

พลวัตของธาตุอาหารพืช ยูโทรฟิเคชัน และเมตาบอลิซึม ของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย Nutrient Dynamics, Eutrophication and Ecosystem Metabolism in Thalenoi Wetland

อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์¹ อัสมน ลิมสกุล² วุฒิชัย แพงแก้ว³ และบุญชอบ สุตมนัสวงษ์⁴

Onchan Khottrapong, Atsamon Limsakul, Wutthichai Pangkaew
and Boonchob Suttamanuswong

บทคัดย่อ

การศึกษาพลวัตของธาตุอาหารพืช ยูโทรฟิเคชัน และอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย ในปี พ.ศ. 2550 เป็นการศึกษาพลวัตของธาตุอาหารพืชและการเปลี่ยนแปลงของอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อยที่ส่งผลทำให้เกิดสภาวะยูโทรฟิเคชัน โดยดำเนินการศึกษา 2 ช่วง คือ ในฤดูแล้ง (มีนาคม - กรกฎาคม พ.ศ. 2550) ในฤดูฝน (สิงหาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2550) พบว่า ทะเลน้อย กำลังประสบปัญหาหลักๆ อยู่สองประการ คือ ความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสภาวะยูโทรฟิเคชัน มีสาเหตุหลักเกิดจากมลพิษจากแหล่งต่างๆ ที่ระบายลงสู่ทะเลน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ทราบตำแหน่งแน่นอนและจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอนในบริเวณพื้นที่รับน้ำโดยรอบ ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและอัตราเมตาบอลิซึม ยังพบว่า ธาตุฟอสฟอรัส เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อพลวัตของกระบวนการยูโทรฟิเคชัน โดย ร้อยละ 60.0 ความแปรปรวนของคลอโรฟิลล์ เอ สามารถอธิบายได้ด้วยความแปรปรวนของธาตุฟอสฟอรัสรวม ความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับสัดส่วนของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปอนินทรีย์ (DIN : DIP Ratio) ที่แสดงว่า ธาตุฟอสฟอรัส เป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช (แพลงก์ตอนพืชที่พบมีทั้งหมด 7 ไฟลัม 59 สกุล) รวมทั้งสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิอื่นๆ ส่งผลให้ระบบนิเวศในทะเลน้อย กลายเป็นระบบที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุไนโตรเจน แต่ขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัส ผลการตรวจวัดเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ ยัง

¹ เจ้าหน้าที่งานวิทยาศาสตร์ ชำนาญงาน ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Researcher, Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality Promotion
Corresponding author: E-mail: Khottrapong@hotmail.com, Tel: 025771136-7 ext.1129

² นักวิชาการสิ่งแวดล้อม ชำนาญการ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Senior Environmental Researcher, Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality Promotion

³ นักวิชาการสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Researcher, Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality Promotion

⁴ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Director Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality Promotion

แสดงให้เห็นว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์จากแหล่งภายนอกด้วยกระบวนการหายใจ เป็นลักษณะที่โดดเด่นของระบบนิเวศทะเลน้อยในภาพรวม ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความเสื่อมโทรมและการถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ และทำให้ระบบมีการใช้ออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ระบายลงสู่ทะเลน้อย ในอัตราที่สูงกว่าปกติ ปัญหาทั้งสองด้านที่ทะเลน้อยกำลังประสบนี้ มีการเชื่อมโยงและปฏิสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ผ่านทางกระบวนการชีวธรณีเคมีระหว่างองค์ประกอบที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสมดุลและกระบวนการเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ และส่งเสริมให้สถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน มีแนวโน้มที่ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัวในอนาคตอันใกล้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งจะเป็นปัจจัยกำหนดที่ส่งผลโดยตรงต่อความสมดุลของกระบวนการชีวธรณีเคมี และความเสถียรของระบบนิเวศ

คำสำคัญ: ชีวธรณีเคมี; ธาตุอาหารพืช; เมตาบอลิซึม; ยูโทรฟิเคชัน; ระบบนิเวศ

Abstract

The study on nutrient dynamics, eutrophication and ecosystem metabolisms of the Thalenoi Wetland (TNW) in 2007 indicated that TNW was facing with two major problems — environmental degradation and eutrophication. These changes were resulted primarily from land-based pollution from a variety of human activities especially both point and non-point sources in the watershed. The results from analysis of nutrient and plankton biomass further suggested that phosphorus was one of important factors controlling eutrophication dynamics in TNW, as 60% of phytoplankton biomass variance could be explained by variability of total phosphorus. This finding was consistent with DIN : DIP Ratio, illustrating that phosphorus was primarily a limited nutrient for primary productivity in TNW. On the basis of ecosystem metabolism measurement, TNW was dominated by community respiration to decompose organic matter from allochthonous sources, resulting in dissolved oxygen being used in the higher rate. This ecosystem-metabolism characterization provided the clue of the already degraded and affected system. From ecological point of view, two major problems in the TNW were closely linked and interacted via biogeochemical processes and ecosystem metabolisms which exert complex and synergic effects on the structure and function of the whole ecosystem. These would be intensified under a changing climate and a rising temperature which were significant threats to biogeochemical dynamics and ecosystem resilience.

Keywords: Biogeochemistry; Ecosystem; Eutrophication; Metabolism; Nutrient

บทนำ

ทะเลน้อย เป็นระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำมีลักษณะเป็นป่าพรุน้ำจืด ตั้งอยู่บริเวณเหนือสุดของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย นับว่าเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่ายิ่งและมีหน้าที่หลายประการในการค้าจุนสรวงพชีวัต และเอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่ประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบในด้านต่างๆ เนื่องจากเป็นระบบนิเวศที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำและพืชพรรณหลากหลายชนิด อีกทั้งยังเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง (นิธิ ฤทธิพรพันธุ์ และคณะ, 2525; ไทยเอนยิเนียร์ คอนซัลแตนท์, 2542; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2543; บริษัทเทสโก้ จำกัด, 2549) ด้วยลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัวทางนิเวศ พื้นที่ส่วนหนึ่งของทะเลน้อย คือ วนช้เลียน ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของทะเลน้อยติดกับพรุควนเคร้ง ได้รับการประกาศให้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ (Ramsar Site) แห่งแรกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2541 เพื่ออนุรักษ์ ป้องกัน และจัดการสภาพแวดล้อมอย่างเหมาะสม โดยสนับสนุนการใช้ประโยชน์อย่างชาญฉลาดและยั่งยืน (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2542)

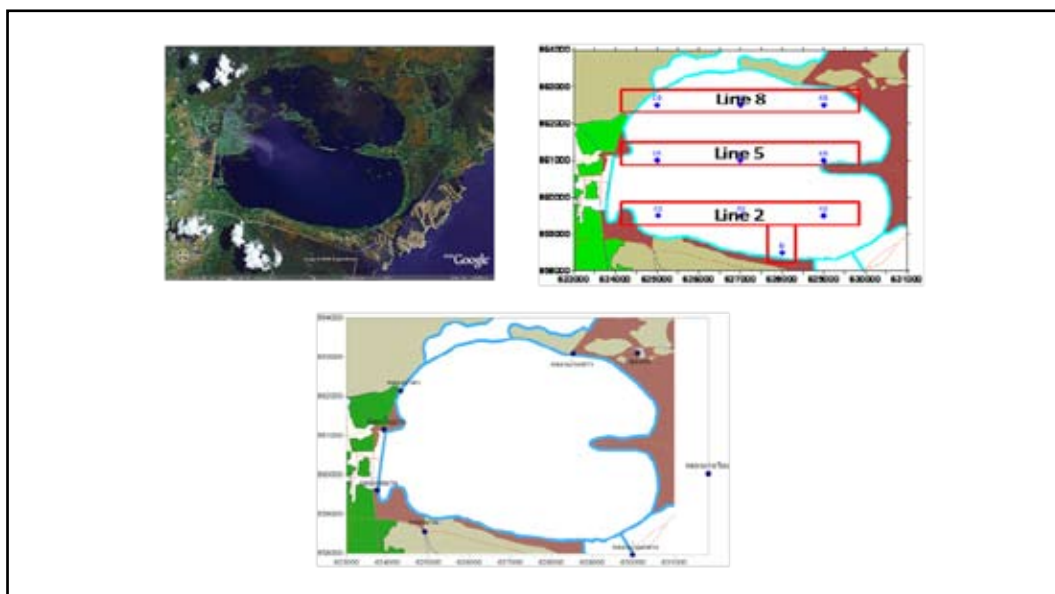
ในช่วงที่ผ่านมา ได้มีการใช้ประโยชน์พื้นที่และทรัพยากรต่างๆ ในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย เกินศักยภาพและขาดความสมดุล จนทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงและเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (ไทยเอนยิเนียร์ คอนซัลแตนท์, 2542; นิคม ละอองศิริวงศ์ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, 2546; คณะทำงานแก้ไขปัญหาน้ำเสียในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, 2547) ผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ ในระหว่างปี พ.ศ.2541 - 2547 พบว่า คุณภาพน้ำในทะเลน้อยอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างเสื่อมโทรม ซึ่งปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำกว่า 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตรในบางสถานี อีกทั้งปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดีจากแหล่งกำเนิดในพื้นที่ชุ่มน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลน้อย มีค่าสูงถึง 813 กิโลกรัมต่อวัน โดยประมาณ ร้อยละ 86.0 ของความสกปรกทั้งหมดนี้ มาจากของเสียชุมชน (คณะทำงานแก้ไขปัญหาน้ำเสียในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, 2547) นอกจากนี้ น้ำเสียที่ไหลลงสู่ทะเลน้อย ซึ่งมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในปริมาณสูง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อพลวัตและสมดุลของกระบวนการชีวธรณีเคมี โครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศ รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพ ปรากฏการณ์ที่เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงไปอย่างสิ้นเชิงของทะเลน้อยทั้งระบบ คือ การเกิดสภาวะยูโทรฟิเคชั่น หรือ การเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของแพลงก์ตอนพืช พืชน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ ซึ่งมีรายงานว่า เกิดขึ้นบ่อยและมีระยะเวลาและความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ (นิคม ละอองศิริวงศ์ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, 2546) ด้วยข้อเท็จจริงของการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนดังกล่าว องค์ความรู้ในเชิงลึกถึงกระบวนการยูโทรฟิเคชั่น เมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ (อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต) และวัฏจักรและกระบวนการทางชีวธรณีเคมีของสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องศึกษาวิจัยในรายละเอียด เพื่อเป็นข้อมูลทางวิชาการที่ช่วยสนับสนุนการพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาให้ยั่งยืนในระยะยาวต่อไป

วัตถุประสงค์การศึกษาวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อศึกษาพลวัตของธาตุอาหารพืชและการเปลี่ยนแปลงของอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย ตลอดจนวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ กระบวนการชีวธรณีของธาตุอาหารพืช และกระบวนการยูโทรฟิเคชัน

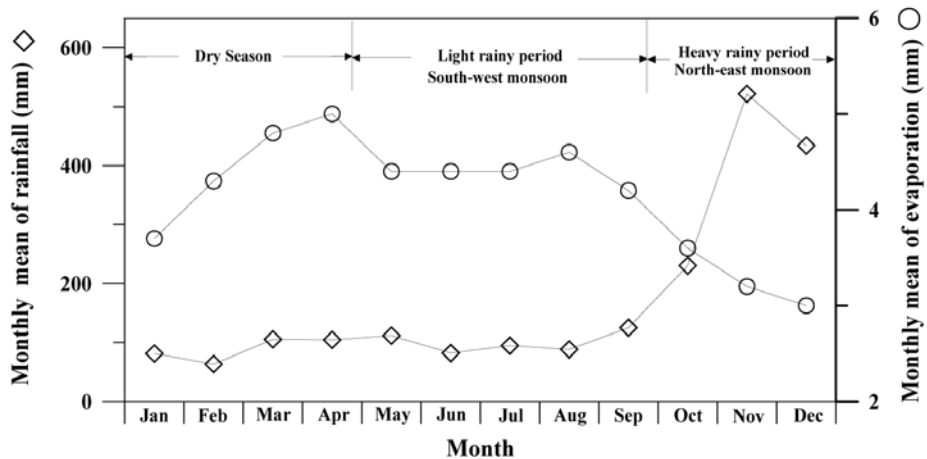
วิธีการศึกษาวิจัย

ระเบียบและวิธีการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย การสำรวจและรวบรวมข้อมูลด้านอุทกวิทยาและกายภาพ การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ รวมทั้งการทดลองในภาคสนามเพื่อตรวจวัดอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ (อัตราการสังเคราะห์แสงของผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ/ภาพรวมของระบบนิเวศและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต) ทำการตรวจวัดจำนวน 10 สถานี (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 บริเวณพื้นที่โดยรอบของทะเลน้อยและจุดเก็บตัวอย่างน้ำและการทดลองในภาคสนามเพื่อตรวจวัดอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ

โดยแบ่งเป็น บริเวณตอนบน (Line 8) ตอนกลาง (Line 5) และตอนล่าง (Line 2) ของพื้นที่ชุ่มน้ำ ทะเลน้อย (ภาพที่ 1) โดยดำเนินการศึกษา 2 ช่วง คือ ในฤดูแล้ง (มีนาคม - กรกฎาคม พ.ศ.2550) ในฤดูฝน (สิงหาคม - ธันวาคม พ.ศ.2550) ซึ่งมีลักษณะที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางอุทกนิยมนิเวศวิทยาในบริเวณจังหวัดพัทลุง ที่มีปริมาณฝนตกชุกในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม แต่มีอัตราการระเหยสูงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน (ดังภาพที่ 2) โดยรายละเอียดการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝนและอัตราการระเหยเฉลี่ยรายเดือน
ที่สถานีตรวจวัดจังหวัดพัทลุง ระหว่างปี พ.ศ. 2524 - 2548

1. การสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำและธาตุอาหารพืชในแง่การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลา โดยตัวอย่างน้ำถูกเก็บที่ระดับความลึกประมาณ 0.500 เมตรจากผิวน้ำ ซึ่งดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1.1 ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ความลึก สภาพการนำไฟฟ้า ความเค็ม ความโปร่งใส อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และความเข้มของแสงช่วงคลื่นที่สิ่งมีชีวิตใช้ในการสังเคราะห์แสง (400 - 700 nm)

1.2 ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ในภาคสนาม (ภายใน 12 ชั่วโมง) ได้แก่ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) Dissolved Inorganic Phosphorus (DIP), Nitrite (NO_2^-), Ammonia (NH_3) และคลอโรฟิลล์ เอ

1.3 ดัชนีคุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ตะกอนแขวนลอย (SS), Nitrate (NO_3^-), Total Dissolved Phosphorus (TDP), Total Phosphorus (TP), Total Dissolved Nitrogen (TDN), Total Nitrogen (TN) สำหรับการวิเคราะห์ DIP, NO_2^- , NH_3 , NO_3^- , TDP, และ TDN ตัวอย่างน้ำถูกกรองทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างด้วยกระดาดกรอง Cellulose ที่มี Pore Size ขนาด 0.450 ไมโครเมตร นอกจากนี้ กระดาดกรองที่มี Pore Size ขนาดเดียวกัน ยังใช้กรองตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกดัชนี เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับการศึกษาวิทยพลวัตของระบบนิเวศทั้งใน Limnology และ Oceanography (Strickland and Parsons, 1972; Grasshoff et al., 1983; Clesceri et al., 1998)

2. การตรวจวัดอัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ (Ecosystem Metabolism) ประกอบด้วย

2.1 ตรวจวัดผลรวมทั้งหมดของกระบวนการสร้างและทำลายสารอินทรีย์ของระบบนิเวศ โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช พืชน้ำ และพืชหน้าดิน และอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตทั้งหมดของระบบนิเวศ ด้วยเทคนิค Open Water Oxygen Diurnal Method (Russell and Montagna, 2004; Young et al., 2006) ซึ่งเป็นการวัดความสมดุลระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน และกระบวนการหายใจที่เกิดขึ้นในระยะเวลาหนึ่งวัน โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้ ไม่รวมถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่เกิดจากการละลายของก๊าซออกซิเจนระหว่างชั้นน้ำและบรรยากาศ ความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ถูกตรวจวัดทุก ๆ 15 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง โดย Oxygen Flux ทุกๆ 15 นาที สามารถคำนวณจาก ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำ ดังนี้

$$\text{Oxygen Flux} = (\text{DO}_{t_2} - \text{DO}_{t_1}) - \text{Air-Water Exchange} \quad (1)$$

$$\text{Air - Water Exchange} = \left(1 - \frac{\text{DO}_{\text{sat}, t_2} - \text{DO}_{\text{sat}, t_1}}{200} \right) * 0.5 * dt \quad (2)$$

โดยที่ $\text{DO}_{\text{sat}, t_2}$ และ t_1 = เปอร์เซนต์ความอิ่มตัวของออกซิเจน, 0.500 = Exchange Coefficient ($\text{g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$) และ dt = Time Interval ระหว่าง t_2 และ t_1 ซึ่ง

ผลผลิตรวม (Gross Production) = ผลผลิตสุทธิ + อัตราการหายใจในเวลากลางวัน

ผลผลิตสุทธิ (Net Production) = ผลรวมของออกซิเจน Flux ในช่วงกลางวันที่มีแสงสว่าง

การหายใจสุทธิ (Net Respiration) = ผลรวมของออกซิเจน Flux ในเวลากลางคืน

อัตราการหายใจรวม (Total Respiration Rate) = (Hourly Respiration Rate) * 24

Hourly Respiration Rate = (อัตราการหายใจในเวลากลางคืน/จำนวนชั่วโมงในเวลากลางคืน)

2.2 การตรวจวัดความสมดุลของอัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำ ด้วยเทคนิค Dark-light Oxygen Bottle (Carigman et al., 1998) และบริเวณพื้นที่ท้องน้ำด้วยเทคนิค Dark-light Benthic Chamber (Viollier et al., 2003) ซึ่งทั้งสองวิธีนี้ เป็นเทคนิคที่วัดอัตราการสังเคราะห์อินทรีย์สารของแพลงก์ตอนพืช และอัตราการเผาผลาญสารอินทรีย์ของประชาคมสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิ (แบคทีเรีย แพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์) ในแหล่งน้ำ โดยทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนที่ถูกผลิตขึ้นและใช้ไป ตามหลักการทาง Stoichiometry ของกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นหรือถูกใช้ ซึ่งเป็นสัดส่วนกับปริมาณอินทรีย์สารที่ถูกสังเคราะห์และถูกเผาผลาญ และเป็นสัดส่วนกับสารอนินทรีย์ที่ถูกใช้และปล่อยออก โดยอัตราการสังเคราะห์แสง สามารถวิเคราะห์ได้จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนในขวดหรือถังสวาง ที่นำไปป้อนในสภาพธรรมชาติ (In situ Incubation) ของแหล่งน้ำอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ส่วนปริมาณออกซิเจนที่ลดลงในขวด

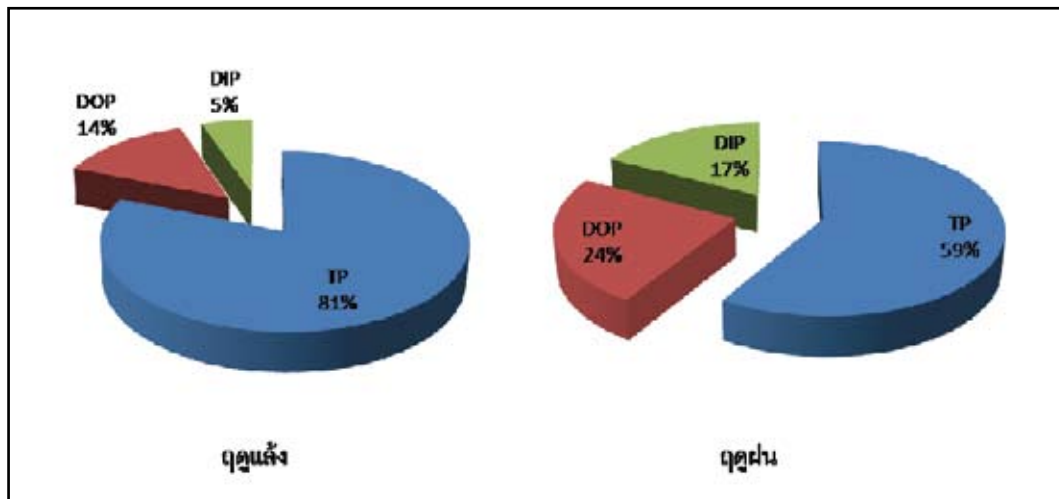
และถังมิด คือ อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิต (Community Respiration) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนระหว่างขวด/ถังสว่างและมิดเริ่มต้น และขวด/ถังสว่างและมิดสุดท้าย สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธี Winkler Titration ทั้งนี้ เมตาบอลิซึมสุทธิของระบบนิเวศหรือผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (Net Ecosystem Metabolism (NEM) หรือ Net Primary Production (NPP)) = ผลผลิตรวม - อัตราการหายใจรวม ซึ่งถูกรายงานเป็นหน่วยของคาร์บอน ซึ่งหน่วยของออกซิเจนถูกแปลงให้เป็นหน่วยของคาร์บอน โดยใช้ Photosynthetic Quotient (PQ) เท่ากับ 1.25 และ Respiration Quotient (RQ) เท่ากับ 1.0 (Hashimoto et al., 2005; Vallino et al., 2005)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

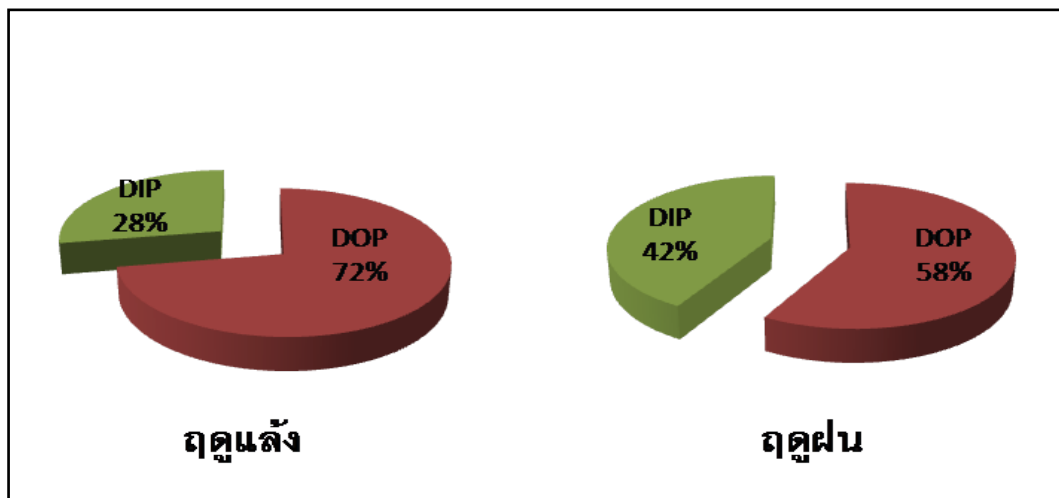
คุณภาพน้ำและปริมาณธาตุอาหารพืช

คุณภาพน้ำและปริมาณธาตุอาหารพืชโดยเฉลี่ยทั้ง 10 สถานีและเฉลี่ยจากการเก็บตัวอย่างในแต่ละฤดูในบริเวณตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างของทะเลน้อยในปี พ.ศ.2550 มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงทางปัจจัย อุตุ-อุทกวิทยาที่เกิดจากการเปลี่ยนทิศทางและความแรงของลมมรสุม คุณภาพน้ำในทะเลน้อย มีลักษณะขุ่นและเป็นกรดอ่อน เนื่องจากมีอินทรีย์สารและตะกอนแขวนลอยเป็นส่วนผสมในปริมาณสูง ธาตุอาหารพืชในรูปของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในทะเลน้อย ปรากฏอยู่หลายรูปในสัดส่วนที่แตกต่างกัน เนื่องจากกระบวนการทางชีวธรณีเคมีที่ควบคุมการผลิต การย่อยสลาย และการหมุนเวียนของธาตุอาหารทั้งสองชนิด มีลักษณะที่แตกต่างกัน

สารฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ อยู่ในรูปฟอสฟอรัสทั้งหมด (ร้อยละ 81.0 ในฤดูแล้ง และ ร้อยละ 59.0 ในฤดูฝน) (ภาพที่ 3) เนื่องจากสารฟอสเฟตซึ่งมีประจุลบ ถูกดูดซับบนตะกอนดินและรวมกันเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำได้ง่าย ส่วนสารฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์และอินทรีย์ละลายน้ำ (DIP และ DOP) ซึ่งเป็นฟอร์มที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตขั้นปฐมภูมิในกระบวนการสังเคราะห์แสง มีสัดส่วนที่น้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้งที่ถูกแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำตื้นไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงในปริมาณที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการผลิตขั้นปฐมภูมิรวมที่เพิ่มขึ้น แต่ในช่วงฤดูฝน DIP และ DOP มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารฟอสฟอรัสจากแหล่งต่างๆ บนพื้นดินถูกระบายลงสู่ทะเลน้อยมากขึ้นตามสัดส่วน จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนและน้ำท่า (ภาพที่ 4)

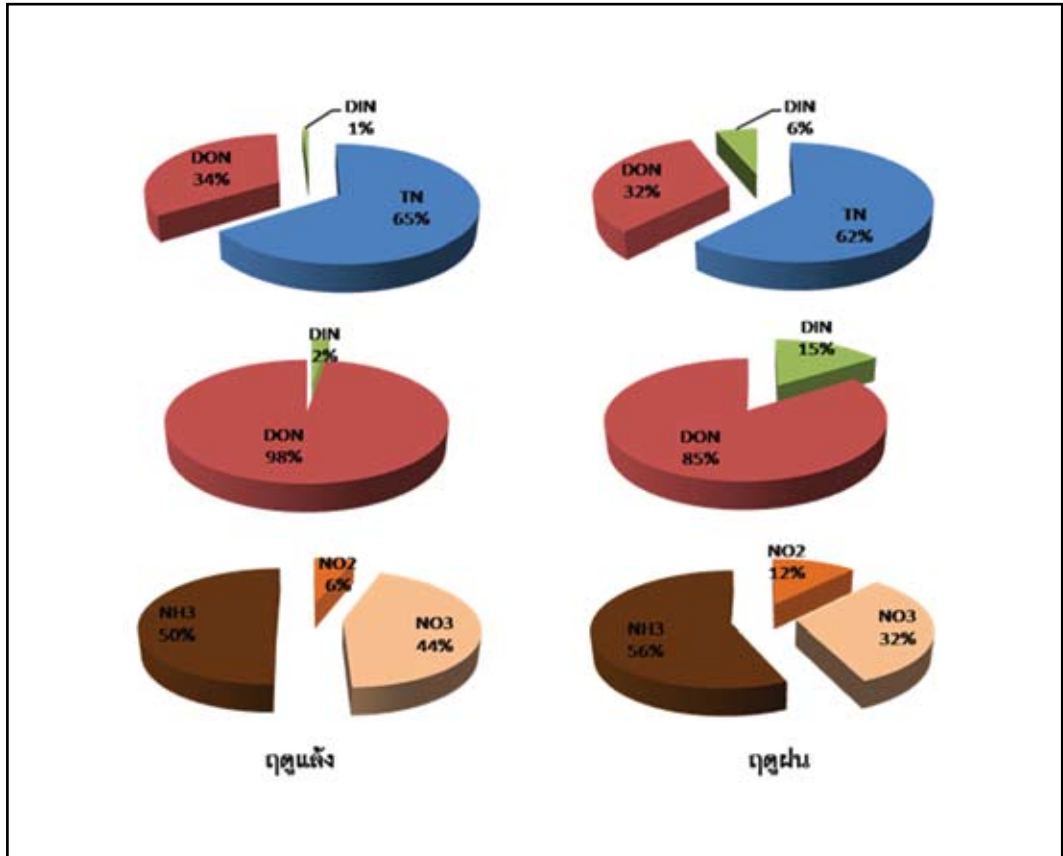


ภาพที่ 3 สัดส่วนโดยเฉลี่ยของสารฟอสฟอรัสในทะเลน้อย พ.ศ. 2550
มีหน่วยเป็น ไมโครโมลต่อลิตร ($\mu\text{mol/l}$)



ภาพที่ 4 สัดส่วนโดยเฉลี่ยของของสารฟอสฟอรัสละลายน้ำในรูปของสารอินทรีย์
และสารอนินทรีย์ พ.ศ. 2550

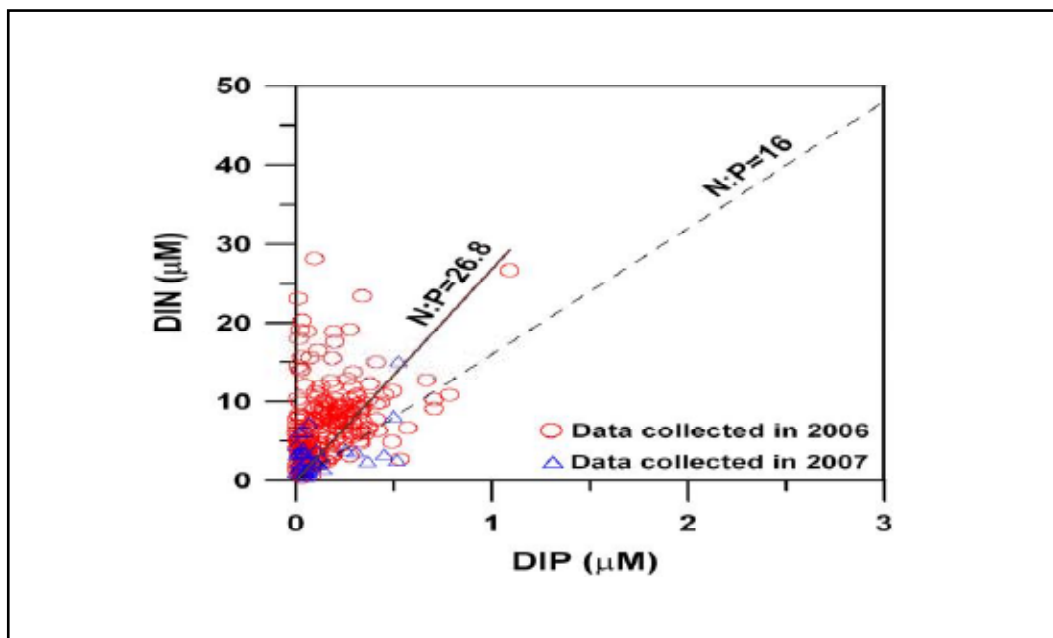
สารประกอบไนโตรเจนโดยส่วนใหญ่ ยังพบว่าอยู่ในรูปของไนโตรเจนทั้งหมด (มากกว่าร้อยละ 60.0 ทั้งสองฤดูกาล) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบสัดส่วนโดยเฉลี่ยของสารอนินทรีย์และอินทรีย์ไนโตรเจน
ที่ละลายน้ำในทะเลน้อย พ.ศ. 2550

แต่เมื่อพิจารณาในรูปของสารละลาย พบว่า สารอินทรีย์ไนโตรเจน (DON) เป็นองค์ประกอบหลัก (ร้อยละ 98.0 ในฤดูแล้ง และ ร้อยละ 85.0 ในฤดูฝน) ส่วนระดับความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (DIN) ในทะเลน้อย มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลที่ชัดเจน โดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.0 ในช่วงฤดูแล้ง เป็น ร้อยละ 15.0 ในช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 5) ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารไนโตรเจนที่ระบายลงสู่ทะเลน้อย พบว่า คลองอุทยาน คลองโนบ้าน และคลองบ้านขาว เป็นแหล่งกำเนิดหลักที่ระบายสาร DIN ซึ่งองค์ประกอบหลัก คือ รูปออกซิไดซ์ที่มีความเสถียรมากกว่ารูปอื่นๆ หรือสารไนเตรท และรูปรีดิวซ์หรือแอมโมเนียซึ่งเป็นสารกึ่งกลางที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่น่าจะเกิดในพрудวนเคร้งและพื้นที่รับน้ำป่าพะยอม ซึ่งมีการแพร่กระจายความเข้มข้นมาจากพื้นที่รับน้ำดังกล่าว (ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2551)

เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปอนินทรีย์ (DIN : DIP Ratio) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้ในการวินิจฉัยสถานภาพและพลวัตของระบบนิเวศ รวมทั้งปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิ ในแง่ของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต (Karl et al., 1997) ปรากฏว่า ในทะเลน้อย DIN : DIP Ratio สูงกว่า Redfield ratio (16 : 1) ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สารอินทรีย์ในแหล่งน้ำถูกสังเคราะห์และย่อยสลายในภาวะปกติ โดยใช้และปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตรา 16 : 1 ผลการวิเคราะห์ DIN : DIP Ratio ในทะเลน้อย ที่คำนวณจากข้อมูลที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ.2549-2550 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 26.8 (ภาพที่ 6: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2551) จากลักษณะของ N : P Ratio ดังกล่าว บ่งชี้ถึงธาตุฟอสฟอรัสที่อยู่ในฟอร์มที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้ เป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช รวมทั้งสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิอื่นๆ และมีปริมาณที่ต่ำมากจนกลายเป็นปัจจัยหลักที่จำกัดความสามารถของสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิ ที่จะใช้ธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่มากเกินพอ ซึ่งจะส่งผลให้ระบบนิเวศในทะเลน้อย กลายเป็นระบบที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุไนโตรเจน แต่ขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งถ้ากระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะมีผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อชนิด โครงสร้าง หน้าที่ และผลผลิตขั้นปฐมภูมิและขั้นสูงของระบบนิเวศในทะเลน้อย



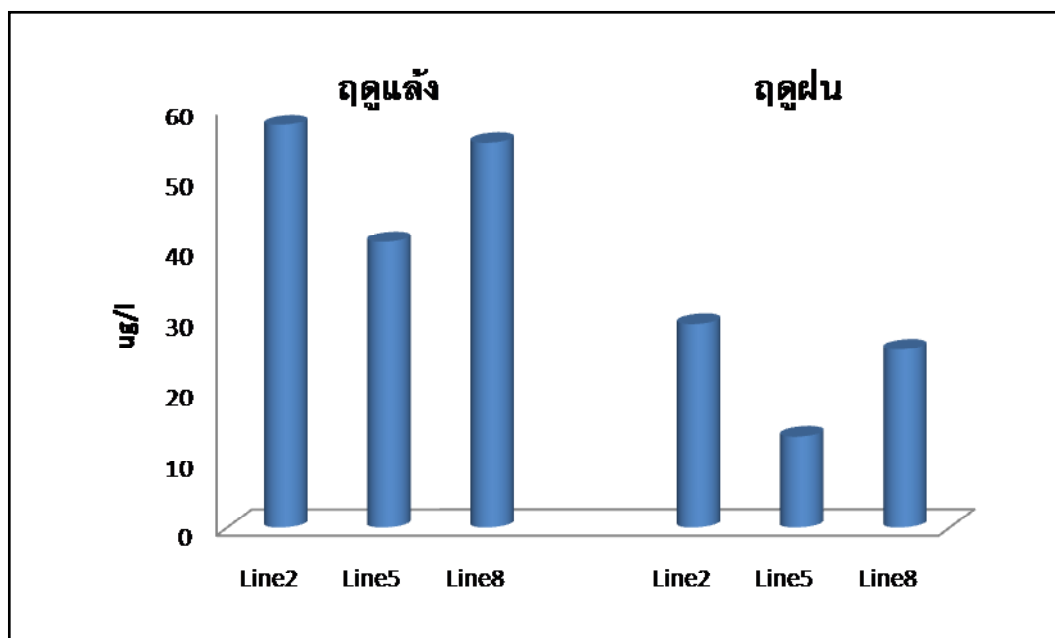
ภาพที่ 6 อัตราส่วนของอนินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (DIN : DIP Ratio)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และยูโทรฟิเคชัน

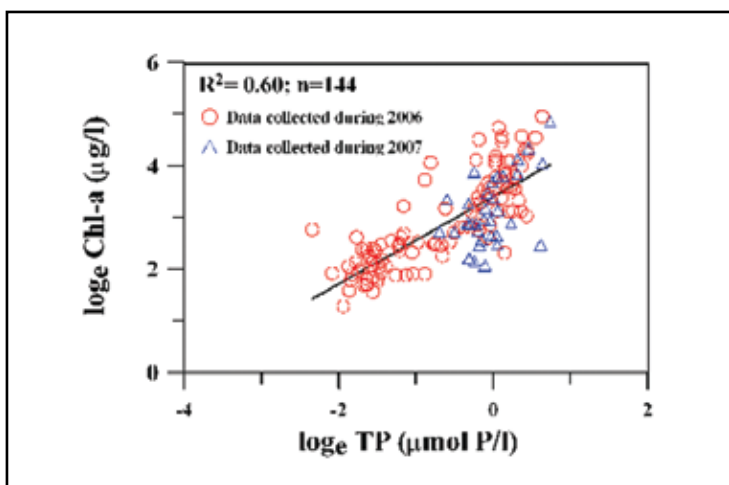
การเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่และตามฤดูกาลของคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงปริมาณและจำนวนของแพลงก์ตอนพืช มีลักษณะที่สอดคล้องกับธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

สารฟอสฟอรัสและเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ โดยคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ในช่วง 40.8 - 57.4 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย = 51.0 ไมโครกรัมต่อลิตร) ในช่วงฤดูแล้ง และมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 13.0 - 29.1 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย = 22.5 ไมโครกรัมต่อลิตร) ในช่วงฤดูฝน (ภาพที่ 7)

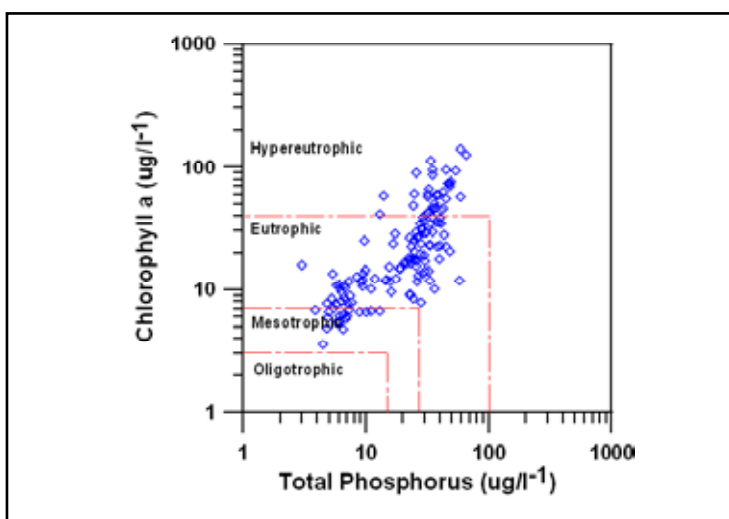
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมระหว่างปี พ.ศ. 2549 - 2550 พบว่า ธาตุฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมผลผลิตขั้นปฐมภูมิ เนื่องจาก ร้อยละ 60.0 ความแปรปรวนของคลอโรฟิลล์ เอ สามารถอธิบายได้ด้วยความแปรปรวนของธาตุฟอสฟอรัสรวม ($r^2 = 0.60$, $n = 144$) (ภาพที่ 8: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ N : P Ratio ข้างต้น สภาพนิเวศในทะเลน้อย จัดอยู่ในสภาวะยูโทรฟิเคชั่นในแง่ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ปริมาณของคลอโรฟิลล์ เอ ถึง ร้อยละ 90.0 ในปี พ.ศ.2550 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่บ่งชี้ถึงการเกิดยูโทรฟิเคชั่น (10 ไมโครกรัมต่อลิตร) Forsberg and Ryding (1980) ได้เสนอแนะให้ใช้ทั้งความเข้มข้นของสารฟอสฟอรัสรวมและคลอโรฟิลล์ เอ ในการจัดแบ่งสถานะของระบบนิเวศออกเป็น Oligotrophic, Mesotrophic, Eutrophic และ Hypertrophic เมื่อใช้ค่า Threshold ที่กำหนดโดย Forsberg and Ryding (1980) กับข้อมูลของทะเลน้อยแล้วพบว่า สถานะของทะเลน้อยในแง่ของความเข้มข้นสารฟอสฟอรัสรวมและคลอโรฟิลล์ เอ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับยูโทรฟิเคชั่น อย่างไรก็ตาม ทะเลน้อยในบางช่วงเวลา มีสถานะเป็น Hypertrophic ซึ่งมีค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่า 40.0 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยสรุปแล้ว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในทะเลน้อย สอดคล้องกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงในปัจจุบันของทะเลสาบสงขลาที่สภาวะยูโทรฟิเคชั่น มีแนวโน้มความถี่ของการเกิดและความรุนแรงเพิ่มขึ้น และครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณทะเลหลวง (นิคม ละอองศิริวงศ์ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, 2546)



ภาพที่ 7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทะเลน้อย พ.ศ. 2550



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างลอการิทึมธรรมชาติของคลอโรฟิลล์ เอ และลอการิทึมธรรมชาติของสารฟอสฟอรัสรวม (TP)

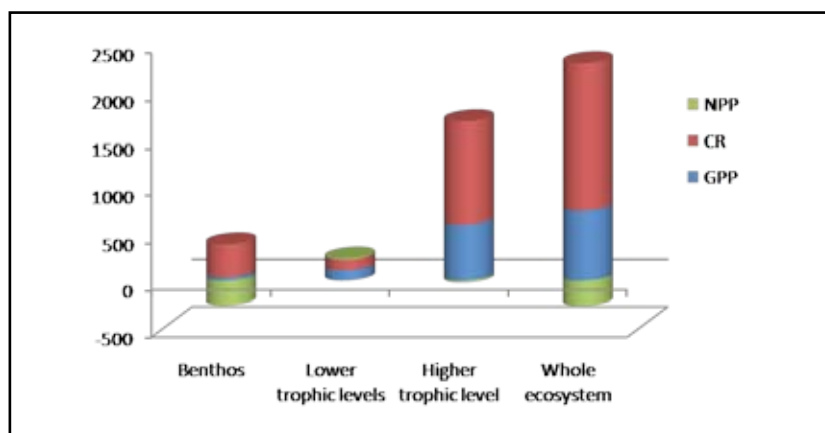


ภาพที่ 9 Trophic Diagram ที่นิยามโดยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมและคลอโรฟิลล์ เอ ในทะเลน้อย ขอบเขตของ Trophic Status ถูกกำหนดโดย Forsberg and Ryding (1980)

อัตราเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ

ภาพที่ 10 แสดงอัตราเมตาบอลิซึมเฉลี่ยของสิ่งมีชีวิต 4 ระดับในห่วงโซ่อาหาร คือ Benthos, Lower trophic level, Higher trophic level และ Whole ecosystem ซึ่งถูกแบ่งจากผลการตรวจวัดเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ ด้วยเทคนิค Open Water Oxygen Diurnal Method อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจในชั้นน้ำและพื้นที่องน้ำ ด้วยเทคนิค Dark-light Oxygen

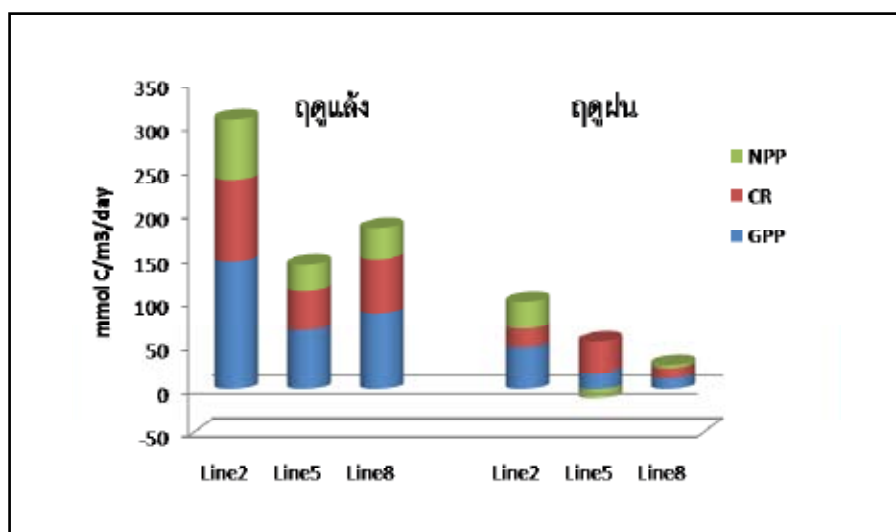
Bottle/ Benthic Chamber ที่ตรวจวัดในบริเวณตอนบน ตอนกลางและตอนล่างของทะเลน้อย ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม พ.ศ.2550 ผลการวิเคราะห์ พบว่า เมตาบอลิซึมสุทธิของระบบนิเวศ (Net Ecosystem Metabolism) มีค่าต่ำกว่าศูนย์ ส่งผลให้ความสมดุลระหว่างกระบวนการสร้างและทำลายสารอินทรีย์ ในรูปอัตราส่วนระหว่างผลผลิตต่อการหายใจของระบบนิเวศทั้งระบบ (Whole Ecosystem GP/R หรือ P/R) มีค่า 0.470 แสดงให้เห็นว่า ทะเลน้อย เป็นระบบนิเวศแบบ Heterotrophic ที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยกระบวนการหายใจของสังคมสิ่งมีชีวิต สูงกว่าการสังเคราะห์สารอินทรีย์ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงประมาณสองเท่า โดยสารประกอบอินทรีย์จากแหล่งภายนอกระบบนิเวศ (Allochthonous Source) เป็นแหล่งพลังงานหลักของระบบนิเวศ เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของเมตาบอลิซึมที่เกิดจากแต่ละส่วนของห่วงโซ่อาหาร พบว่าสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในชั้นสูงของห่วงโซ่อาหาร เช่น พืชน้ำและปลา เป็นองค์ประกอบหลักของเมตาบอลิซึมทั้งหมดของระบบนิเวศทะเลน้อย (โดยเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 69.0) ในขณะที่ เมตาบอลิซึมที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตหน้าดิน แพลงก์ตอน และแบคทีเรีย มีสัดส่วนที่น้อยกว่าประมาณสองเท่า (ร้อยละ 31.0) (ภาพที่ 10) ผลการศึกษานี้ อาจแสดงให้เห็นถึงหน้าที่การทำงานของระบบนิเวศ ในด้านการสร้างและส่งต่อพลังงานและสารอาหาร (Ecosystem Trophic State) ของทะเลน้อย มีลักษณะเป็นระบบนิเวศที่มีพืชน้ำเป็นผู้ผลิตหลัก โดยพลังงานและสารอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นส่วนใหญ่จะถูกเก็บสะสมในเนื้อเยื่อของพืชน้ำ ส่วนผลผลิตที่เกิดจากแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นสารอินทรีย์และพลังงานพื้นฐานที่ปกติมีการถ่ายทอดตามขั้นบันไดของห่วงโซ่อาหารมีสัดส่วนที่น้อย จากการวิเคราะห์ เมตาบอลิซึมของระบบนิเวศทะเลน้อย อาจสรุปได้ว่า กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์จากแหล่งภายนอก เป็นกระบวนการที่โดดเด่นของระบบนิเวศทะเลน้อยในภาพรวม ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความเสื่อมโทรมและการถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ ทำระบบนิเวศให้มีการใช้ออกซิเจนในอัตราที่สูงกว่าปกติ



ภาพที่ 10 แสดงสัดส่วนเมตาบอลิซึมของแต่ละระดับในห่วงโซ่อาหาร
ของระบบนิเวศทะเลน้อย พ.ศ. 2550

อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำและพื้นท้องน้ำ

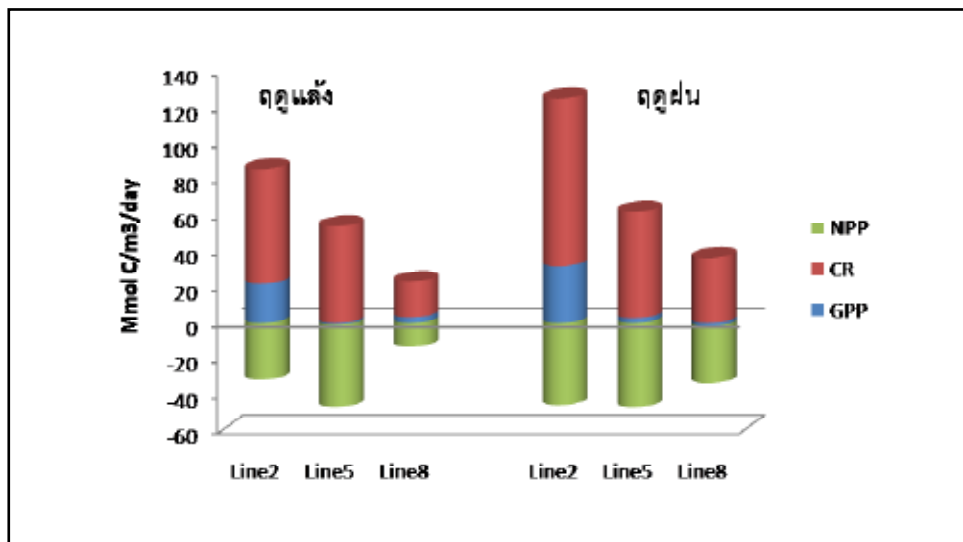
อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำ ซึ่งเฉลี่ยจากการตรวจวัดบริเวณตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างของทะเลน้อย มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงทั้งในเชิงพื้นที่และเวลาอย่างชัดเจน (ภาพที่ 11) รูปแบบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ค่อนข้างสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตชั้นปฐมภูมิ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิ ความเข้มของแสง ระดับน้ำและธาตุอาหารพืช ตลอดจนชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอน โดยในช่วงฤดูแล้งอัตราการสังเคราะห์แสงอยู่ในช่วง $67.7-146 \text{ mmol C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ย $100 \text{ mmol C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$) ในขณะที่อัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต (CR) มีค่าอยู่ในช่วง $45.0-91.8 \text{ mmol C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ย $66.5 \text{ mmol C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$) ทำให้ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ มีค่ามากกว่า 0 และอัตรา P/R มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 1 บ่งชี้ถึงระบบนิเวศขั้นปฐมภูมิในชั้นน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อยในช่วงฤดูแล้ง มีสถานะเป็น Autotrophic โดยสารประกอบอินทรีย์ที่ผลิตภายในระบบ (Autochthonous Source) ด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นแหล่งพลังงานส่วนหนึ่งของระบบนิเวศ



ภาพที่ 11 อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำในทะเลน้อยที่ตรวจวัด ใน พ.ศ.2550

การสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของระบบนิเวศขั้นปฐมภูมิในช่วงฤดูฝน มีอัตราที่ลดลง (ภาพที่ 11) อาจเนื่องจากระดับน้ำที่สูงขึ้นประกอบกับน้ำมีความขุ่นมาก ทำให้การส่องผ่านของแสงได้น้อย โดยพบว่า GPP มีค่าอยู่ในช่วง $12.8 - 48.2 \text{ mmol C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ย $26.7 \text{ mmol C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$) CR มีค่าอยู่ในช่วง $11.5 - 15.1 \text{ mmol C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ (ค่าเฉลี่ย $22.7 \text{ mmol C m}^{-3} \text{ day}^{-1}$) โดยเฉพาะในตอนกลางของทะเลน้อยมีอัตราการหายใจสูงกว่าอัตราการสังเคราะห์แสง ทำให้

อัตราผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว ระบบนิเวศของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำของทะเลน้อย ยังมีสถานะเป็น Autotrophic ทั้งสองช่วงฤดูกาล สำหรับบริเวณพื้นที่ท้องน้ำ (ภาพที่ 12) ผลการศึกษา พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิต ที่ทำการตรวจวัดบริเวณตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างของทะเลน้อย มีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ มีอัตราการย่อยสลายอินทรีย์ด้วยกระบวนการหายใจสูงกว่าอัตราการสังเคราะห์แสงอย่างชัดเจนทั้ง 2 ฤดูกาล เป็นเพราะว่าบริเวณพื้นที่ท้องน้ำ มีการสะสมของสารอินทรีย์ทั้งในระบบและนอกระบบ ประกอบกับความเข้มของแสงที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงส่องถึงบริเวณพื้นที่ท้องน้ำได้น้อย ทำให้ประชาคมสิ่งมีชีวิตใช้สารอินทรีย์ที่สะสมบริเวณพื้นที่ท้องน้ำ เป็นแหล่งพลังงานหลัก จากการสังเกต ยังพบว่า อัตราการหายใจทั้ง 3 บริเวณในทะเลน้อยมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่และเวลาอย่างชัดเจน โดยรวมแล้วในบริเวณทะเลน้อย มีอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตบริเวณพื้นที่ท้องน้ำมีค่าสูงกว่าอัตราการหายใจของประชาคมสิ่งมีชีวิตในชั้นน้ำ ซึ่งทำให้ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิมีค่าติดลบ แสดงให้เห็นถึงอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงกว่าอัตราการผลิตในบริเวณพื้นที่ท้องน้ำ



ภาพที่ 12 อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจ
ของประชาคมสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ท้องน้ำ พ.ศ. 2550

สรุปผลการศึกษา

ปัญหาความเสื่อมโทรมและการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ของระบบนิเวศทะเลน้อย มีสาเหตุหลักเกิดจากมลพิษจากแหล่งต่างๆ ที่ระบายลงสู่ทะเลน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอน ที่เกิดจากความเสื่อมโทรมของสภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณพื้นที่รับน้ำโดยรอบ เช่น พรุควนเครื่องและป่าพะยอม อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมและกิจกรรมอื่น ๆ ของประชาชน มลพิษที่ระบายลงสู่ทะเลน้อย

นั้น มีการสะสมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีต จนดูเหมือนว่าเกินศักยภาพการรองรับของระบบในปัจจุบัน นอกจากนี้ มลพิษจากชุมชนโดยรอบทะเลน้อยยังเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งของมลพิษในทะเลน้อย ซึ่งการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เพื่อรองรับการขยายตัวของชุมชนและการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ทะเลน้อย จะส่งผลให้ปริมาณมลพิษระบายลงสู่ทะเลน้อยเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในอนาคตอันใกล้ นอกจากปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพสิ่งแวดล้อมแล้ว ระบบนิเวศทะเลน้อย ยังประสบปัญหาสภาวะยูโทรฟิเคชัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาเชิงระบบ ที่เกิดจากตอบสนองทางกระบวนการชีวธรณีเคมีต่อการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารพืช ในกรณีของทะเลน้อย ผลการศึกษา พบว่า ธาตุฟอสฟอรัส เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อพลวัต ความถี่ของการเกิด และความรุนแรงของกระบวนการยูโทรฟิเคชัน ซึ่งแหล่งกำเนิดที่สำคัญของฟอสฟอรัส คือ น้ำเสียจากชุมชนโดยรอบและตะกอนบริเวณพื้นที่ท้องน้ำ แหล่งกำเนิดทั้งสองส่วนนี้ ช่วยรักษาระดับสภาวะยูโทรฟิเคชันในทะเลน้อย ให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ปัญหาทั้งสองด้านที่ทะเลน้อยกำลังประสบ มีการเชื่อมโยงและปฏิสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ผ่านทางกระบวนการชีวธรณีเคมีระหว่างองค์ประกอบที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ซึ่งจะส่งผลกระทบที่สลับซับซ้อนต่อสมดุลและกระบวนการเมตาบอลิซึมของระบบนิเวศ และส่งเสริมให้สถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน มีแนวโน้มที่ทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัวในอนาคตอันใกล้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งจะเป็นปัจจัยกำหนดที่ทำให้ลักษณะทางอุทกวิทยาในบริเวณพื้นที่รับน้ำ มีความแปรปรวนเพิ่มขึ้น โดยจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณสารมลพิษที่ระบายลงสู่ทะเลน้อย รวมทั้งสมดุลของกระบวนการชีวธรณีเคมี และความเสถียรของระบบต่อปัจจัยคุกคามภายนอก

การฟื้นฟูความเสื่อมโทรม และแก้ไขปัญหาสภาวะยูโทรฟิเคชันในระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย นับเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องอาศัยความร่วมมือทุกภาคส่วน แนวทางการแก้ไข คือ ต้องพิจารณาถึงความเชื่อมโยงและปฏิสัมพันธ์ระหว่างทะเลน้อยและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ในลักษณะภาพรวมของทั้งลุ่มน้ำ แนวทางที่ควรดำเนินการเร่งด่วน คือ การลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ทราบตำแหน่งแน่นอนควบคู่กับมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอน ทั้งนี้ การลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่นอน จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการฟื้นฟูความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่าและดินบริเวณต้นน้ำและพหุคูณครั้ง เนื่องจากสภาวะยูโทรฟิเคชัน เป็นปัญหาที่ซับซ้อนและสะสมเป็นเวลานาน การแก้ไขปัญหาดังกล่าว ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องในเชิงบูรณาการที่นำมาตรการหลาย ๆ ด้านมาใช้ ซึ่งอาจใช้ระยะเวลานานหลายปี ถึงแม้ว่า มลพิษจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ที่ระบายลงสู่ทะเลน้อย ถูกลดปริมาณลงอย่างมาก สภาวะยูโทรฟิเคชัน อาจเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องอีกหลายปี ทั้งนี้ เนื่องจากธาตุอาหารพืชจากตะกอนดินพื้นที่ท้องน้ำ ยังเป็นแหล่งพลังงานสำรองที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ ดังนั้น นอกจากการควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษจากพื้นดินแล้ว อาจจะต้องลดการรบกวนทะเลน้อยจากกิจกรรมต่าง ๆ ของประชาชน เพื่อให้ระบบมีการฟื้นตัวและปรับตัวเองได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม การจัดการในพื้นที่ทะเลน้อย จะไม่เกิดผลเป็นรูปธรรมและมีประสิทธิภาพ หากขาดการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล หน่วยวิจัยชีวธรณีเคมี และการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม (BENCH) คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม รศ.ดร.พรศิลป์ ผลพันธิน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ผศ.ดร.สุพัตรา เดวิสัน ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ผศ.ดร.อัศวินทิพย์ กาญจนโอภาส ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- คณะทำงานแก้ไขปัญหาน้ำเสียในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. 2547. **แนวทางการจัดการน้ำเสียในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา**. กรมควบคุมมลพิษ และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16.
- ไทยเอนยิเนียร์ คอนซัลแตนท์ จำกัด. บริษัท. 2542. **โครงการศึกษาการอนุรักษ์และคุ้มครองพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญ**. เอกสารวิจัย เสนอต่อเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง.
- นิคม ละอองศิริวงศ์ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2546. **สภาวะยูโทรฟิเคชั่นในทะเลสาบสงขลา**. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา กรมประมง.
- นิธิ ฤทธิ์พรพันธุ์, บรรจง นะแส และ ถาวร ศิริพันธุ์. 2525. **ลักษณะบางประการของชุมชนทะเลน้อย สงขลา**. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บริษัทเทสโก้ จำกัด. 2549. **การศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น โครงการพัฒนาทะเลน้อยให้เป็นศูนย์เรียนรู้ธรรมชาติวิทยา**. เอกสารวิจัย เสนอต่อกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม 2551. **รายงานฉบับสมบูรณ์ พลวัตของธาตุคาร์บอน/สารอาหารพืชและกระบวนการยูโทรฟิเคชั่นในทะเลน้อย**. เอกสารวิจัย เสนอต่อกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.
- สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2542. **โครงการศึกษาการอนุรักษ์และคุ้มครองพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง เล่ม 2**. เอกสารวิจัยเสนอต่อ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2543. **ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ชุ่มน้ำทะเลน้อย**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท อินทิเกรตเต็ดโปรโมชัน เทคโนโลยี จำกัด.
- Carignan, R. C., Blais, A-M. and Vis, C. 1998. Measurement of primary production and community respiration in Oligotrophic Lakes using the Winkler Method. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 55:1078-1084.

- Clesceri, L. S., Greenberg, A.E. and Eaton, A.D. 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th edition, American Public Health Association.
- Downing, J. A. and McCauley, E. 1992. The nitrogen: Phosphorus relationship in lakes. **Limnology Oceanography**. 37: 936-945.
- Forsberg C. and Ryding S. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste receiving lakes. **Archives of Hydrobiology**. 89: 189-207.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M. and Kremling, K. 1983. **Method of seawater analysis**. Weinheim, Deerfield Beach, Florida. 419 page.
- Hashimoto, S., Horimoto, N., Yamaguchi, Y, Ishimaru, T. and Saino, T. 2005. Relationship between net and gross primary production in the Sagami Bay, Japan. **Limnology Oceanography**, 50: 1830-1835.
- Karl, D., Letelier, R., Tupas, L., Dore, J., Christian, J., Hebel, D., 1997. The role of nitrogen fixation in biogeochemical cycling in the subtropical North Pacific Ocean. **Nature**. 388: 533-538.
- Redfield, A. C., Ketchum, B. H., Richards, F. A., 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water. In M. N. Hill (Ed.) **the Sea**, vol. 2. New York: Wiley-Interscience.
- Russell, M. J. and Montagna, P. A. 2004. **Verification of bay productivity measurement by remote sensors**. Technical report number TR/04-01, The University of Texas Marine Science Institute.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. **Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada**. No. 167. Ottawa, Canada.
- Vallino, J. J., Hopskinson, C. S. and Garritt, R. H. 2005. Estimating estuarine gross production, community respiration and net ecosystem production: A nonlinear inverse technique. **Ecological Modeling**. 187: 281-296.
- Viollier, E., Rabouille, C., Apitz, S. E., Breuer, E., Chaillou, G., Dedieu, K., ... 2003. Benthic biogeochemistry: State of the art technologies and guidelines for the future of in situ survey. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 285-286: 5-31.
- Wetzel, R. G. 2001. **Limnology: Lake and river ecosystems**, 3rd Edition., California: Elsevier Academic Press.
- Young, R. G., Matthaei, C. D. and Townsend, C. R. 2006. **Functional indicators of river ecosystem health**. Final project report prepared for Ministry for Environment. Cowthron Report No. 1174. 38 pp.