บทที่ 4

วิจารณ์ผล

1. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบสงขลา

คลอโรฟิลล์เอพบมากในพื้นที่ทะเลหลวงตลอดทั้งปี และมีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงปี 2535 - 2546 สูงถึง 36 มคก./ล. มากกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกประมาณ 3 เท่า คาดว่าเกิดจากอิทธิพลของธาตุอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าโดยเฉพาะฟอสฟอรัส (ตาราง 3 - 11) นอกจากนี้อาจเป็นเพราะว่าทะเลหลวงได้รับกระแสน้ำขึ้นน้ำลงจากอ่าวไทยน้อยกว่าทะเลสาบส่วนอื่นๆ เห็นได้จากความแตกต่างของน้ำขึ้นน้ำลง (tidal range) มีค่าเพียง 0.02 - 0.05 ม. ต่ำกว่าทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอกที่มีค่าเท่ากับ 0.20 และ 0.50 ม. ตามลำดับ (Emsong project, 1998) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Monbet (1992) อ้างตาม Nedwell *et al.* (2002) ซึ่งพบว่า ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์เอเป็นฟังก์ชันกับความแตกต่างของน้ำขึ้นน้ำลง เนื่องจากกระแสน้ำลงจะพัดพาเอาแพลงก์ตอนพืชและธาตุอาหารออกไป ขณะที่น้ำทะเลที่ไหลเข้าสู่ทะเลสาบในช่วงน้ำขึ้นจะเจือจางธาตุอาหารและแพลงก์ตอนพืชทำให้มีความเข้มข้นลดลง นอกจากนั้นการที่ทะเลหลวงได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลน้อยกว่าทะเลสาบส่วนอื่นๆ ยังมีผลต่อความเค็มของน้ำอีกด้วย ซึ่งพบว่าตลอดช่วงปี 2535 - 2546 ความเค็มของน้ำในทะเลหลวงผันแปรอยู่ในช่วงแคบๆ โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 8 พีเอสยู ซึ่งเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำจืด (Jackson *et al.*, 1987) การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในทะเลหลวงจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี

ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอในทะเลหลวงมีค่าสูงสุดในฤดูฝนน้อยซึ่งเป็นฤดูที่มีธาตุอาหารจากแผ่นดินเข้ามาน้อยเนื่องจากมีปริมาณฝนน้อย การเพิ่มสูงขึ้นของคลอโรฟิลล์เอดังกล่าวอาจจะเกิดจากอิทธิพลของธาตุอาหารจากภายในทะเลหลวงเองทั้งจากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในของแร่ธาตุอาหารใหม่อีกครั้ง หรือจากการปลดปล่อยของตะกอน โดยเฉพาะตะกอนน่าจะเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสสำหรับแพลงก์ตอนพืชในทะเลหลวงช่วงฤดูฝนน้อย เห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำในตะกอนที่มีทิศทางตรงกันข้ามกัน (ตาราง 3 - 19) ขณะที่ความเข้มข้นของ

คลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีค่าสูงสุดในฤดูฝนชุก ซึ่งการเพิ่มสูงขึ้นของคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบตอนนอกนั้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Angsupanich and Aruga (1994) ซึ่งคณะผู้วิจัยดังกล่าวได้ให้เหตุผลว่าเป็นเพราะความเค็มของน้ำลดลง ทำให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชน้ำจืดที่ถูกพัดพามาจากทะเลหลวง สำหรับการเพิ่มสูงขึ้นของคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบตอนกลางอาจเป็นเพราะความเค็มของน้ำที่ลดลงเช่นเดียวกับทะเลสาบตอนนอก

ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบสงขลาตลอดช่วงการศึกษาเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของเพราพรรณ แสงสกุล (2527) และ Yamaguichi *et al.* (1994)คาดว่าเป็นผลกระทบของการเพิ่มสูงขึ้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อีกทั้งยังมีความเข้มข้นสูงกว่าน้ำทะเลชายฝั่งตั้งแต่จังหวัดสงขลาถึงจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีค่าเฉลี่ย 4.7 - 6.3 มคก./ล. (พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ, 2536) สูงกว่าบริเวณปากคลองแพรกใหญ่ บ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามที่มีค่าอยู่ในช่วง 4.7 - 37.7 มคก./ล. (บัณฑิต สิขัณฑกสมิตร และคณะ, 2544) และสูงกว่าแหล่งน้ำยูโทรฟิกอื่นๆ ที่เคยมีรายงานไว้ (Pennock, 1985; Mallin *et al.*, 1991; Ansotegu *et al.*, 2001) ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าทะเลสาบสงขลามีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอุดมสมบูรณ์กว่า

2. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน

ไนโตรเจนในทะเลสาบสงขลากว่า 50% เป็นไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะว่าทะเลสาบสงขลามีแพลงก์ตอนพืชชุกชุม โดยมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอเฉลี่ยมากกว่า 10 มคก./ล. เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mortazavi *et al.* (2001) ซึ่งพบว่า แพลงก์ตอนพืชเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในเอสทูรีเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบหลักของไนโตรเจนที่ได้มาจากแพลงก์ตอนพืช (Bode *et al.*, 2001) นอกจากนั้นไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลายังได้มาจากน้ำเสียชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เห็นได้จากสถานีปากคลองอู่ตะเภา(ST10) มีความเข้มข้นสูงกว่าสถานีอื่นๆ มาก (ภาพประกอบ 3 - 6)

ไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคมีสัดส่วนรองลงมาจากไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ โดยทะเลหลวงมีสัดส่วนสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกเกือบ 2 เท่า และมีสัดส่วนของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่ำสุด เป็นเพราะว่าทะเลหลวงมีแพลงก์ตอนพืชชุกชุม ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำส่วนใหญ่จึงสะสมในตัวแพลงก์ตอนพืชกลายเป็นไนโตรเจนอินทรีย์

ในอนุภาค สอดคล้องกับ Costa *et al.* (1992) ที่กล่าวว่า สัดส่วนของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคในแหล่งน้ำที่มีแพลงก์ตอนพืชชุกชุมแปรผกผันกับไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ

สัดส่วนของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับแหล่งน้ำชายฝั่งเอสทูรี และทะเลเปิดซึ่งมีค่าเฉลี่ย 54 - 64% (Nixon and Pilson, 1983 อ้างตาม Bode *et al.*, 2001) สำหรับสัดส่วนของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค พบว่า ทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีค่าใกล้เคียงกับอ่าวคุ้งกระเบนซึ่งมีค่าเฉลี่ย 21.2% แต่มีค่าสูงกว่าน้ำทะเลจากอ่าวไทยที่ไหลเข้าสู่อ่าวคุ้งกระเบนที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 9.1% (พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ, 2543) ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีแพลงก์ตอนพืชชุกชุมกว่าทะเลชายฝั่ง

แม้ว่าทะเลสาบตอนนอกจะมีความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรท แอมโมเนียรวม และไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำสูงสุด แต่มีค่าสูงเฉพาะที่สถานีปากคลองคลองอู่ตะเภา (ST10) และสถานีปากคลองพะวง (ST12) เท่านั้น ขณะที่สถานีอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกับสถานีในทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลาง สถานีปากคลองอู่ตะเภามีความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรท แอมโมเนียรวม และไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำสูงกว่าสถานีในพื้นที่เดียวกันเกือบ 10 เท่า เนื่องจากคลองอู่ตะเภาเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเกิดขึ้นกว่าวันละ 100,000 ลบ.ม. หรือประมาณ 65% ของน้ำเสียที่เกิดขึ้นบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทั้งหมด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12, 2545) ส่วนคลองพะวงรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานในเขตนี้มีไนไตรท์ แอมโมเนีย และไนเตรทสูงเฉลี่ย 41.6, 203 และ 10.3 มก./ล. ตามลำดับ (นุกูล อินทระสังขา และคณะ, 2546)

ความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรทในทะเลหลวงต่ำกว่าทะเลสาบตอนกลางประมาณ 2 เท่า (ตาราง 3 - 2) ขณะที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมมีค่าใกล้เคียงกัน (ตาราง 3 - 3) จากการศึกษาของ Boyer *et al.* (1997) พบว่า แหล่งน้ำที่มีแอมโมเนียสูงแต่มีไนเตรทต่ำเป็นเพราะว่าวัฏจักรของไนโตรเจนเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีแอมโมเนียที่ได้จากการย่อยสลายซากแพลงก์ตอนเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในของแร่ธาตุอาหารใหม่อีกครั้งเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้อาจเป็นเพราะว่าทะเลหลวงมีแพลงก์ตอนพืชชุกชุมกว่า จากการศึกษาของ Shen (2001) พบว่า แหล่งน้ำที่มีแพลงก์ตอนพืชชุกชุมแอมโมเนียส่วนใหญ่จะถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้จึงมีเพียงส่วนน้อยที่จะถูกออกซิไดส์ไปเป็นไนไตรท์+ไนเตรท หรือไนไตรท์+ไนเตรทในทะเลหลวงบางส่วนอาจถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ในกรณีที่มีแอมโมเนียไม่พอ โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 0.018 มก./ล. ซึ่ง Jordan *et al.* (1991) กล่าวว่า แพลงก์ตอนพืชชอบใช้แอมโมเนียมากกว่าไนเตรทเมื่อมีความเข้มข้นมากกว่า 0.021 มก./ล.

ทะเลหลวงมีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอก ไนโตรเจนรวมเป็นผลรวมของไนโตรเจนทุกรูปทั้งไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ (ไนไตรท์+ไนเตรท แอมโมเนียรวม) ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ และไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค ดังนั้นไนโตรเจนรวมจึงชี้ถึงปริมาณไนโตรเจนที่ลงสู่แหล่งน้ำได้ดีกว่าไนโตรเจนรูปอื่นๆ (Costa *et al.*, 1992) ชี้ให้เห็นว่า ทะเลหลวงอาจได้รับไนโตรเจนโดยเฉพาะในรูปอนินทรีย์สารมากกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอก แต่เนื่องจากทะเลหลวงมีแพลงก์ตอนพืชชุกชุมกว่าทะเลสาบสงขลาส่วนอื่นๆ ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำจึงถูกใช้ไปอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคที่มีค่าสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกประมาณ 3 เท่า นอกจากนี้เป็นเพราะว่าไนโตรเจนในทะเลหลวงถูกชะออกไปได้น้อยเมื่อเทียบกับทะเลสาบตอนกลางหรือทะเลสาบตอนนอก เนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงจากอ่าวไทยน้อยกว่า ซึ่งอัตราการชะล้างที่สูงจะช่วยลดการสะสมของไนโตรเจนในแหล่งน้ำได้ (พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ, 2543)

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในทะเลสาบสงขลาขึ้นอยู่กับพื้นที่มากกว่าฤดูกาล ไนไตรท์+ไนเตรท แอมโมเนียรวม และไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำพบมีค่าสูงในพื้นที่ทะเลสาบตอนนอก เฉลี่ย 0.139, 0.133 และ 0.273 มก./ล. ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ทะเลสาบตอนนอกมีประชากรและโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หนาแน่น ขณะที่ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค และไนโตรเจนรวมพบสูงสุดในทะเลหลวง เฉลี่ย 0.36, 0.27 และ 0.70 มก./ล. ตามลำดับ เป็นเพราะว่าทะเลหลวงมีแพลงก์ตอนพืชชุกชุมกว่าทะเลสาบสงขลาส่วนอื่นๆ

ทะเลสาบสงขลามีความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยที่มีค่าเฉลี่ย 0.01 - 0.02 มก./ล. (ภาสกร ถมพลกรัง และคณะ, 2542; พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ, 2543; นิคม ละอองศิริวงศ์ และคณะ, 2544) ขณะที่ไนไตรท์+ไนเตรทและไนโตรเจนรวมมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาสกร ถมพลกรัง และคณะ, 2542; นิคม ละอองศิริวงศ์ และคณะ, 2544) ยกเว้นพื้นที่ทะเลหลวงและทะเลสาบตอนนอกที่ปากคลองอู่ตะเภาที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยเกือบ 2 เท่า ชี้ให้เห็นว่าทะเลสาบสงขลาง่ายต่อการเกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชเนื่องจากมีไนโตรเจนไม่จำกัด

ความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรทในทะเลสาบสงขลาเพิ่มขึ้น 2 - 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นในปี 2526 - 2527 (ไภษัชย์ แซ่จู และเพราพรรณ แสงสกุล, 2527) ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมบริเวณทะเลสาบตอนนอกมีค่าสูงกว่าการศึกษาของสุภาพร รักเขียว (2537) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.57 มก./ล. แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนในทะเล

สาบสงขลามีแนวโน้มสูงขึ้น คาดว่าเป็นผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและโรงงานอุตสาหกรรมในแถบนี้ ตลอดจนถึงกิจกรรมอื่นๆ เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

3. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในอนุภาคเป็นองค์ประกอบหลักของฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลา โดยมีสัดส่วนกว่า 50% ของฟอสฟอรัสรวม ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวใกล้เคียงกับคลองดูหยง คลองปากระวะ-ท่าเข็น รวมถึงน้ำทะเลชายฝั่งในเขตอำเภอระโนดและอำเภอสทิงพระ (นิคม ละอองศิริวงศ์, และคณะ, 2544) โดยทะเลหลวงมีสัดส่วนของฟอสฟอรัสในอนุภาคสูงสุด ขณะเดียวกันก็มีสัดส่วนของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำต่ำสุด ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าทะเลหลวงมีแพลงก์ตอนพืชชุกชุมกว่าพื้นที่อื่นๆ

โดยทั่วไปทะเลสาบสงขลามีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำค่อนข้างต่ำ (เฉลี่ย 0.005 มก./ล.) แต่สถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) และสถานีปากคลองพะวง (ST12) มีค่าสูงกว่าสถานีอื่นๆ ประมาณ 10 เท่า (ภาพประกอบ 3 - 10) เนื่องจากคลองอู่ตะเภารับน้ำเสียทั้งจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนคลองพะวงรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานในเขตนี้มีฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำสูง เฉลี่ย 42.4 มก./ล. (นุกูล อินทระสังขา และคณะ, 2546)

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคและฟอสฟอรัสรวมในทะเลหลวงในฤดูฝนน้อยมีค่าสูงกว่าฤดูฝนชุกและฤดูแล้งค่อนข้างมาก ขณะที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 ฤดู แสดงให้เห็นว่า ทะเลหลวงได้รับฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำเป็นจำนวนมากเช่นเดียวกับไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ แต่เนื่องจากถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้จึงมีความเข้มข้นต่ำ แต่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคและฟอสฟอรัสรวมกลับเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Matsuda *et al.* (1975) พบว่า การเพิ่มสูงขึ้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคบริเวณตอนเหนือของเขตบินโกะนาดะ (Bingo - nada) ในทะเลเซโตะ (Seto sea) เป็นผลเนื่องจากการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอก (ยกเว้นสถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) และสถานีปากคลองพะวง (ST12)) ทุกรูปและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำและฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลหลวงมีค่าใกล้เคียงกับน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณจังหวัดสงขลา (นิคม ละอองศิริวงศ์ และคณะ, 2544) ขณะที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสใน

อนุภาคในทะเลหลวงมีค่าสูงกว่าน้ำทะเลชายฝั่ง อาจชี้ให้เห็นว่าฟอสฟอรัสในทะเลหลวงถูกแพลงก์ตอนพืชรับเอาไว้มากกว่าน้ำทะเลชายฝั่ง

ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบตอนนอกตลอดการศึกษามีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของสุภาพร รักเขียว (2537) ที่มีค่าเฉลี่ย 0.022 มก./ล. ขณะที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก จากการศึกษาของสุภาพร รักเขียว (2537) พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.06 มก./ล. แต่ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเฉลี่ย 0.086 มก./ล. ชี้ให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสในทะเลสาบตอนนอกมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งคาดว่าเป็นผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมอื่นๆ เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

4. การเปลี่ยนแปลงและการแพร่กระจายของสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส

สัดส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ(ในรูปอะตอม) ในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่มีค่าเฉลี่ย 55 : 1 - 71 : 1 ซึ่งสูงกว่าสัดส่วนของเรดฟิลล์ (16 : 1) แสดงให้เห็นว่า ทะเลสาบสงขลามีไนโตรเจนมากเกินความต้องการของแพลงก์ตอนพืช ส่วนหนึ่งเนื่องจากมีไนโตรเจนลงสู่ทะเลสาบสงขลาเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับฟอสฟอรัส เห็นได้จากสัดส่วนมวลของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในน้ำเหนือตะกอนที่ปากคลองอู่ตะเภามีค่ามากกว่า 7 (อวยพร วงศ์กูล, 2545)

แม้ว่าสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสบริเวณทะเลหลวงและทะเลสาบตอนนอกแต่ละฤดูมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในทะเลหลวงในฤดูฝนน้อยผันแปรมากกว่าฤดูอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากถูกแพลงก์ตอนพืชใช้ไปและมีการชดเชยเข้ามาทั้งจากตะกอน และจากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในของแร่ธาตุอาหารใหม่อีกครั้ง แต่จากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคหรือฟอสฟอรัสรวมในทะเลหลวงที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในฤดูฝนน้อย แสดงว่าการผันแปรดังกล่าวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ ขณะที่สัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในทะเลสาบตอนนอกผันแปรสูงในฤดูแล้ง น่าจะเป็นเพราะมีการระบายน้ำเสียลงสู่ทะเลสาบตอนนอกเป็นช่วงๆ ขณะเดียวกันก็ถูกเจือจางโดยน้ำทะเลจากอ่าวไทยไปด้วยเช่นกัน

5. สภาวะยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลา

ทะเลหลวงเกิดยูโทรฟิเคชันตลอดทั้งปี เนื่องจากมีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอุดมสมบูรณ์ ธาตุอาหารเหล่านี้ได้จากน้ำไหลบ่าผิวดินและจากกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในทะเลหลวงเอง ในฤดูฝนชุกน้ำไหลบ่าผิวดินนำธาตุอาหารเหล่านี้เข้าสู่ทะเลหลวง เห็นได้จากสถานีใกล้ปากคลองระโนด (ST1) มีความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำสูงกว่าฤดูแล้งและฤดูฝนน้อยอย่างเห็นได้ชัด ส่งผลให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชซึ่งวัดในรูปของคลอโรฟิลล์เอเพิ่มจำนวนมากขึ้น สอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนชุกที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตาราง 3 - 19) ขณะที่ธาตุอาหารจากกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในทะเลหลวงเอง เช่น การย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในของแร่ธาตุอาหารใหม่อีกครั้ง และการปลดปล่อยไนโตรเจนฟอสฟอรัสจากตะกอนพื้นท้องน้ำจะมีบทบาทมากในช่วงฤดูฝนน้อย เพราะไม่เพียงแต่จะช่วยให้แพลงก์ตอนพืชในทะเลหลวงได้การเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องแล้วแต่ยังกระตุ้นให้มีการเพิ่มจำนวนอีกด้วย เห็นได้จากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอที่มีค่าสูงกว่าฤดูอื่นๆ เกือบเท่าตัว ซึ่งธาตุอาหารที่ได้จากทะเลหลวงเองน่าจะเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้ทะเลหลวงมีธาตุอาหารไม่จำกัด สอดคล้องกับ Schiewer (1998) ที่กล่าวว่า การย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในของแร่ธาตุอาหารใหม่อีกครั้งทำให้ธาตุอาหารไม่จำกัดและสร้างธาตุอาหารที่มีเสถียรภาพให้กับแหล่งน้ำ ซึ่งเขายังกล่าวอีกว่า แหล่งน้ำที่มีลักษณะดังกล่าวจึงมีโอกาสเกิดยูโทรฟิเคชันขึ้นเองได้ง่าย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ทะเลหลวงเกิดยูโทรฟิเคชันได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้อาจเป็นเพราะว่าความเค็มของน้ำในทะเลหลวงผันแปรอยู่ในช่วงแคบแพลงก์ตอนพืชจึงไม่เกิดภาวะเครียดเนื่องจากแรงดันออสโมติก (osmotic stress) รวมถึงการที่ทะเลหลวงมีระยะเวลาพำนักของน้ำนานกว่าทะเลสาบสงขลาส่วนอื่นๆ จึงทำให้ธาตุอาหารและแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จึงไม่ถูกชะออกไป (สุวัจน์ ธัญรส, 2536; Josefson and Rasmussen, 2000)

ปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาทุกพื้นที่มีค่าสูงแตกต่างอย่างชัดเจนกับเมื่อไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน ขณะที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำเมื่อเกิดและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันมีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงว่า ความเข้มข้นที่สูงของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำเป็นตัวการสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดยูโทรฟิเคชันขึ้นในทะเลสาบสงขลา ส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำแม้มีปริมาณมากก็ไม่กระตุ้นให้เกิดยูโทรฟิเคชัน จึงกล่าวได้ว่า ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่ควบคุมมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา เมื่อมีการเติมฟอสฟอรัสให้กับทะเลสาบสงขลาจึงเป็นเหตุให้แพลงก์ตอนพืชเพิ่มมากขึ้นจนอาจก่อให้เกิดยูโทรฟิเคชัน ลักษณะดังกล่าวพบได้ในเอสทูรีของแม่น้ำแบล็ควูด(Blackwood)

ในประเทศออสเตรเลียเช่นกัน โดยเมื่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุอาหารจำกัดเพิ่มสูงขึ้นเป็นเหตุให้แพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้นจนทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน (Congdon and McComb, 1980)

ผลจากการเกิดยูโทรฟิเคชันทำให้ค่าพีเอชและออกซิเจนละลายเพิ่มสูงขึ้น ความโปร่งใสของน้ำลดต่ำลง ขณะเดียวกันไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก็จะถูกดูดมาเก็บไว้ในแพลงก์ตอนพืช ดังนั้นเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค ฟอสฟอรัสในอนุภาค ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมในมวลน้ำจึงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งทะเลหลวงเกิดยูโทรฟิเคชันรุนแรงกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอก เห็นได้จากความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันมีค่าสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกเกือบ 2 เท่า ในช่วงกลางวันออกซิเจนละลายและพีเอชในทะเลหลวงจึงมีค่าสูงมาก เฉลี่ย 102% (จุดอิ่มตัว) และ 8.0 ตามลำดับ ขณะที่เมื่อไม่เกิดยูโทรฟิเคชันออกซิเจนละลายและพีเอชมีค่าเฉลี่ยเพียง 86% และ 7.4 ตามลำดับ

การใช้ค่าคลอโรฟิลล์เอบ่งชี้ถึงยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำตื้นในกรณีที่มีสาหร่ายขนาดใหญ่ เช่น *Cladophora* sp. และ *Enteromorphoma* sp. หรือพืชน้ำ เช่น *Najas* sp. เจริญเติบโตอยู่ด้วยอย่างกรณีของทะเลสาบตอนกลางอาจไม่ถูกต้องมากนัก เพราะสาหร่ายขนาดใหญ่และพืชน้ำเหล่านี้ก็สามารถใช้ประโยชน์จากความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ Elliott and de Jonge (2002) ได้ใช้การเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของพืชน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ดังกล่าวบ่งชี้ถึงการเกิดยูโทรฟิเคชันของแหล่งน้ำเช่นกัน ดังนั้นทะเลสาบตอนกลางจึงประสบกับปัญหายูโทรฟิเคชันอย่างรุนแรงเช่นเดียวกับทะเลหลวง สอดคล้องกับโครงการการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (ม.ป.ป.) ที่รายงานว่า ทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีปัญหาเกี่ยวกับยูโทรฟิเคชัน

6. ธาตุอาหารจำกัดในทะเลสาบสงขลา

ธาตุอาหารจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ธาตุอาหารที่จำกัดการสะสมมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช (biomass accumulation) เนื่องจากข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลรายเดือนจากสถานีเก็บตัวอย่าง 21 สถานี ครอบคลุมทะเลสาบสงขลาทั้ง 3 ส่วน การศึกษาครั้งนี้ใช้สัดส่วนของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ(ในรูปอะตอม) และความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำประเมินธาตุอาหารจำกัดพร้อมกัน Justic *et al.* (1995) กล่าวว่า การใช้เกณฑ์ดังกล่าวพร้อมกันจะประเมินสภาวะของธาตุอาหารสำหรับแพลงก์ตอนพืชได้ลึกซึ้งกว่าพิจารณาโดยใช้แต่ละเกณฑ์เดี่ยวๆ เนื่องจากสัดส่วนของ

ไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในรูปสารอนินทรีย์ละลายน้ำบอกเพียงว่าธาตุอาหารใดมีโอกาสเป็นธาตุอาหารจำกัดเมื่อเทียบกับอีกธาตุอาหารหนึ่ง (Sin *et al.*, 1999; Nedwell *et al.*, 2002) แต่การจำกัดที่จะมีผลต่อการลดลงของแพลงก์ตอนพืชจะเกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นได้ลดลงจนถึงค่าที่จะเริ่มจำกัดอัตราการเจริญเติบโต (Nedwell *et al.*, 2002)

จากการประเมินธาตุอาหารที่จำกัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา พบว่า เฉพาะทะเลสาบตอนกลางเท่านั้นที่มีสัดส่วนของการเกิดธาตุอาหารจำกัดสูงกว่าธาตุอาหารไม่จำกัด คาดว่าเป็นเพราะทะเลสาบตอนกลางได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าทะเลสาบสงขลาส่วนอื่นๆ นอกจากนั้นอาจเป็นเพราะว่าบางบริเวณของทะเลสาบตอนกลางมีพืชน้ำขึ้นปกคลุม โดยเฉพาะช่วงปี 2545 - 2546 ที่มีทั้งพืชน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ปกคลุมเป็นบริเวณกว้างกว่า 160 ตารางกิโลเมตร (นิคม ละอองศิริวงศ์ และคณะ, 2547) ซึ่งพืชน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ดูดซับธาตุอาหารได้ดีกว่าแพลงก์ตอนพืช (ลัดดา วงศ์รัตน์, การติดต่อส่วนบุคคล) จึงพบว่าในช่วงดังกล่าวความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบตอนกลางลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด (นิคม ละอองศิริวงศ์ และคณะ, 2547) ส่วนทะเลหลวงแม้ว่าสัดส่วนของธาตุอาหารจำกัดและไม่จำกัดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แต่สัดส่วนของธาตุอาหารไม่จำกัดมีค่าสูงกว่า แสดงให้เห็นว่า ธาตุอาหารในทะเลหลวงอาจเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารไม่จำกัดมากขึ้น เนื่องจากได้รับธาตุอาหารจากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในของแร่ธาตุอาหารใหม่และจากการปลดปล่อยจากตะกอนอยู่ตลอดเวลา สำหรับทะเลสาบตอนนอกส่วนใหญ่มีธาตุอาหารไม่จำกัด อาจเนื่องมาจากมีชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หนาแน่น

สัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัดบ่งบอกถึงโอกาสที่จะเกิดยูโทรฟิเคชัน ซึ่งหากแหล่งน้ำใดมีสัดส่วนการเกิดธาตุอาหารไม่จำกัดสูงกว่าธาตุอาหารจำกัด แสดงว่ามีโอกาสเกิดยูโทรฟิเคชันได้มาก ในทางตรงกันข้ามหากมีสัดส่วนการเกิดธาตุอาหารไม่จำกัดต่ำกว่า แสดงว่าโอกาสที่จะเกิดยูโทรฟิเคชันนั้นมีน้อย จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันสอดคล้องกับสัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัด/ธาตุอาหารไม่จำกัดในแต่ละพื้นที่ อย่างกรณีของทะเลหลวงมีสัดส่วนของธาตุอาหารไม่จำกัด (53.3%) สูงกว่าธาตุอาหารจำกัด (46.7%) พบว่า มีสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันสูงถึง 88.4% ของข้อมูลจากทะเลหลวงทั้งหมด อย่างไรก็ตามการที่มีสัดส่วนของธาตุอาหารไม่จำกัดสูงกว่าธาตุอาหารจำกัดไม่ได้หมายความว่าจะเกิดยูโทรฟิเคชันได้มากเสมอไป อย่างกรณีของทะเลสาบตอนนอกซึ่งมีสัดส่วนการเกิดธาตุอาหารไม่จำกัดสูงกว่าธาตุอาหารจำกัดแต่กลับมีสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันใกล้เคียงกับทะเลสาบตอนกลาง (ตา

ราง 3 - 13) ชี้ให้เห็นว่า การเกิดยูโทรฟิเคชันยังต้องอาศัยปัจจัยอย่างอื่นร่วมด้วยนอกเหนือจากธาตุอาหาร อย่างเช่น การไหลหมุนเวียนของมวลน้ำ (Black, 2001)

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่ควบคุมมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา สอดคล้องกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน เช่นเดียวกับการศึกษา Hong *et al.* (1999) ที่พบว่า เมื่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุอาหารจำกัดในทะเลเซียเมน (Xiamen sea) เพิ่มสูงขึ้นจะก่อให้เกิดปรากฏการณ์ขี้ปลาวาฬ (red tides) สอดคล้องกับ Downing *et al.* (1999) อ้างตาม Cloern (2001) ที่กล่าวว่า ทะเลในเขตร้อนพบฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารจำกัดมากกว่าไนโตรเจน เนื่องจากการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชเกิดขึ้นได้ง่ายและจะโตจนใช้ฟอสฟอรัสหมดไปเพราะการสลายตัวเป็นธาตุของฟอสฟอรัสเกิดขึ้นได้ยาก นอกจากนี้เป็นเพราะว่า การปลดปล่อยไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย ของตะกอนเกิดขึ้นได้ง่ายเนื่องจากขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (Sin *et al.*, 1999)

นอกจากทะเลสาบสงขลาแล้วฟอสฟอรัสจำกัดยังพบได้ตามแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลเปิดอื่นๆ เช่น อ่าวฟลอริดา (Florida bay) (Fourqurean *et al.*, 1993) ทะเลเซียเมน (Xiamen sea) (Hong *et al.*, 1999) แสดงให้เห็นว่า ไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสจำกัดไม่ได้ขึ้นกับประเภทของแหล่งน้ำ แต่ขึ้นอยู่กับการให้ธาตุอาหาร (nutrient supply) วัฏจักรการย่อยสลายที่เกิดขึ้นในแหล่งน้ำ (internal metabolic cycles) และการนำออกจากแหล่งน้ำ (export) ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (availability) (Smith, 1984)

ไนโตรเจนจำกัดในทะเลสาบสงขลาเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับฟอสฟอรัส ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะว่ากิจกรรมรอบๆ ทะเลสาบสงขลาล้วนแต่ปล่อยไนโตรเจนออกมาเป็นหลัก เช่น ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น เห็นได้จากสถานีปากคลองต่างๆ เช่น สถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) มีไนโตรเจนสูงมากเมื่อเทียบกับฟอสฟอรัส ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอวยพร วงศ์กูล (2545) พบว่า น้ำเหนือตะกอนบริเวณเอสทูรีของคลองอู่ตะเภามีไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำสูง อยู่ในช่วง 1.54 - 2.52 มก./ล. ขณะที่ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.019 จนถึง 0.14 มก./ล. นอกจากนี้เป็นเพราะว่าบริเวณทะเลสาบสงขลาตะกอนปล่อยไนโตรเจนสู่มวลน้ำได้ง่ายเนื่องจากการปลดปล่อยไนโตรเจนของตะกอนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิดังกล่าวแล้วข้างต้น ขณะที่ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำจะถูกปล่อยออกสู่มวลน้ำเมื่อตะกอนเกิดสภาพไร้อากาศ (Conley *et al.*, 1995; Malone *et al.*, 1996; Correll, 1998) ซึ่งสภาวะดังกล่าวเกิดขึ้นในบางพื้นที่ของทะเลสาบสงขลาเท่านั้น เช่น ทะเลหลวง (นิคม ละอองศิริ

วงศ์ และคณะ ,2547) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ทะเลหลวงเกิดฟอสฟอรัสจำกัดน้อยกว่าทะเลสาบสงขลาส่วนอื่นๆ (ตาราง 3 - 22)

การเกิดธาตุอาหารจำกัดในทะเลหลวงขึ้นอยู่กับฤดูกาล จากสัดส่วนของไนโตรเจนจำกัดที่เพิ่มมากขึ้นในฤดูแล้ง ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณน้ำฝนที่ลดลงทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนลดลง แสดงว่า ทะเลหลวงได้รับไนโตรเจนที่ปะปนมากับน้ำไหลบ่าผิวดินในช่วงฤดูฝนชุก แต่ในช่วงฤดูแล้งไนโตรเจนจะถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งแอมโมเนีย เนื่องจากมีความเข้มข้นลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับฤดูฝนชุก ขณะเดียวกันการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในของแร่ธาตุอาหารใหม่อีกครั้งจะเป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับแพลงก์ตอนพืชในช่วงฤดูฝนน้อยซึ่งจะทำให้ไนโตรเจนจำกัดลดลง

7. ความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับธาตุอาหารรูปที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ได้

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า แอมโมเนียรวมในทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งอธิบายได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมก็จะลดลงเนื่องจากถูกแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Toner (1981) พบว่า การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชทำให้ของแอมโมเนียลดลง

คลอโรฟิลล์เอมีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ อาจเป็นเพราะว่าไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำได้จากการขับถ่ายของแพลงก์ตอนพืช (Bode *et al.*, 2001) แหล่งน้ำที่มีแพลงก์ตอนพืชชุกชุมจึงพบไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำสูงตามไปด้วย สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rendall *et al.* (1997) พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำมีความสัมพันธ์กับคลอโรฟิลล์เอในแหล่งน้ำที่มีแพลงก์ตอนพืชชุกชุม นอกจากนั้นอาจเป็นเพราะว่า แพลงก์ตอนพืชสามารถใช้ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเพื่อการเจริญเติบโตได้ (Anderson *et al.*, 2002)

ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำและฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบสงขลาทั้ง 3 พื้นที่ ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งสองรูปเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ในทางกลับกันเมื่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งสองรูปลดลง ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอจะลดตามไปด้วย เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่จำกัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์ในลักษณะดังกล่าวพบในแหล่งน้ำอื่นๆ ที่มีฟอสฟอรัส

เป็นธาตุอาหารจำกัดเช่นกัน เช่น อ่าวฟลอริดา (Florida bay) (Fourqurean *et al.*, 1993) ชายฝั่งตะวันตกของทะเลเอเดรียติก (Adriatic sea) (Zoppini *et al.*, 1995) เป็นต้น

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลาจะต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ อาจแสดงให้เห็นว่า ในบางสภาวะฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำอาจมีบทบาทต่อแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลาเหนือกว่าฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ ลักษณะดังกล่าวพบได้ในแหล่งน้ำที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำต่ำ Zoppini *et al.* (1995) กล่าวว่า หากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำต่ำจนถึงระดับที่จำกัดการเจริญเติบโตแล้วแพลงก์ตอนพืชจะใช้ฟอสฟอรัสจากสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำแทน