การใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในคลองแสนแสบ

ภณัฐญา สุขตลอด[1] รักษวิชช์ ปรัสพันธ์[2] สุดา รักชาติ[3]
ธัญญามาศ เพชรพูล[3] ปิยนุช เกิดสมบัติ[3] และสุรศักดิ์ ละลอกน้ำ[3,4*]

[1]กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดโพธิ์แทน องครักษ์ นครนายก 26120
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ แผนกสามัญสัมพันธ์ วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ กันทรลักษ์ ศรีสะเกษ 33110
[3]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป และ [4]หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพ 10110
[*]E-mail: surasakl@swu.ac.th

รับบทความ: 18 มีนาคม 2559 ยอมรับตีพิมพ์: 26 พฤษภาคม 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในคลองแสนแสบ ดัดแปลงจากวิธี AARL-PP SCORE โดยนำน้ำตัวอย่างจากคลองแสนแสบบริเวณท่าเรืออโศก ท่าเรือประสานมิตร และท่าเรืออิตัลไทย มาตรวจดูชนิดและจำนวนของสาหร่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า โดยสุ่มสาหร่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 5 บริเวณ และใช้สาหร่ายชนิดเด่นที่มีจำนวนมากเป็น 3 ลำดับแรก และมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 10 ของสาหร่ายที่พบทั้งหมด จากนั้นเปรียบเทียบชนิดของสาหร่ายกับคู่มือ AARL-PP SCORE ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำคลองแสนแสบด้วยวิธี AARL-PP SCORE จำนวน 10 ครั้ง พบว่า น้ำในคลองแสนแสบมีสาหร่ายชนิดเด่น 16 ชนิด แปลผลเป็นคุณภาพน้ำมีแนวโน้มอยู่ในช่วง “ปานกลางถึงไม่ดี” ถึง “ไม่ดีมาก” สอดคล้องกับการตรวจคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี (AARL-PC SCORE) ดังนั้นจึงอธิบายได้ว่า สาหร่ายสามารถเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำคลองแสนแสบได้ตามวิธี AARL-PP SCORE

คำสำคัญ: สาหร่าย ตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ คลองแสนแสบ

The Use of Alga as Water Quality Indicator in Sansab Canal

Panattaya Suktalord [1], Raksawich Pratsaphan[2], Suda Rakchad [3], Thanyamas Petchpool[3], Piyanooch Kerdsombat[3] and Surasak Laloknam[3,4*]

[1]Program of Science, Wat Pho Thaen School, Ongkarak, Nakornnayok 26120, Thailand

[2] Program of Science, Department of General Relationship, Kanthalalak Technical College, Kanthalalak, Sisaket 33110, Thailand

[3]Department of General Science, and [4]Research Unit on Science Technology and Environment for Learning, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok 10110, Thailand

[*]E-mail: surasakl@swu.ac.th

Received: 18 March 2016 Accepted: 26 May 2016

Abstract

This research aimed to use alga as water quality Indicator in Sansab canal. The method was modified from AARL-PP SCORE technique. The samples were water in Sansab canal at 3 stations, Asoke, Prasanmitra and Ital Thai stations. The alga were analyzed using microscope was at expansion 400X by random 5 area and followed AARL-PP SCORE guide. The top three species at least 10% of total alga were used to compare scores and following method. The water qualities in Sansab canal according AARL-PP SCORE for 10 times were tested. There are only 16 species used to calculate scores. The water qualities of Sansab canal were "moderate" to "very poor" in accordance with the physical and chemical water quality (AARL-PC SCORE). This research suggested that alga can use as water quality indicator in Sansab canal followed AARL-PP SCORE method.

Keywords: Alga, Water quality indicator, Sansab canal

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เพราะใช้ในการอุปโภคและบริโภค ทั้งยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตและใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม จากความต้องการใช้น้ำที่มากขึ้นของมนุษย์ในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งน้ำเสียที่ปล่อยออกมาแล้วยังไม่ได้รับการบำบัดเบื้องต้น อาจส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพลดน้อยลง จึงทำให้แหล่งน้ำบางแห่งไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์สูงสุดให้ แก่ชุมชนที่มนุษย์อาศัยอยู่ได้ ทำให้มีการแบ่งแหล่งน้ำผิวดินตามการใช้ประโยชน์ ออกเป็น 5 ด้าน คือ 1) เป็นต้นน้ำและอนุรักษ์ระบบนิเวศของแหล่งน้ำ 2)

การประมง 3) การเกษตร 4) การอุตสาหกรรม และ 5) การคมนาคม (Pollution Control Department, 2009)

จากการแบ่งประเภทแหล่งน้ำตามการใช้ประโยชน์นั้นสามารถพิจารณาจากดัชนีคุณภาพน้ำบางประเภทเบื้องต้นได้ เช่น สี กลิ่น รส อุณหภูมิ pH ออกซิเจนละลาย และความโปร่งแสง ดังในตาราง 1

ตาราง 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำเบื้องต้นในแหล่งน้ำผิวดินเพื่อการประมงและการเกษตร

ชนิดของดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่าที่กำหนดให้มีได้	
		การประมง	การเกษตร
1. สี กลิ่น รส	–	เป็นไปตามธรรมชาติ	
2. อุณหภูมิ	°C	±3 จากธรรมชาติ	
3. pH	–	5 – 9	
4. ออกซิเจนละลาย	mg/L	≥ 6	≥ 4
5. ความโปร่งแสง	cm	30 – 60	ไม่กำหนดค่า

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sirisopana and Laloknam, 2012a

การตรวจสอบคุณภาพน้ำมี 3 วิธีหลัก ได้แก่ 1) วิธีทางกายภาพ เช่น การตรวจวัดสี กลิ่น ตรวจวัดอุณหภูมิ รวมทั้งสภาพอื่น ๆ ของแหล่งน้ำ 2) วิธีทางเคมี เช่น ออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen, DO) ความต้องการใช้ออกซิเจนในการสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ (biological oxygen demand, BOD) ความต้องการใช้ออกซิเจนในการสลายสารอินทรีย์ของสารเคมี (chemical oxygen demand, COD) ซึ่งทั้ง 2 วิธีนั้นสามารถศึกษาได้รวดเร็ว แต่ได้ข้อมูลสมบัติของน้ำเฉพาะในช่วงเวลาที่ตรวจสอบเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการใช้วิธีที่ 3) วิธีทางชีวภาพ คือ การนำสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำมาบ่งชี้คุณภาพน้ำ ทั้งนี้เพราะสิ่งมีชีวิตสามารถเจริญอยู่ในภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน บางชนิดอยู่ในน้ำที่สะอาด ค่า DO สูง BOD ต่ำ สารอาหารไม่มากเท่านั้น บางชนิดเจริญอยู่ได้ในน้ำที่มีค่า DO ต่ำ BOD สูง ปริมาณสารอาหารมาก แต่บางชนิดเจริญอยู่ได้ในทุกภาวะ จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางชีววิธีทำให้พบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตแตกต่างกัน ในน้ำที่มีคุณภาพแตกต่างกันทั้งชนิดและจำนวน ซึ่งเป็นแนวทางในการนำสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของแหล่งน้ำ และสิ่งสำคัญที่สุด คือ สามารถบอกได้ว่าน้ำในแหล่งน้ำนั้นในอดีตมีสภาพเป็นอย่างไร และแนวโน้มจะเป็นเช่นไรในอนาคต ทั้งนี้เพราะสิ่งมีชีวิตในน้ำไม่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเหมือนสมบัติทางกายภาพและเคมี (Donagh et al., 2008; Kovacs, 1992; Peerapornpisal et al., 2007; Peerapornpisal et al., 2004; Pollution Control Department, 2009)

การตรวจสอบทางชีววิธีจะติดตามสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในแหล่งน้ำ กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่น่าสนใจคือกลุ่มพวกแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะสาหร่าย ทั้งนี้รวมถึงสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรแคริโอต ชนิดไซยาโนแบคทีเรียด้วย เนื่องจากสาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารเองได้ มีคลอโรฟิลล์ช่วยในการสังเคราะห์ด้วยแสงและเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายสูง ซึ่งแต่ละชนิดเจริญอยู่ในภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน มีงานวิจัยรายงานว่า สาหร่ายสามารถใช้เป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียและกำจัดโลหะหนักบางชนิด รวมถึงการนำมาเป็นแหล่งอาหารที่จำเป็นและผลิตสารลดแรงดันออสโมติกได้ (Bualuang et al., 2013; Danyuttasilp and Laloknam, 2013; Laloknam et al., 2008; Laloknam et al., 2009; Laloknam et al., 2010; Laloknam and Boonburapong, 2011; Trakoonkamnerd et al., 2012) ด้วยความสามารถแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายที่มีความหลากหลายในการเจริญในภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงได้พัฒนาวิธีการตรวจสอบทางชีวภาพโดยใช้สาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นในสกุลที่พบในแหล่งน้ำมา

เป็นดัชนีทางชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำโดยเทียบกับระดับคุณภาพน้ำมาตรฐานที่เรียกว่าวิธี AARL-PP SCORE (Applied Alga Research Laboratory Phyto Plankton) ซึ่งให้ผลการศึกษาสอดคล้องกับระดับคุณภาพน้ำมาตรฐานที่เรียกว่า AARL-PC SCORE (Applied Alga Research Laboratory Physical Chemistry) (Bruun, 2012; Donagh et al., 2008; Eaton et al., 2005; McCormick and Cairns, 1994; Nandan and Aher, 2005; Raut et al., 2010; Peerapornpisal, 2005, 2006; Peerapornpisal et al., 2007; Kovacs, 1992; Prygiel and Coste, 1993; Peeraporn-pisal et al., 2004; Pithakpol et al., 2014; Wan and Wan, 2010)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร มีบริเวณที่ติดกับคลองแสนแสบ และมีท่าเรือสำหรับผู้โดยสารที่ใช้เป็นจุดขึ้นและลงเรือในการคมนาคมจากเส้นทางเดินเรือท่าเรือผ่านฟ้าถึงท่าเรือวัดศรีบุญเรือง ทั้งนี้ผู้โดยสารส่วนหนึ่งที่ขึ้นและลงเรือ คือ นิสิตและบุคลากรที่กำลังศึกษาอยู่และทำงานอยู่ที่มหาวิทยาลัยแห่งนี้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะให้ผู้โดยสารได้ตระหนักถึงการใช้แหล่งน้ำคลองแสนแสบ ซึ่งเป็นคลองที่มีความสำคัญสายหนึ่งในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางเชื่อมระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางประกง เป็นคลองที่ขุดขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 3 เพื่อใช้เป็นเส้นทางคมนาคมยุทธศาสตร์ในการลำเลียงพลและเสบียงอาหาร ต่อมาคลองแสนแสบได้รับผลกระทบอย่างมากจากการพัฒนาของกรุงเทพมหานครในฐานะที่เป็นเมืองหลวง เกิดอุตสาหกรรมและชุมชนที่แออัดมากมายริมฝั่งคลอง สิ่งปฏิกูลและมวลน้ำทิ้งซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ถูกทิ้งลงมาในน้ำ เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายให้เป็นสารอาหาร ได้แก่ ไนเทรต แอมโมเนียม ฟอสเฟต พืชน้ำและสาหร่ายจะนำสารอาหารนั้นไปใช้ในการเจริญเติบโต ยิ่งมีสารเหล่านี้มากขึ้น การเจริญเติบโตของพืชและสาหร่ายก็ยิ่งรวดเร็ว ทำให้น้ำมีลักษณะเป็นสีเขียวขุ่น สิ่งเหล่านี้เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของคลองที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณสองฝั่งคลองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Areerachakul, 2012; Luechai, 2010; Moohamud, 2013; Srisawat, 2004; Sookboonpan and UPla, 2014)

จากปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการตรวจสอบคุณภาพน้ำคลองแสนแสบโดยกำหนดขอบเขตในบริเวณท่าเรืออโศก ท่าเรือประสานมิตร และท่าเรืออิตัลไทย ด้วยวิธี AARL-PP SCORE ซึ่งเป็นวิธีทางชีวภาพ โดยใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพน้ำเพื่อเปรียบเทียบกับวิธี AARL-PC SCORE เพื่อนำไปพัฒนาเป็นกิจกรรมอนุรักษ์แหล่งน้ำคลองแสนแสบต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างน้ำและตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพเบื้องต้นในคลองแสนแสบ บริเวณ 3 ท่าเรือ ได้แก่ ท่าเรืออโศก ท่าเรือประสานมิตร และท่าเรืออิตัลไทย โดยแต่ละท่าเรือปฏิบัติดังนี้ สังเกตลักษณะสี และกลิ่นของน้ำ ถ่ายภาพลักษณะของน้ำบริเวณนั้น ใช้ภาชนะตักน้ำขึ้นมาเพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ดัชนี ได้แก่ pH การนำไฟฟ้า และ DO จากนั้นนำน้ำตัวอย่างใส่ขวดปิดด้วยกระดาษไม่ให้แสงส่องผ่าน เพื่อนำไปตรวจวัดค่าทางเคมี และ BOD ที่ห้องปฏิบัติการ ใช้สวิงแพลงก์ตอนลากในแนวราบ และใส่ขวดน้ำตัวอย่างเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพ นำขวดตัวอย่างน้ำเก็บไว้ ที่อุณหภูมิ 4ºC เพื่อรักษาสภาพของน้ำก่อนทดลองต่อไป

2. ตรวจคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ดัดแปลงจากวิธี AARL-PP SCORE เป็นการใช้สาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืชเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำ โดยเทียบคะแนนของชนิดของสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดที่พบเป็นคุณภาพน้ำ โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้ นำน้ำตัวอย่างจากขวดที่ได้จากสวิงแพลงก์ตอนของแต่ละท่าเรือปริมาตร 200 μL มาหยดลงบนสไลด์ปิดด้วยแผ่น cover glass สุ่มตรวจตัวอย่างสาหร่ายบนสไลด์ 5 บริเวณ และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบด้วยกำลังขยาย 400 เท่า เพื่อตรวจหาสาหร่ายเทียบกับคู่มือการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง อนุกรมวิธานของสาหร่ายน้ำจืดและการนำ มาใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากนั้นนับ บันทึกกลุ่มสาหร่าย และถ่ายภาพ นำผลจำนวนสาหร่ายทั้ง 5 บริเวณ มาจัดกลุ่มและคิดเป็นร้อยละของจำนวนสาหร่ายทั้งหมด เลือกกลุ่มสาหร่ายชนิดเด่นที่มีจำนวนมากที่สุด 3 สกุล โดยแต่ละสกุลต้องมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 10 มาใช้ในการพิจารณา นำคะแนนของสาหร่ายชนิดเด่น 3 สกุล หรืออาจน้อยกว่า 3 สกุล ที่มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 10 ไปเทียบคะแนนกับคู่มือการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง อนุกรมวิธานของสาหร่ายน้ำจืดและการนำมาใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อแปลผลเป็นระดับคุณภาพน้ำ

3. ตรวจคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ตามวิธี AARL-PC SCORE โดยใช้พารามิเตอร์ 7 ชนิด ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า DO BOD Chlorophyll *a* PO_4^{3-}-P NO_3^--N และ NH_4^+-N ใช้ค่าต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ไปเปรียบเทียบเป็นคะแนน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มารวมกันและแปลผลเป็นระดับคุณภาพน้ำ ซึ่งพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดมีรายละเอียดดังนี้ BOD และ Chlorophyll *a* ทดสอบด้วยชุดตรวจสอบคลอโรฟิลล์เอที่นักวิจัยพัฒนาดัดแปลงของ Lichtenthaler (1987) ฟอสเฟต PO_4^{3-} ทดสอบด้วยชุดทดสอบฟอสเฟต (ยี่ห้อ Tropic Marin) ค่าไนเทรต NO_3^--N ทดสอบด้วยชุดทดสอบไนเทรต (ยี่ห้อ Tetra) ค่าแอมโมเนียม NH_4^+-N ทดสอบด้วยชุดทดสอบแอมโมเนียม (ยี่ห้อ Monitor)

4. เปรียบเทียบคะแนนทางชีวภาพ (AARL-PP SCORE) และคะแนนทางกายภาพ เคมี (AARL-PC SCORE) โดยเทียบกลุ่มสาหร่ายชนิดเด่นที่พบเป็นคะแนนทางชีวภาพ และค่าทางเคมีที่ตรวจวัดได้เป็นคะแนนทางเคมีตามภาคผนวก 1 – 2 และแปลผลเป็นระดับคุณภาพน้ำตามภาคผนวก 3 – 4

ผลการวิจัย

ความถี่ในการเก็บตัวอย่างและภาวะแวดล้อม

จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำคลองแสนแสบโดยการศึกษาจากจำนวนและชนิดของสาหร่ายจาก 3 ท่าเรือ ได้แก่ ท่าเรืออโศก ท่าเรือประสานมิตร และท่าเรืออิตัลไทย เป็นตัวอย่างน้ำคลองแสนแสบ ในช่วงเวลาประมาณ 11.30 – 14.00 น. ศึกษาและเก็บตัวอย่างจำนวน 10 ครั้ง และพิจารณาลักษณะสิ่งที่สังเกตได้ผลดังในตาราง 2

ผลจากการสังเกตสีและดมกลิ่นของน้ำคลองแสนแสบในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง พบว่า โดยรวมมีกลิ่นเหม็นคาว น้ำมีสีเขียวถึงดำค่อนข้างขุ่น เมื่อค่า pH และอุณหภูมิ 10 ครั้ง ทั้ง 3 ท่าเรือมีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือ pH อยู่ระหว่าง 6.8 – 7.7 หรืออยู่ในช่วงเป็นกลาง อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 27.7 – 30.7°C สิ่งแวดล้อมและสภาพอากาศขณะเก็บตัวอย่างของน้ำขึ้นอยู่กับสภาพใน ขณะตรวจสอบ (ตาราง 2)

ตาราง 2 วันเก็บตัวอย่างน้ำและลักษณะสิ่งแวดล้อม สภาพอากาศ

ที่	เดือน ปี	ลักษณะที่สังเกตพบ
1	ต.ค. 2557	สภาพอากาศโปร่งใส
2	พ.ย. 2557	มีฝนตกเล็กน้อย ท่อระบายน้ำปล่อยน้ำทิ้งใกล้ท่าเรืออโศก และระหว่างท่าเรือประสานมิตรกับท่าเรืออิตัลไทย
3	ธ.ค. 2557	มีฝนตกหนัก ท่อระบายน้ำปล่อยน้ำทิ้งใกล้ท่าเรืออโศก และระหว่างท่าเรือประสานมิตรกับท่าเรืออิตัลไทย
4	ม.ค. 2558	สภาพอากาศโปร่งใส
5	ก.พ. 2558	สภาพอากาศโปร่งใส ท่อระบายน้ำปล่อยน้ำทิ้งใกล้ท่าเรืออโศก และระหว่างท่าเรือประสาน-มิตรกับท่าเรืออิตัลไทย
6	มี.ค. 2558	สภาพอากาศโปร่งใส
7	เม.ย. 2558	สภาพอากาศโปร่งใส
8	พ.ค. 2558	มีฝนตกหนัก ท่อระบายน้ำปล่อยน้ำทิ้งใกล้ท่าเรืออโศก และระหว่างท่าเรือประสานมิตรกับท่าเรืออิตัลไทย
9	มิ.ย. 2558	สภาพอากาศมีเมฆมาก
10	ก.ค. 2558	มีฝนตกเล็กน้อย ท่อระบายน้ำปล่อยน้ำทิ้งใกล้ท่าเรืออโศก และระหว่างท่าเรือประสาน-มิตรกับท่าเรืออิตัลไทย

การตรวจสอบคุณภาพน้ำคลองแสนแสบทางชีวภาพ (AARL-PP SCORE)

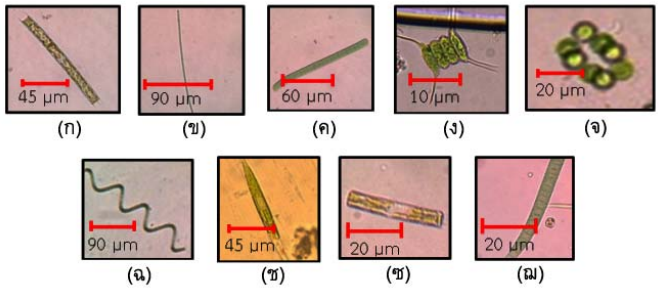
จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพโดยใช้วิธีดัดแปลงจาก Peerapornpisal et al. (2004) พบสาหร่ายแตกต่างกันทั้งชนิดและจำนวนในแต่ละท่าเรือ ตัวอย่างของการเก็บน้ำครั้งที่ 1 แสดงในภาพที่ 1 และตาราง 3 และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามวิธี AARL-PP SCORE สามารถแปลผลคุณภาพน้ำในคลองแสนแสบทั้ง 3 ท่าเรือได้ว่า อยู่ในระดับ “ปานกลางถึงไม่ดี ถึง ไม่ดีมาก” (ตาราง 4)

การตรวจสอบคุณภาพน้ำคลองแสนแสบทางกายภาพ เคมี (AARL-PC SCORE)

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาทุกครั้งต้องวิเคราะห์คุณภาพน้ำคลองแสนแสบทั้งทางชีวภาพ (AARL PP Score) และกายภาพ เคมี (AARL PC Score) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของการตรวจสอบคุณภาพน้ำทั้ง 2 วิธี การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพเคมีทำโดยวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ 7 ชนิด ได้แก่ การนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลาย (DO) ปริมาณคลอโรฟิลล์ ฟอสเฟต ไนเทรต แอมโมเนียม และความต้องการออกซิเจนในการสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ (BOD) จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ต่าง ๆ ไปแปลผลเป็นคะแนนตามวิธีของ Peerapornpisal (2004) ค่าพารามิเตอร์และแปลผลภาพรวมของการเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 10 ครั้ง แสดงในตาราง 5

การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทาง และคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี

จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางชีวภาพ (ตาราง 4) และทางกายภาพ เคมี (ตาราง 5) พบว่า คุณภาพน้ำทางชีวภาพแปลผลได้คุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงไม่ดี ถึงไม่ดีมาก ในขณะที่คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี แปลผลเป็นคุณภาพน้ำอยู่ในระดับไม่ดี ถึงไม่ดีมาก สามารถสรุปได้ว่า การตรวจสอบคุณภาพน้ำในคลองแสนแสบด้วยทั้ง 2 วิธี คือ AARL-PP SCORE และ AARL-PC SCORE แสดงให้เห็นว่า คุณภาพน้ำมีแนวโน้มอยู่ในระดับไม่ดี



ภาพที่ 1 สาหร่ายในคลองแสนแสบ (ก) *Aulacoseira* (ข) *Planktolyngbya* (ค) *Pseudanabena* (ง) *Scenedesmus* (จ) *Micractinium* (ฉ) *spirulina* (ช) *Rhopalodia* และ (ฌ) *Oscillatoria*

ตาราง 3 ชนิดและจำนวนสาหร่ายที่พบในน้ำตัวอย่างครั้งที่ 1

ชนิดสาหร่ายที่พบ	จำนวนสาหร่ายที่พบแต่ละท่าเรือ (ตัว/3.24×10^{6}µm^3/0.2 mL)		
	ท่าเรืออโศก	ท่าเรือประสานมิตร	ท่าเรืออิตัลไทย
Actinastrum	0	1	0
Aulacoseira	15	18	6
Euglena	2	1	2
Micractinium	4	11	2
Oscillatoria	7	9	7
Planktolyngbya	9	7	5
Rhopalodia	0	0	1
Scenedesmus	5	1	3
spirulina	2	1	3

ตาราง 4 การแปลผลระดับคุณภาพน้ำคลองแสนแสบ 3 ท่าเรือ

ครั้งที่	คะแนนคุณภาพน้ำ (คะแนน)				ระดับคุณภาพน้ำ
	อโศก	ประสานมิตร	อิตัลไทย	เฉลี่ย	
1	7.3	7.3	7.3	7.3	ปานกลางถึงไม่ดี
2*	6.6	7.3	7.3	7.3	ปานกลางถึงไม่ดี
3*	9.3	9.3	9.3	9.3	ไม่ดีมาก
4	8.5	8.3	9.0	8.6	ไม่ดี
5*	7.7	6.5	7	7.1	ปานกลางถึงไม่ดี
6	8.0	9.0	8.3	8.4	ไม่ดี
7	7.5	7.4	7.3	7.4	ปานกลางถึงไม่ดี
8*	8.7	8.2	8.0	8.3	ไม่ดี
9	8.4	8.1	8.1	8.2	ไม่ดี
10*	9.3	9.0	9.0	9.1	ไม่ดีมาก

หมายเหตุ *ขณะเก็บตัวอย่างน้ำมีการระบายน้ำออกจากท่อน้ำเสียลงสู่คลองแสนแสบ

ตาราง 5 ค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี (AARL-PC SCORE) ของคุณภาพน้ำคลองแสนแสบ 10 ครั้ง

พารามิเตอร์	ปริมาณ	แปลผลคะแนน
การนำไฟฟ้า ($\mu s \cdot cm^{-1}$)	480 – 700	0.9
DO ($mg \cdot L^{-1}$)	0.4 – 2.0	0.8 – 1.0
Chlorophyll *a* ($mg \cdot L^{-1}$)	27.4 – 504	0.6 – 1.0
PO_4^{3-}-P ($mg \cdot L^{-1}$)	1.5 – 10.6	0.7 – 1.0
NO_3^--N ($mg \cdot L^{-1}$)	20.8 – 34.9	0.7 – 0.9
NH_4^+-N ($mg \cdot L^{-1}$)	18.4 – 30.5	1.0
BOD ($mg \cdot L^{-1}$)	5.0 – 40.3	0.5 – 1.0
แปลผลคะแนนรวม	**5.2 – 6.8**	
แปลผล	**ไม่ดี ถึง ไม่ดีมาก**	

อภิปรายผลการวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพไม่สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำคลองแสนแสบ ณ ขณะใดขณะหนึ่งได้อย่างชัดเจน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของคลองแสนแสบมีความแปรปรวนจากหลายปัจจัย ได้แก่ น้ำทิ้งจากชุมชน ระดับน้ำที่เกิดจากการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำ การมีเรือวิ่งผ่านทำให้เกิดคลื่นซัดริมฝั่งตลิ่งที่มีตะไคร่น้ำเกาะอยู่ และเมื่อนำตะไคร่น้ำเหล่านั้นมาส่องดูพบกลุ่มสาหร่ายที่ตรงกับคู่มือ AARL-PP SCORE ได้แก่ *Chlorella Aulacoseira Oscillatoria* และ *Monoraphidium* แสดงให้เห็นว่า สาหร่ายที่พบในคลองแสนแสบบริเวณที่ตรวจสอบน้ำนั้น อาจมีสาหร่ายบางส่วนหลุดออก มาจากฝั่งตลิ่ง บางส่วนมาจากท้องเรือที่วิ่งผ่านมา อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นไปตามข้อสังเกตของ Peerapornpisal et al. (2012) ที่กล่าว ถึงวิธีทางชีวภาพมีความพิเศษแตกต่างจากวิธีทางกายภาพ เคมี เพราะการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำอย่างฉับพลันทันทีทันใด แต่การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพที่กล่าวถึงสิ่งมีชีวิตในน้ำจะมีลักษณะการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเมื่อระดับคุณภาพน้ำแย่ลง สิ่งมีชีวิตที่จำเพาะกับคุณภาพน้ำดีจะค่อย ๆ น้อยลง อย่างช้า ๆ สิ่งมีชีวิตที่จำเพาะกับคุณภาพน้ำไม่ดีจะมีมากขึ้น ด้วยเหตุนี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพและคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีจึงมีความแตกต่างกัน

การตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพสามารถบอกแนวโน้มของคุณภาพน้ำคลองแสนแสบเบื้องต้นได้ เนื่องจากการตรวจสอบทั้ง 10 ครั้ง พบว่า เมื่อพิจารณาจากชนิดของสาหร่าย และค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพเคมีทั้ง 7 ชนิด ให้ผลพอสรุปได้ตรงกันว่าคุณภาพน้ำคลองแสนแสบมีสภาพที่ไม่ดีมาก ซึ่งสอดคล้องค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพ เคมี 3 ชนิด ที่ตรงกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (Pollution Control Department, 2012) คือ จัดเป็นคุณภาพน้ำประเภทที่ 5 แสดงให้เห็นว่า น้ำในคลองแสนแสบใช้ประโยชน์ได้ด้านเดียว คือ เพื่อการคมนาคม การใช้สาหร่ายตรวจสอบคุณภาพน้ำมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bruun (2012) ที่กล่าวถึงการนำสาหร่ายมาใช้ในการบ่งชี้คุณภาพน้ำสามารถทำได้ เพราะสาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว มีวงจรชีวิตสั้น และไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อลักษณะทางกายภาพ เคมีของน้ำ สาหร่ายแต่ละสายพันธุ์มีความจำเพาะต่อสารอาหารในแหล่งน้ำในระดับที่แตกต่างกัน ดังนั้นจากผลการศึกษาอธิบายได้ว่า สาหร่ายสามารถเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำคลองแสนแสบได้ ตามวิธี AARL-PP SCORE

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ

ในคลองแสนแสบพบสาหร่ายกลุ่มเด่น 16 ชนิดที่มีคะแนนอยู่ในช่วงระดับคุณภาพน้ำ“ปานกลาง” จนถึง “ไม่ดีมาก” การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางชีวภาพของคลองแสนแสบทั้ง 10 ครั้ง พบว่า คุณภาพน้ำมีแนวโน้มอยู่ในช่วงระดับ “ปานกลางถึงไม่ดี” ถึง “ไม่ดีมาก” การตรวจสอบทางคุณภาพน้ำทางชีวภาพไม่สามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำคลองแสนแสบ ณ ขณะใดขณะหนึ่งได้อย่างชัดเจน แต่สามารถบอกแนวโน้มของคุณภาพน้ำคลองแสนแสบเบื้องต้นได้ การใช้สาหร่ายเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำสามารถนำมาใช้เป็นทางเลือกในการตรวจสอบคุณภาพน้ำคลองแสนแสบได้

ข้อเสนอแนะในการทดลองควรนำวิธีการพิจารณาคุณภาพน้ำจากการใช้สาหร่ายเป็นดัชนีบ่งชี้ในแหล่งน้ำบริเวณอื่น ๆ เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการตรวจสอบคุณภาพน้ำ และควรศึกษาอย่างต่อเนื่องให้ครบทุกฤดูกาลเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของสาหร่ายในคลองแสนแสบกับคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนไป

นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเป็นกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่เน้นการอนุรักษ์แหล่งน้ำคลองแสนแสบให้แก่เยาวชน ให้เกิดความตระหนักในการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2557 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สัญญาเลขที่ 047/2557

เอกสารอ้างอิง

Areerachakul, S. (2012). Comparison of adaptive neuro-fuzzy inference system and artificial neural network for estimation of biochemical oxygen demand parameter in surface water: A case study of saen saep canal. Bangkok: Suansunandha Rajabhat University. (in Thai)

Bruun, K. (2012). **Algae can function as indicators of water pollution**. Retrieved from http://www.walpa.org/waterline/june2012/algaecanfunctionasindicatorsofwaterpollution/#, June 6, 2014.

Bualuang A., Kongwithtaya S., and Laloknam S. (2013). Application of Micro-Alga. **Journal of Research Unit on Science Technology and Environment for Learning** 4(1): 72– 79. (in Thai)

Danyuttasilp, Y., and Laloknam, S. (2013). Increasing of oxygen contents in waste water from Saensab canal under laboratory room using filamentous cyanobacteria. **Advanced Science** 13(2): 24–34. (in Thai)

Donagh, M. E., Casco, M. E., and Maria, C. C. (2008). Plankton relationships under small water level fluctuations in a subtropical reservoir. **Aquatic Ecology** 43: 371–381.

Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Rice, E. W., Greenberg, A. E., and Franson, M. A. H. (2005). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Centennial Edition**. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association.

Kovacs, M. (1992). Biological indicators of environmental pollution. In Kovacs, M. (Ed.),

Biological Indicators in Environmental protection. New York: Ellis Horwood.

Laloknam, S., and Boonburapong, B. (2011). Potential of cyanobacteria in Thailand**. Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 2(2): 149–154. (in Thai)

Laloknam, S., and Sirisopana, S. (2011). Learning achievement and learning retention of local lower secondary students with an activity package of basic water quality tests. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 2(2): 119–131. (in Thai)

Laloknam, S., Sirisopana, S., Takabe, T., and Incharoensakdi, A. (2008). Effect of some heavy metals on growth and chlorophyll contents in *Aphanothece halophytica*. **Pure and Applied Chemistry International Conference 2008**: Bangkok: Kasetsart University.

Laloknam, S., Bualuang, A., Boonburapong, B., Rai, V., Takabe T., and Incharoensakdi, A. (2010). Salt stress induced glycine-betaine accumulation with amino and fatty acid changes in cyanobacterium *Aphanothece halophytica*. **Asian Journal of Food and Agro-Industry** 3(1): 25–34.

Laloknam, S., Sirisopana, S., Phornphisutthimas, S., Takabe, T., and Incharoensakdi, A. (2009). Removal of mercury, arsenic, and cadmium in synthetic wastewater by cyanobacterium *Aphanothece halophytica*. **NU science Journal** 6(S1): 96–104.

Laloknam, S., Tatong, W., and Sirisopana, S. (2012). Assessment of environmental education programme on secondary students at Ongkarak, Nakhon Nayok, Thailand**. Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 3(2): 80–91. (in Thai)

Laloknam, S., Tatong, W., and Sirisopana, S. (2013). The success of environmental education programme using “the water conservation youth camp” for secondary students**. Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**. 4(2): 165–173. (in Thai)

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Method in Enzymology** 148: 350–382.

Luechai, K. (2010). **Legal Measures for the Prevention and Control of Pollution in San Saeb Canal in Bangkok**. Master’s Thesis in Law. Bangkok: Thammasart University. (in Thai)

McCormick, P. V., and Cairns, J., Jr., (1994). Algae as indicators of environmental change. **Journal of Applied Phycology** 6: 509–526.

Moohamud, R. (2013). **Islam and Sustainable Development: A Case Study of Masjid Kamalulislam Community, Khlong**

Saen Saep, **Bangkok.** Master's Thesis in Environment Management. Bangkok: National Institute of Development Administration. (in Thai)

Nandan, S. N., and Aher, N. H. (2005). Algal community used for assessment of water quality. **Journal of Environmental Biology** 26(2): 223–227.

Peerapornpisal, Y. (2005). **Freshwater Algae in Northern Thailand**. The Biodiversity Research and Training Program (BRT). Chiang Mai: Chotana. (in Thai)

Peerapornpisal, Y. (2006). **Phycology**. 2nd ed. Chiang Mai: Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University. (in Thai)

Peerapornpisal, Y., Chaiubol, C., Pekkoh, J., Kraibut, H., Chorum, M., Wannathong, P., Ngearnpat, N., Jusakul, K., Thammathiwat, A., Chuanunta, J., and Inthasotti, T. (2004). Monitoring of water quality in Ang Kaew reservoir of Chiang Mai University using phytoplankton as bioindicator from 1995 – 2002. **Chiang Mai Journal of Science** 31(1): 85–94.

Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A., and Kunpradid, T. (2007). Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score). **Journal of Fisheries Technology Research** 1(1): 71–81. (in Thai)

Pithakpol, S., Soontornprasit, K., and Valunpian, S. (2014). Water quality and phytoplankton diversity in the Ing river. **Khon Kaen Agricultural Journal** 42(S1): 778–784. (in Thai)

Pollution Control Department. (2012). **Surface Water Standards**. Retrieved from http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_std_water05.html, June 27, 2014.

Prygiel, J., and Coste, M. (1993). The assessment of water quality in the Artois-Picar die water basin (France) by the use of diatom indices. **Hydrobiologia** 269–270(1): 343–349.

Raut, K. S., Kachare, S. V., Pathan, T. S., Shinde, S. E., Dabhade, V. F., and Sonawane, D. L. (2010). Utilization of algae as pollution indicators of water quality at Nagapur and Chandapur Dams near Parli. V. Town Dist. Beed Mararashtra, India. **International Journal of Current Research** 4: 52–54.

Sirisopana, S., and Laloknam, S. (2012a). **Environmental education packages on the basic water quality test**. Bangkok: Department of general science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University. (in Thai)

Sirisopana, S., and Laloknam, S. (2012b). A study of environmental education programme on local lower secondary students by using saving the water youth

camp at Omkoi, Chiang Mai. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 3(1): 16–29. (in Thai)

Sookboonpan P., and UPla, P. (2014). **The Development of Bicycle System Along side Urban Canal: The Case Study of Saen Saeb Canal**. Retrieved from http://www.thaicyclingclub.org/sites/default/files/19_ephynphaa.pdf, June 27, 2014.

Srisawat, N. (2004). **Expectation and Perception towards Service of Quality Passenger Boat on Khlong Saenseap**. Master's Project in Marketing. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

Trakoonkamnerd, C., Intham, P., Jumrusruk, W., Kongchana, S., Danyuttasilp, Y., Sirisopana, S., and Laloknam, S. (2012). Increasing the amount of oxygen in the water from khlong Saen Saeb by cyanobacterium *Oscillatoria* sp. **Proceedings of the 6th Srinakharinwirot University National Conference.** Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

Wan, M., and Wan, O. (2010). Perspectives on the use of algae as biological indicators for monitoring and protecting aquatic environments, with special reference to Malaysian freshwater Ecosystems. **Tropical Life Sciences Research** 21(2): 51–67.

ภาคผนวก 1 การแปลค่าคะแนนสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืชที่พบตามวิธี AARL-PC SCORE

AARL-PC Score	Parameter						
	DO ($mg \cdot L^{-1}$)	BOD ($mg \cdot L^{-1}$)	Conductivity ($\mu S \cdot cm^{-1}$)	NO_3^--N ($mg \cdot L^{-1}$)	NH_4^+-N ($mg \cdot L^{-1}$)	PO_4^{3-}-P ($mg \cdot L^{-1}$)	Chlorophyll *a* ($mg \cdot L^{-1}$)
0.1	>9	<0.2	<10	<0.1	<0.01	< 0.01	<1
0.2	8	0.2 – 0.5	10 – 20	0.1 – 0.2	0.01 – 0.03	0.01 – 0.05	1.0 – 2.0
0.3	7	0.6 – 1.5	21 – 40	0.3 – 0.4	0.04 – 0.06	0.06 – 0.10	2.1 – 5.0
0.4	6	1.6 – 3.0	41 – 80	0.5 – 0.8	0.07 – 0.10	0.11 – 0.15	5.1 – 15.0
0.5	5	3.1 – 5.0	81 – 120	0.9 – 1.5	0.11 – 0.30	0.16 – 0.25	15.1 – 25.0
0.6	4	5.1 – 8.0	121 – 200	1.6 – 3.0	0.31 – 0.50	0.26 – 0.35	25.1 – 50.0
0.7	3	8.1 – 15.0	201 – 300	3.1 – 10.0	0.51 – 0.70	0.36 – 0.50	50.1 – 100.0
0.8	2	15.1 – 30.0	301 – 450	10.1 – 20.0	0.71 – 1.0.0	0.51 – 1.25	100.1 – 200.0
0.9	1	30.1 – 50	451 – 700	20.1 – 40.0	1.10 – 3.00	1.26 – 2.50	200.1 – 400.0
1.0	<1	>50	>700	>40	>3.00	>2.50	>400.0

ที่มา: ดัดแปลงจาก Peerapornpisal et al., 2004

ภาคผนวก 2 การแปลค่าคะแนนสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืชที่พบตามวิธี AARL-PP SCORE

AARL-PP SCORE	Genus of Phytoplankton
1	*Dynobryon*
2	*Cosmarium*, *Cyclotella*, *Eunotia*, *Micrasterias*
3	*Elakatothrix*, *Euastrum, Staurastrum*, *Staurodesmus, Xanthidium*
4	*Botryococcus*, *Centritractus, Ceratium*
5	*Acanthoceras, Actinastrum, Aphanocapsa*, *Aphanothece, Golenkinia*, *Cymbella*, *Fragilaria, Isthmochloron*, *Kirchneriella*, *Melosira*, *Navicula, Nephrocytium, Pinnularia*, *Rhopalodia*
6	*Achnanthes, Amphora, Aulacoseira*, *Chlorella, Chlamydomonas, Chroococcus*, *Cocconeis, Encyonema, Epithemia*, *Eudorina, Gomphonema, Gonium*, *Gymnodinium, Oocystis*, *Pandorina, Peridiniopsis, Peridinium, Rhizosolenia*, *Surirella, Tetraedron, Volvox*
7	*Ankistrodesmus*, *Bacillaria*, *Coelastrum, Crucigenia, Crucigeniella, Cylindrospermopsis, Dictyosphaerium, Dimorphococcus, Gyrosigma, Micractinium, Monoraphidium, Pediastrum, Planktolyngbya*, *Pseudanabena*
8	*Phacus, Scenedesmus, Strombomonas*, *Synura*, *Hantzschia, Anabaena, Microcystis, Cryptomonas, Rhodomonas, Trachelomonas*
9	*Nitzschia*, *Spirulina, Oscillatoria, Phormidium*, *Merismopedia*
10	*Euglena*

ที่มา: ดัดแปลงจาก Peerapornpisal et al., 2004

ภาคผนวก 3 คะแนนคุณภาพน้ำจัดตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไปตามวิธีทางชีวภาพ (AARL-PP SCORE)

คะแนน	คุณภาพน้ำตามระดับสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
1.0 – 2.0	ระดับสารอาหารน้อย	ดี
2.1 – 3.5	ระดับสารอาหารน้อยถึงปานกลาง	ดีถึงปานกลาง
3.6 – 5.5	ระดับสารอาหารปานกลาง	ปานกลาง
5.6 – 7.5	ระดับสารอาหารปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
7.6 – 9.0	ระดับสารอาหารสูง	ไม่ดี
9.1 – 10.0	ระดับ สารอาหารสูงมาก	ไม่ดีมาก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Peerapornpisal et al., 2004

ภาคผนวก 4 คะแนนคุณภาพน้ำจัดตามระดับสารอาหารและคุณภาพน้ำทั่วไปตามวิธีทางกายภาพเคมี (AARL-PC SCORE)

คะแนน	คุณภาพน้ำตามระดับสารอาหาร	คุณภาพน้ำทั่วไป
0.1 – 0.9	สารอาหารน้อยมาก	ดีมาก
1.0 – 1.8	สารอาหารน้อย	ดี
1.9 – 2.7	สารอาหารน้อยถึงปานกลาง	ดีถึงปานกลาง
2.8 – 3.6	สารอาหารปานกลาง	ปานกลาง
3.7 – 4.5	สารอาหารปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงไม่ดี
4.6 – 5.4	สารอาหารสูง	ไม่ดี
มากกว่า 5.5	สารอาหารสูงมาก	ไม่ดีมาก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Peerapornpisal et al., 2004