่งละ 5-10 เมตร ตามแนวนานกับสองฝั่งแม่น้ำ มีผักตบชวาลอยอยู่ในบางช่วงของแม่น้ำ บริเวณริมสองฝั่งแม่น้ำมี

การตั้งถิ่นฐานของชุมชนขนาดใหญ่มีความหนาแน่นมาก บ้านเรือนกระจายอยู่ทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ มีการทำเกษตรกรรม เช่น การทำนา ฟาร์มเลี้ยงสุกร และการเพาะเลี้ยงสัตว์สัตว์น้ำ อีกทั้งยังเริ่มพบโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงสีข้าว โรงงานปูนซีเมนต์ และโรงงานผลิตผลไม้กระป๋อง เป็นต้น

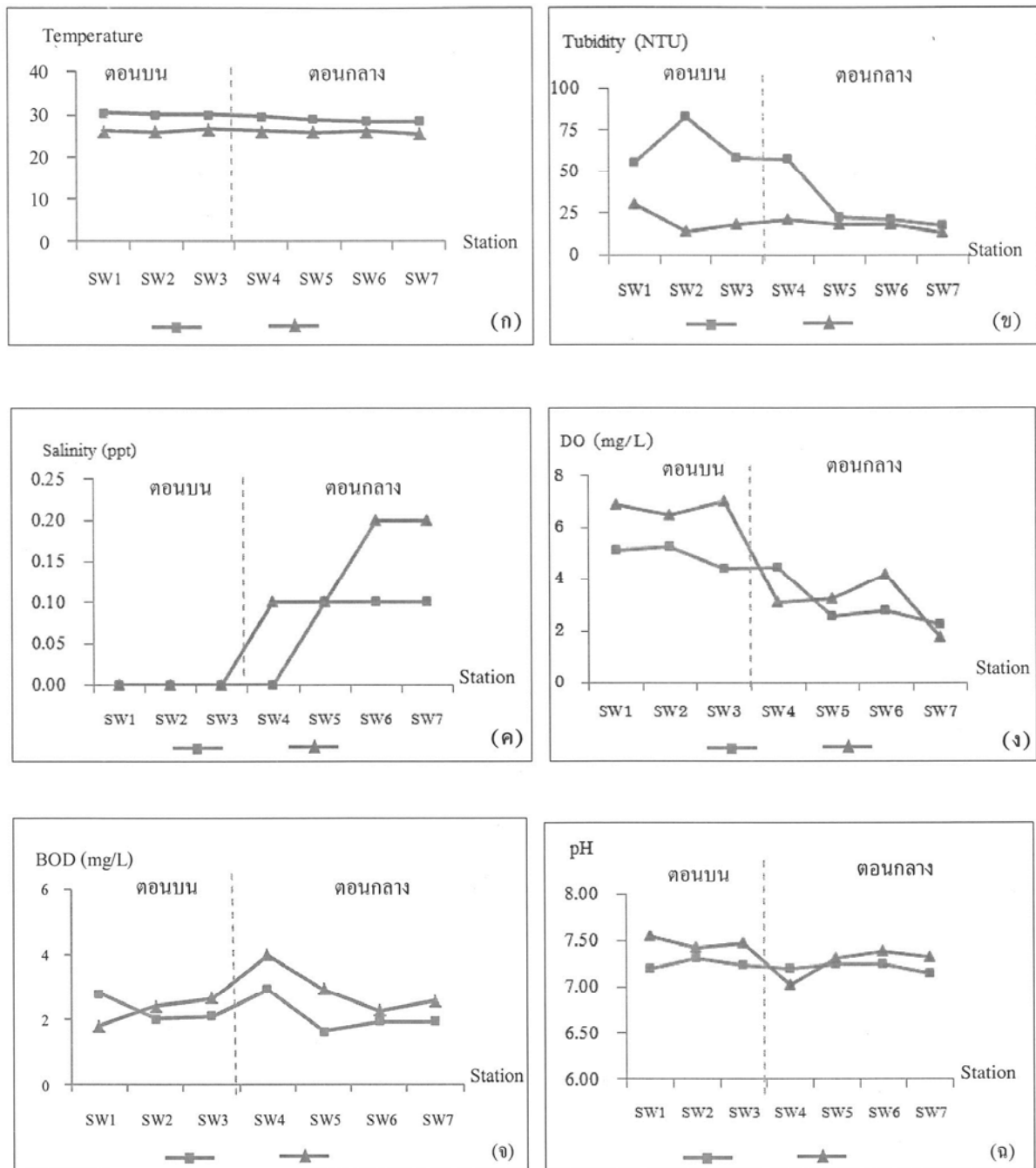
คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีน

ฤดูฝน

แม่น้ำท่าจีน ตอนบน Temperature มีค่าอยู่ในช่วง 29.97-30.47 °C Salinity มีค่าเท่ากับ 0 ppt Turbidity มีค่าอยู่ในช่วง 82.67-55.67 NTU pH มีค่าอยู่ในช่วง 7.20-7.31 DO BOD TKN Nitrate Hardness และ Alkalinity มีค่าอยู่ในช่วง 4.42-5.28, 2.00-2.77, 0.94-3.60, 0.36-0.45, 71.33-75.33 และ 89.00-98.33 mg/L ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2)

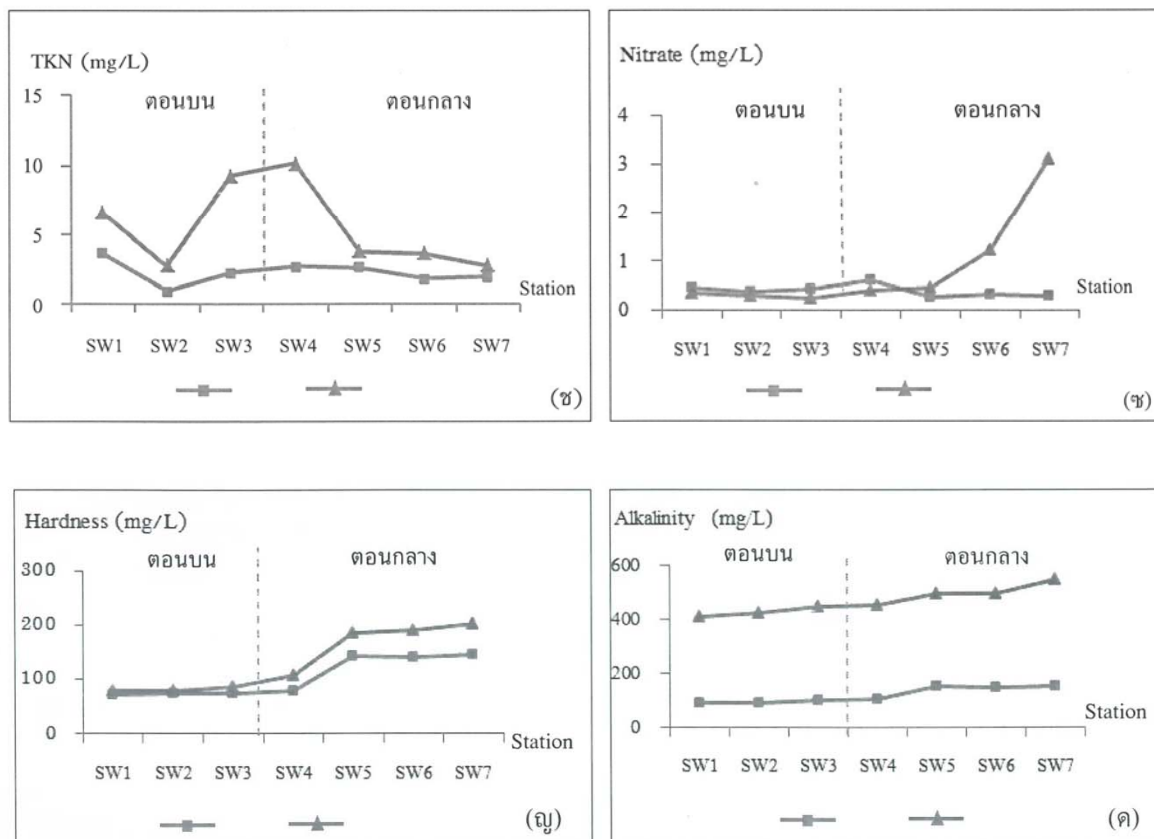
ตารางที่ 2 จำนวนชนิด การแพร่กระจาย ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ และดัชนีความสม่ำเสมอของปลา
บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบน และตอนกลาง ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ลำดับ	วงศ์ปลา (families)	สถานที่และฤดูกาล			
		ฤดูฝน		ฤดูแล้ง	
		ตอนบน	ตอนกลาง	ตอนบน	ตอนกลาง
	Order Osteoglossiformes				
1	family Notopteridae	1	2	1	1
	Order Cypriniformes				
2	family Cyprinidae	18	14	17	17
3	family Cobitidae	2	-	-	-
	Order Characiformes				
4	family Serrasalminidae	-	1	-	-
	Order Siluriformes				
5	family Bagridae	4	4	4	2
6	family Siluridae	2	-	2	-
7	family Schilbeidae	2	-	-	1
8	family Pangasiidae	2	2	4	1
9	family Clariidae	1	1	-	1
10	family Loricariidae	-	1	1	-
	Order Perciformes				
11	family Nandidae	1	1	1	1
12	family Eleotridae	1	1	-	1
13	family Anabantidae	1	1	-	1
14	family Osphronemidae	4	4	-	4
15	family Channidae	1	1	-	2
16	family Cichlidae	1	1	-	1
	Order Synbranchiformes				
17	family Synbranchidae	-	1	-	1
18	family Mastacembelidae	-	-	-	1
	Order Pleuronectiformes				
19	family Soleidae	-	-	1	-
20	family Cynoglossidae	-	-	1	-
	Order Tetraodontiformes				
21	family Tetraodontidae	-	1	-	1
	รวม	41	36	32	36
	ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของปลา	3.21	3.02	2.92	2.62
	ดัชนีความสม่ำเสมอของปลา	0.73	0.85	0.77	0.84



รูปที่ 2 คุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีนตอนบน และตอนกลาง ในฤดูฝน และฤดูแล้ง ได้แก่ (ก) อุณหภูมิ (Temperature) (ข) ค่าความขุ่น (Turbidity) (ค) ความเค็ม (Salinity) (ง) ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) (จ) ค่าความสกปรกของน้ำ (BOD) (ฉ) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (ช) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) (ซ) ไนเตรต (Nitrate) (ญ) ความกระด้าง (Hardness) (ด) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

หมายเหตุ : ■ Wet season ▲ Dry season



รูปที่ 2 คุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีนตอนบน และตอนกลาง ในฤดูฝน และฤดูแล้ง ได้แก่ (ก) อุณหภูมิ (Temperature) (ข) ค่าความขุ่น (Turbidity) (ค) ความเค็ม (Salinity) (ง) ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) (จ) ค่าความสกปรกของน้ำ (BOD) (ฉ) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (ช) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) (ซ) ไนเตรต (Nitrate) (ญ) ความกระด้าง (Hardness) (ด) ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) (ต่อ)

หมายเหตุ: ■ Wet season ▲ Dry season

แม่น้ำท่าจีนตอนกลาง Temperature มีค่าอยู่ในช่วง 28.50-29.50 °C Salinity มีค่าอยู่ในช่วง 0-0.10 ppt Turbidity มีค่าอยู่ในช่วง 17.37-57.33 NTU pH มีค่าอยู่ในช่วง 7.02-7.31 DO BOD TKN Nitrate Hardness และ Alkalinity มีค่าอยู่ในช่วง 2.24-4.45, 1.60-2.90, 1.8-2.65, 0.26-0.60, 78.00-145.33 และ 102.83-151.00 mg/L ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2)

ฤดูแล้ง

แม่น้ำท่าจีนตอนบน Temperature มีค่าอยู่ในช่วง 25.87-26.47 °C Salinity มีค่าเท่ากับ 0 ppt Turbidity มีค่าอยู่ในช่วง 13.90-30.00 NTU pH มีค่าอยู่ในช่วง 7.42-7.54 DO BOD TKN Nitrate Hardness และ Alkalinity มีค่าอยู่ในช่วง 6.51-7.05, 1.77-2.63, 2.72-9.23, 0.25-0.35, 78.00-86.67 และ 408.33-445.83 mg/L ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2)

แม่น้ำท่าจีนตอนกลาง Temperature อยู่ในช่วง 25.37-26.10 °C Salinity มีค่าอยู่ในช่วง 0.10-0.20 ppt Turbidity มีค่าอยู่ในช่วง 13.40-21.20 NTU pH มีค่าอยู่ในช่วง 7.02-7.38 DO BOD TKN Nitrate Hardness และ Alkalinity มีค่าอยู่ในช่วง 1.75-4.17, 2.23-2.90, 2.72-10.14, 0.39-3.10, 108.00-201.33 และ 450.00-545.83 mg/L ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2)

อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง ตลอดทั้งลำน้ำ ไม่มีความแตกต่างกัน ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบน จะค่อยลดต่ำลงในแม่น้ำท่าจีนตอนกลาง ส่วนค่าความสกปรกของน้ำปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ไนเตรท ความกระด้าง ความเป็นด่าง และความเค็มมีค่าต่ำบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบน และจะค่อยเพิ่มสูงขึ้นบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลาง (ตารางที่ 1 และรูปที่ 2)

ความหลากหลายชนิดของปลาในแม่น้ำท่าจีน

ปลาที่สำรวจในแม่น้ำท่าจีน ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 มีความหลากหลายชนิดปลา 21 วงศ์ (families) 61 ชนิด (species) มากที่สุดในวงศ์ Cyprinidae จำนวน 24 ชนิด รองลงมาคือ วงศ์ Bagridae, Pangasiidae และ Osphronemidae จำนวน 6, 5 และ 4 ชนิด ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ฤดูฝน

แม่น้ำท่าจีนตอนบน พบความหลากหลายชนิดของปลาทั้งหมด 14 วงศ์ 41 ชนิด ปลาที่พบมากที่สุดเป็นวงศ์ Cyprinidae จำนวน 14 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Bagridae และ Osphronemidae วงศ์ละ 4 ชนิด วงศ์ Cobitidae, Siluridae, Pangasiidae และ Clariidae วงศ์ละ 2 ชนิด ตามลำดับ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่า 3.21 และดัชนีความสม่ำเสมอของปลา มีค่า 0.73 (ตารางที่ 2)

แม่น้ำท่าจีนตอนกลางพบความหลากหลายชนิดของปลาทั้งหมด 15 วงศ์ 38 ชนิด ปลาที่พบมากที่สุด

ในวงศ์ Cyprinidae จำนวน 14 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Bagridae และ Osphronemidae วงศ์ละ 4 ชนิด วงศ์ Notopteridae และ Pangasiidae วงศ์ละ 2 ชนิด ตามลำดับ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่า 3.02 และดัชนีความสม่ำเสมอของปลา มีค่า 0.85 (ตารางที่ 2)

ฤดูแล้ง

แม่น้ำท่าจีนตอนบนพบความหลากหลายชนิดของปลาทั้งหมด 9 วงศ์ 32 ชนิด ปลาที่พบมากที่สุดเป็นวงศ์ Cyprinidae จำนวน 17 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Bagridae และ Pangasiidae วงศ์ละ 4 ชนิด วงศ์ Siluridae จำนวน 2 ชนิด ตามลำดับ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่า 2.92 และดัชนีความสม่ำเสมอของปลา มีค่า 0.77 (ตารางที่ 2)

แม่น้ำท่าจีนตอนกลางพบความหลากหลายชนิดของปลาทั้งหมด 15 วงศ์ 36 ชนิด ปลาที่พบมากที่สุดเป็นวงศ์ Cyprinidae จำนวน 17 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Osphronemidae และ Bagridae วงศ์ละ 4 ชนิด วงศ์ Channidae จำนวน 2 ชนิด ตามลำดับ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่า 2.62 และดัชนีความสม่ำเสมอของปลา มีค่า 0.84 (ตารางที่ 2)

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับดัชนีความหลากหลายของปลา

1. แม่น้ำท่าจีนตอนบน ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับดัชนีความหลากหลายของปลา มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แต่มีทิศทางตรงข้ามกับค่าความสกปรกของน้ำ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ตารางที่ 3)

2. แม่น้ำท่าจีนตอนกลาง ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับดัชนีความหลากหลายของปลา มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับไนเตรท และความกระด้าง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างดัชนีหลากหลายและดัชนีความสม่ำเสมอของปลาคุณภาพน้ำ

	Temperature	Turbidity	Salinity	DO	BOD	pH	TKN	Nitrate	Hardness	Alkalinity
ตอนบน	Diversity index	-0.083	0.273	^a 0.514	-0.584	0.233	-0.42	0.064	-0.411	-0.037
	Evenness index	-0.34	-0.061	^a 0.403	-0.349	0.337	-0.38	-0.263	-0.223	0.23
ตอนกลาง	Diversity index	0.326	0.073	-0.118	0.394	-0.36	0.295	-0.596	-0.42	-0.334
	Evenness index	0.199	-0.048	-0.015	0.351	-0.35	0.142	-0.213	-0.312	-0.27

หมายเหตุ วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistic 22.0

a : Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

- : มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม + : มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนบนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำผิวดิน บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ พบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีค่าสูง และค่าความสกปรกของน้ำ (BOD) มีค่าต่ำ เนื่องจากเป็นพื้นที่ต้นน้ำประกอบกับพื้นที่ชุมชนไม่หนาแน่น ทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียปริมาณน้อย สอดคล้องกับ Phukhasawan [12] ที่กล่าวว่าพื้นที่ต้นน้ำจะมีปริมาณออกซิเจนสูงกว่าพื้นที่ปลายน้ำ ส่วนแม่น้ำท่าจีนตอนกลางมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานข้อกำหนด คือเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ซึ่งเกิดจากค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และค่าความสกปรก (BOD) ที่เกินค่ามาตรฐาน [1] เนื่องจากแม่น้ำท่าจีนตอนกลางเป็นช่วงที่มีชุมชนหนาแน่น เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมมาก สอดคล้องกับ รัชดาภรณ์ สุขไทย [13] ซึ่งได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนพบว่าบริเวณแหล่งชุมชนหนาแน่นจะมีค่าความสกปรก (BOD) สูง โดยเฉพาะในฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงที่ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำสูงกว่าฤดูฝน เนื่องจากในฤดูแล้งปริมาณน้ำท่าลดลงแต่ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำยังคงมีปริมาณเท่าเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริขวัญ เจริญขุน [14] ที่กล่าวว่า ค่าความสกปรกของน้ำ ในโตรเจนทั้งหมด และความเป็นด่าง มีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง

ปลาที่สำรวจในแม่น้ำท่าจีน มีความหลากหลายชนิดปลา 21 วงศ์ (family) 61 ชนิด (species) มากที่สุดในวงศ์ Cyprinidae จำนวน 24 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ Bagridae, Pangasiidae และ Osphronemidae จำนวน 6, 5 และ 4 ชนิด ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับสันทนา ดวงสวัสดิ์ และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาพรรณปลาในแม่น้ำท่าจีน พบปลา 23 วงศ์ 69 ชนิด เป็นปลาน้ำจืด 65 ชนิด และปลาน้ำกร่อย 4 ชนิด พบปลาวงศ์ปลาตะเพียนมากที่สุดทั้ง

ฤดูฝนและฤดูแล้ง สอดคล้องกับการศึกษาแหล่งน้ำอื่นๆ เช่น การศึกษาความหลากหลายของปลาในแม่น้ำเจ้าพระยาจากจังหวัดนครสวรรค์ถึงจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ของภานุพันธ์ พันธนิตย์ [15] การศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของลูกปลาวัยอ่อนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม ของประมุข ฤาเภา [16] โครงสร้างและการแพร่กระจายของประชาคมปลาในพยุหะนคร จังหวัดนครศรีธรรมราชของสุภาพ สังขไพฑูรย์ [17] การศึกษาความหลากหลายชนิดของปลาในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าแดง ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ของฉวีรินทร์ ศิริรัตนันท์ [18] การศึกษาความหลากหลายของชนิดปลาในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ของอภินันท์ สุวรรณรักษ์ [19] และการศึกษาความหลากหลายของชนิดปลาในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองน้ำใสของอภินันท์ สุวรรณรักษ์ และคณะ [20] เป็นต้น ส่วนการแพร่กระจายของปลาพบว่าความหลากหลายชนิดของปลาในฤดูฝนบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงน้ำหลาก ปริมาณน้ำในแม่น้ำจะสูงขึ้นจนล้นตลิ่ง เอ่อท่วมพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้เกิดสารพีคโตริฮอร์ (Pectrotrisor) ละลายลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งสารดังกล่าวสามารถกระตุ้นการวางไข่ของปลาดังกล่าวใน Stacey [21] ทำให้ปลามีการอพยพในการผสมพันธุ์และวางไข่ ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวปลาจะอพยพขึ้นไปยังบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนเพื่อวางไข่บริเวณต้นน้ำตลอดจนแหล่งน้ำท่วมทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ

ในส่วนของค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (diversity index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness index) พบว่าดัชนีความหลากหลายทั้งแม่น้ำท่าจีนมีค่า 3.46 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำและปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลา [22] ส่วนดัชนีความหลากหลายของปลาในแต่ละช่วงของแม่น้ำจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนมีค่ามากกว่าแม่น้ำท่าจีนตอนกลางเล็กน้อย มี

ค่าเฉลี่ย 3.21 และ 2.62 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนมีความมากชนิดและความแตกต่างของชนิดพันธุ์สูงกว่าแม่น้ำท่าจีนตอนกลาง เนื่องจากบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนมีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลา สอดคล้องกับอนุวัทย์ ชาติ [23] ที่กล่าวว่าแหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปลาควรมีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำ 4-6 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลางมีค่าดัชนีความหลากหลายแตกต่างจากแม่น้ำท่าจีนตอนบนเพียงเล็กน้อย เนื่องจากบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลางมีพืชน้ำได้แก่ แผลงผักบุ้ง และผักตบชวา กระจายบริเวณริมตลิ่งเป็นระยะทางยาวสองฝั่งของแม่น้ำ ซึ่งพืชน้ำเหล่านี้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย อาหาร วางไข่ และหลบภัยที่สำคัญของปลา สอดคล้องกับ Hynes [24] ที่กล่าวว่าปลาจะอาศัยตามพืชน้ำริมตลิ่งเป็นส่วนใหญ่ และสอดคล้องกับ Christian [25] ที่กล่าวว่าแหล่งน้ำที่มีพืชน้ำ ปลาจะสามารถใช้เป็นแหล่งหลบภัยของตัวอ่อนได้ ค่าดัชนีความหลากหลายของปลามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.62-3.21 แสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของปลาดังรายงาน Tudorancea [22] ส่วนค่าดัชนีความสม่ำเสมอจะมีค่าแตกต่างกันในแต่ละช่วงของแม่น้ำ โดยบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลางมีดัชนีความสม่ำเสมอสูงกว่าตอนบนเล็กน้อยมีค่าเฉลี่ย 0.85 และ 0.73 ตามลำดับ ซึ่งมีการแพร่กระจายของพันธุ์ปลาของแต่ละสถานีสำรวจและฤดูกาลสำรวจ ประกอบด้วยพันธุ์ปลาที่มีจำนวนใกล้เคียงและมีการกระจายตัวที่เหมือนกัน ดังผลการศึกษา Heip [26]

ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างดัชนีความหลากหลายของปลากับคุณภาพน้ำ พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกับดัชนีความหลากหลายของปลา ส่วนค่าความสกปรกของน้ำ (BOD) และไนเตรท (Nitrate) มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนีความหลากหลายของปลา ซึ่งเป็นไป

ในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของอนุวัทย์ ชาติ [23] พบว่าบริเวณที่มีค่าความสกปรกสูงจะมีดัชนีความหลากหลายของปลาดำ ลดลงจนบริเวณแหล่งน้ำที่มีค่าไนเตรทสูงจะมีผลต่อการขนส่งออกซิเจนและเป็นพิษต่อดับของปลาเป็นสาเหตุทำให้ปลาอ่อนแอและติดเชื้อได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้แหล่งน้ำบริเวณนั้นไม่เหมาะสมต่อการอาศัยของปลา [27]

สรุปผลการวิจัย

คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนบนจัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 เนื่องจากพื้นที่ตอนบนมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงประกอบกับพื้นที่ชุมชนไม่หนาแน่น มีการปล่อยน้ำเสียในปริมาณน้อย คุณภาพน้ำจึงอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลาง ส่วนแม่น้ำท่าจีนตอนกลางจัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เนื่องจากมีค่าความสกปรก (BOD) สูง ซึ่งเกิดจากน้ำทิ้งจากชุมชนหนาแน่น เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ที่อยู่ริมฝั่งแม่น้ำ

ผลการศึกษาความหลากหลายของปลาในแม่น้ำท่าจีนพบปลาทั้งหมด 21 วงศ์ (family) จำนวน 61 ชนิด (species) โดยมีปลาในวงศ์ Cyprinidae มีความหลากหลายชนิดมากที่สุด รองลงมาเป็นปลาในวงศ์ Bagridae, Pangasiidae, Osphronemidae และ Channidae ตามลำดับ ในฤดูฝนบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนพบการแพร่กระจายและความหลากหลายของปลามากกว่าบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลาง เนื่องจากในช่วงนี้ปลาเกือบทุกชนิดจะอพยพขึ้นสู่ต้นน้ำเพื่อผสมพันธุ์วางไข่ทำให้มีจำนวนชนิดปลาเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายในแม่น้ำท่าจีนตลอดลำน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 2.62-3.21 บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนบนและตอนกลางมีค่าดัชนีความหลากหลายไม่แตกต่างกันมาก ในบริเวณตอนกลางมีค่าสูงสุด เนื่องจากมีพืชน้ำกระจายอยู่ทั้งสองฝั่งของแม่น้ำ ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย อาหาร วางไข่ และหลบภัยที่

สำคัญของปลา สำหรับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อความหลากหลายของปลา ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนค่าความสกปรกของน้ำ และไนเตรท มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการใช้ห้องปฏิบัติการและการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Pollution Control Department. 1997. Water quality Standard. Published in the Royal Government Gazette, Environmental Quality Standards. Pollution Control Department. Ministry of Science and Technology Energy. (in Thai)
- [2] Office of the National Environment Board. 2011. Tha Chin River Water Quality Report 2011. Division of Environmental Quality Standards. Ministry of Science and Technology Energy. (in Thai)
- [3] Royal Irrigation Department. 2011. Sugar barge that sank in Chao Phraya River Ayutthaya. Division of Environmental Quality Standards. Office of National Environmental Board. (in Thai)
- [4] Duangsawasdi, S. 1989. Study on species distribution and reproductive biology of fishes in the Tha Chin River. Inland Fisheries Resources Research and Development Institute. (in Thai)
- [5] Patmanothai, A. 2015. Prevalence of Fish parasite from Tha-chin River after Flood Crisis 2011. Master of Science. Kasetsart University. (in Thai)
- [6] Boonchoosri, W. 2015. Effects of Land Use Change on the Quantity and Nutrient of Sediment in Tha Chin River Basin. Master of Science. Kasetsart University. (in Thai)
- [7] Smith, M.H. 1945. The Fresh-water Fishes of Siam, or Thailand. Smithsonian Institute United States National Museum. 622 pp.
- [8] Rainboth WJ. 1996. Fishes of the Cambodian Mekong. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- [9] Nelson, J.S. 1994. Fishes of the World. 3rd Ed. John Wiley & Sons, Inc, New York. 600 p.
- [10] Ludwig, A.J. and J.F. Reynolds. 1986. Statistical Ecology. John Wiley and Sons Inc., New York. 337.
- [11] Clarke, K.R. and R.M., Warwick. 1994. Change in Marine Community; an approach to statistic analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory. Plymouth, UK. 144 pp.
- [12] Phukhasawan, T. 1980. The development and management freshwater fishery resources. Department of Fisheries. (in Thai)
- [13] Sukthai, R. 2015. Self Recovery Potential of Organic Substance Contamination from Point Source Along with Tha Chin Riverbanks. Master of Science. Kasetsart University. (in Thai)

- [14] Charoenkhun, S. 2012. Self-Purification Capability of Tha Chin River to Accommodate the Deteriorated Qualitative Water of Crisis Floods 2011 in the Central After Moving to Bangkok for Safety flow to the Gulf of Thailand. Master of Science. Kasetsart University. (in Thai)
- [15] Phanthanit, P. 2000. Spices Diversit of Fishes in the Chao Phraya River from Nakhon Sawan to Phra Nakron Sri Ayutthaya Province. Master of Science. Kasetsart University. (in Thai)
- [16] Rukaewma, P. 2007. Species and Distribution of Fish Larvae in Maeklong Estuary, Samut Songkhram Province, Master of Science (Fisheries Science) in fisheries science. Department of Fisheries Biology. Kasetsart University. (in Thai)
- [17] Sangkhapaitoon, S. 2008. Structure and Distribution of Fish Community in Kuan Kreng Peatswamp, Nakhon Si Thammarat Province. Inland Fisheries Resources Research and Development Institute. (in Thai)
- [18] Sirirustananun, N. 2012. Species diversity of fishes in Padang reservoir, Sadeang district, Mueang Phetchabun; June – September 2012. Agricultural Management Faculty of Agricultural Technology. Phetchabun University. (in Thai)
- [19] Suvarnaraksha, A. 2001. Fish Diversity of Chaing Dao wild life and sanctuary. Maejo university. (in Thai)
- [20] Suvarnaraksha, A., Promya, J. and Chareonsiriwthana, A. 2010. Fish Diversity in Salween Watershed in Thai Water. Maejo University. (in Thai)
- [21] Stacey, J.D. 1983. Patrtarchy and Soctahsi Revoluttontn Chma. University of California Press, Berkeley.
- [22] Tudorancea, C., R.H. Green and J. Huebner. 1979. Structure Dynamics and Production of the Benthic Fauna in Lake Monutoba. Hydrobiologia.
- [23] Phalee, A. 2006. Relationship between Water Quality and Fish Diversity in Intersection Zone Area between Kuang River and Ping River, Lamphun Province, 2005-2006. Master of Science(Biology). Kasetsart University. (in Thai)
- [24] Hynes, H.B.N. 1970. The Ecology of Running Water. Liverpool, Liverpool University Press.
- [25] Christian, W. 2001. Conservation of fish species diversity in navigable waterways. Landscape and Urban Planning.
- [26] Heip, C. 1974. A new index measuring evenness. Journal of Marine Biological Association 54: 555-557.
- [27] Zweig, D.R., J.D. Morton and M.M. Stewart. 1999. Source Water Quality for Aquaculture: A Guide for Assessment. Environmentally and Socially Sustainable Development, The World Bank, Washington, D. C.