สภาวะยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลา

Eutrophication in Songkhla Lake

นิคม ละอองศิริวงศ์ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร

Nikhom La-ongsiriwong and Youngyut Predalumpaburt

บทคัดย่อ

วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำรายเดือนระหว่างปี 2535 จนถึงปี 2546 ที่ได้จากสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลา 21 สถานี โดยแบ่งเป็น 3 บริเวณ คือ ทะเลหลวง ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอก และแบ่งฤดูกาลในรอบปีออกเป็นฤดูแล้ง (ก.พ. - เม.ย.) ฤดูฝนน้อย (พ.ค. - ต.ค.) และฤดูฝนชุก (พ.ย. - ม.ค.) ผลการศึกษา พบว่า ข้อมูลคลอโรฟิลล์เอในทะเลหลวง 88.4% มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ชี้ถึงการเกิดยูโทรฟิเคชัน (10 μg/L) ขณะที่ทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีสัดส่วนเพียง 33.6 และ 34.9% ของข้อมูลคลอโรฟิลล์เอในแต่ละพื้นที่ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลหลวงสูงทุกฤดู(>85%) ส่วนในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในฤดูฝนชุก ผลของยูโทรฟิเคชันทำให้ค่าออกซิเจนละลายและพีเอชในช่วงกลางวันเพิ่มสูงขึ้น แต่ทำให้ความโปร่งใสของน้ำลดต่ำลง จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ยูโทรฟิเคชันเป็นปัญหาสำคัญของทะเลสาบสงขลา การลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่จะเข้าสู่ทะเลสาบสงขลาอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการเกิดยูโทรฟิเคชัน

ABSTRACT

The study was carried out by analysis of 12 years (1992- 2003) monthly water data of 21 stations in Songkhla lake upon three distinct zones (Thale Luang, Middle lake and Outer lake) and season (dry season (Feb - Apr), lightly rainy season (May - Oct) and heavy rainy season (Nov - Jan). The result showed that 88.4% of chlorophyll-a data in Thale Luang were higher than eutrophication criteria (10 μg/L) and 33.6 and 34.9% for Middle lake and Outer lake, respectively. In addition, proportion of eutrophication occurrence in Thale Luang was high(>85%) in all seasons. In Middle lake and Outer lake, sharply increased proportion of eutrophication occurrence was found in heavy rainy season. The elevation of dissolved oxygen and pH during day light, decreased transparency etc. were effected of eutrophication. It is concluded that eutrophication is one of serious problem in Songkhla lake. Reduction of Nitrogen and phosphorus load should be implemented to alleviate eutrophication.

Key words: Eutrophication, Songkhla lake

N La-ongsiriwong: nikhom@nicaonline.com

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา กรมประมง อ. เมือง จ. สงขลา 90000

National Institute of Coastal Aquaculture, Department of Fisheries, Muang district, Songkhla 90000

คำนำ

ยูโทรฟิเคชันหมายถึงความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารของแหล่งน้ำเป็นเหตุให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชชั้นสูงเพิ่มมากขึ้นจนก่อการรบกวนที่ไม่ต้องการต่อสมดุลย์ของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำและต่อคุณภาพน้ำ (OSPAR, 1999) ปัจจุบันยูโทรฟิเคชันกำลังกลายเป็นปัญหาของแหล่งน้ำทั่วโลกอันเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การพัฒนาทางด้านการเกษตรกรรม เป็นต้น(Wu, 1999) ยูโทรฟิเคชันก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำเป็นอย่างมาก เพราะอาจทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำตายเป็นจำนวนมากอันเนื่องจากการขาดแคลนออกซิเจน (hypoxia/anoxia)(Gray *et al*., 2002) นอกจากนี้ยูโทรฟิเคชันยังทำให้สภาพแวดล้อมอื่นๆ ของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป เช่น ทำให้น้ำขุ่น น้ำมีสีและกลิ่นผิดไปจากปกติ (Smith *et al*., 1999) ยูโทรฟิเคชันจึงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงทั้งต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำและมนุษย์ (Wu, 1999)

ทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อประเทศไทย เนื่องจากเป็นทะเลสาบธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศ มีพื้นที่ประมาณ 1,018 ตารางกิโลเมตร (โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, 2542) และเป็นทะเลสาบน้ำกร่อยเพียงหนึ่งเดียวของประเทศ แต่ขณะนี้ทะเลสาบสงขลากำลังประสบปัญหาต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพน้ำที่ลดต่ำลงเนื่องจากมีการปล่อยน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ลงสู่ทะเลสาบสงขลาเป็นจำนวนมาก ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (นุกูล และคณะ, 2546) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาแต่ละบริเวณโดยใช้คลอโรฟิลล์เอเป็นตัวบ่งชี้และศึกษาผลกระทบของยูโทรฟิเคชันต่อคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา

วิธีการศึกษา

1. การแบ่งพื้นที่ศึกษาและฤดูกาล

แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 บริเวณ คือ ทะเลหลวง (ST1 - ST3 และ ST15 - ST17) ทะเลสาบตอนกลาง (ST4 - ST8, ST18 - ST19 และ ST21) และทะเลสาบตอนนอก (ST9 - ST14 และ ST20) (Figure 1.) และแบ่งฤดูกาลในรอบปีออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูแล้ง (ก.พ. - เม.ย.) ฤดูฝนน้อย (พ.ค. - ต.ค.) และฤดูฝนชุก (พ.ย. - ม.ค.) (สำนักงานสถิติจังหวัดสงขลา, 2539)

2. ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ใช้ศึกษา

เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาของสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ประกอบด้วยข้อมูลคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll-a) ไนไตรท์ + ไนเตรท (NO_2^- + NO_3^-) แอมโมเนียรวม (NH_3 + NH_4^+) ไนโตรเจนละลายน้ำรวม (TDN) ไนโตรเจนรวม (TN) ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ (DIP) ฟอสฟอรัสละลายน้ำรวม (TDP) ฟอสฟอรัสรวม (TP) ออกซิเจนละลาย ความเค็ม ความโปร่งใส พีเอช และอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนระหว่างเดือนมีนาคม 2535 - ธันวาคม 2546 ยกเว้นฟอสฟอรัสละลายน้ำรวมและฟอสฟอรัสรวมเป็นข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม 2542 - ธันวาคม 2546 และไนโตรเจนละลายน้ำรวมและไนโตรเจนรวมเป็นข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม 2546 - ธันวาคม 2546

คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ (DIN) ได้จากผลรวมของ(ไนไตรท์+ไนเตรท)+แอมโมเนียรวม ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ(DON)ได้จากค่าของ TDN-DIN ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค (PON)ได้จากค่าของ TN-TDN ปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ (DOP) ได้จากค่าของ TDP-DIP ปริมาณ

ฟอสฟอรัสในอนุภาค (PP) ได้จากค่าของ TP-TDP และคำนวณหาสัดส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ (ในรูปอะตอม) (N:P)

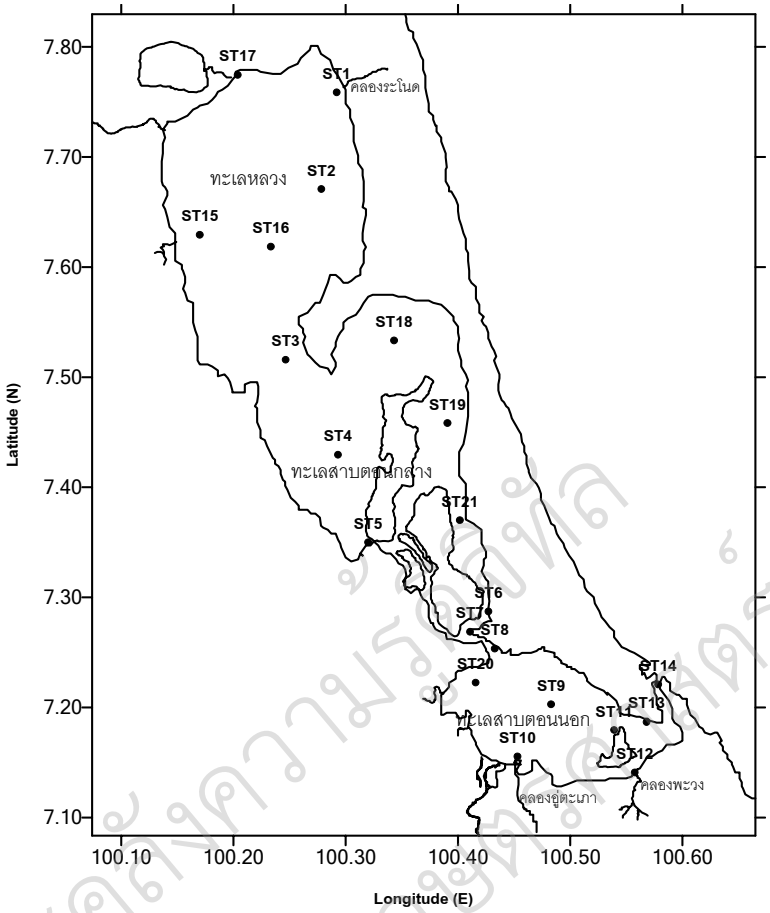

Figure 1. Location of the sampling station (ST1-ST14 sampled during March 1992-December 2003, ST15-ST17 sampled during January 2000-December 2003, ST18-ST20 sampled during January 2001-December 2003 and ST21 sampled during January-December 2003)

3. การจำแนกสภาวะยูโทรฟิเคชัน

การศึกษาครั้งนี้ใช้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอเป็นเกณฑ์จำแนกการเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลา เมื่อความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอมากกว่า 10 มคก./ล. ชี้ว่า เกิดยูโทรฟิเคชัน (Nedwell *et al*., 2002)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4.1 ใช้ไคสแควร์ทดสอบความแตกต่างของความถี่การเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาแต่ละบริเวณ และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลกับการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาแต่ละบริเวณ

4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรคุณภาพน้ำข้างต้น (ยกเว้นอุณหภูมิของน้ำ ไนโตรเจนละลายน้ำรวม และฟอสฟอรัสละลายน้ำรวม) เมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาแต่ละบริเวณด้วยการทดสอบแบบที (t-test)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้ความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAS (SAS Institute Inc., 1990)

ผลการศึกษา

1. ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบสงขลา

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำมีค่าสูงสุดในทะเลสาบตอนนอก เฉลี่ย 0.273±0.500 mg-N/L และ 0.021±0.039 mg-P/L ตามลำดับ ขณะที่ไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมมีค่าสูงสุดในทะเลหลวง เฉลี่ย 0.70±0.29 mg-N/L และ 0.089±0.063 mg-P/L ตามลำดับ สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ พบว่า ทะเลหลวงมีค่าสูงสุด เฉลี่ย 36.0±27.8 μg/L ส่วนทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย (Table 1.)

Table 1. Concentration of nitrogen, phosphorus and chlorophyll-a in Songkhla lake during the study

Areas	DIN(mg-N/L)	DIP(mg-P/L)	TN(mg-N/L)	TP(mg-P/L)	Chlorophyll-a(μg/L)
Thale Luang					
Dry season	0.044±0.030	0.005±0.004	0.57±0.15	0.076±0.038	28.6±20.6
Lightly rain season	0.062±0.064	0.005±0.006	0.78±0.33	0.103±0.070	42.8±31.4
Heavy rain season	0.086±0.095	0.005±0.006	0.67±0.26	0.074±0.061	28.9±21.5
All seasons	0.063±0.069	0.005±0.005	0.70±0.29	0.089±0.063	36.0±27.8
Middle lake					
Dry season	0.082±0.067	0.007±0.007	0.40±0.12	0.074±0.044	8.5±8.7
Lightly rain season	0.084±0.072	0.004±0.005	0.46±0.18	0.056±0.050	9.5±11.0
Heavy rain season	0.064±0.053	0.006±0.007	0.36±0.15	0.066±0.034	14.2±10.7
All seasons	0.079±0.067	0.005±0.006	0.42±0.16	0.063±0.045	10.5±10.7
Outer lake					
Dry season	0.178±0.302	0.014±0.023	0.50±0.54	0.081±0.062	10.5±10.5
Lightly rain season	0.308±0.624	0.023±0.047	0.76±0.97	0.079±0.093	10.1±12.4
Heavy rain season	0.293±0.331	0.024±0.033	0.69±0.42	0.106±0.064	13.3±15.9
All seasons	0.273±0.500	0.021±0.039	0.68±0.77	0.086±0.080	11.0±13.0

Note : DIN and DIP used data in 1992-2003, TP used data in 1999-2003 and TN used data in 2003

2. สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชัน

ทะเลหลวงเกิดยูโทรฟิเคชัน (88.4%) มากกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน (11.6%) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ขณะที่ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอกเกิดยูโทรฟิเคชันน้อยกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยทะเลสาบตอนกลางเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน 33.6 และ 66.4% ตามลำดับ ส่วนทะเลสาบตอนนอกเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน 34.9 และ 65.1% ตามลำดับ (Table 2.)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดยูโทรฟิเคชันกับฤดูกาลในรอบปี

Table 3. แสดงสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในแต่ละฤดูในทะเลสาบสงขลาแต่ละบริเวณ พบว่า การเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลหลวงไม่ขึ้นกับฤดูกาล ($P>0.05$) โดยแต่ละฤดูเกิดยูโทรฟิเคชันใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 85.1-89.6% และไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน 10.4-14.9% ขณะที่การเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกขึ้นอยู่กับฤดูกาล ($P<0.05$) โดยสัดส่วนของการเกิดยูโทรฟิเคชันเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในฤดูฝนชุก

4. ความแตกต่างของคุณภาพน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน

Table 4. แสดงค่าคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาแต่ละบริเวณเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน พบว่า เมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสในอนุภาค และฟอสฟอรัสรวมในทะเลสาบสงขลาทุกบริเวณมีค่าสูงกว่าเมื่อไม่เกิดยูโทรฟิเคชันอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียและค่าความโปร่งใสมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)ยกเว้นความเข้มข้นของแอมโมเนียในทะเลสาบตอนนอกที่พบว่าเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันมีค่าสูงกว่าเมื่อไม่เกิดยูโทรฟิเคชันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

Table 2. Proportion(%) of an occurrence and non-occurrence of eutrophication in Songkhla lake during March 1992 - December 2003

Areas	Number of data	Occurrence of eutrophication	Non-occurrence of eutrophication	Chi-square (P-value)
Thale Luang	517	88.4	11.6	304.6 (0.001)
Middle lake	735	33.6	66.4	79.0 (0.001)
Outer lake	813	34.9	65.1	730.8 (0.001)
All of areas	2065	47.8	52.2	

วิจารณ์ผล

บริเวณทะเลหลวงเกิดยูโทรฟิเคชันมากกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชันเนื่องจากมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอุดมสมบูรณ์ เป็นเพราะว่าในฤดูฝนน้อยมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจาก internal source ด้วย เช่น จากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในของแร่ธาตุอาหารใหม่อีกครั้ง (remineralization) หรือจากดินตะกอน เห็นได้จากในฤดูดังกล่าวปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมในทะเลหลวงมีค่าสูงกว่าฤดูอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูฝนชุก (Table 1.) Schiewer (1998) กล่าวว่า การย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิตเพื่อเปลี่ยนให้กลับมาอยู่ในรูปของแร่ธาตุอาหารใหม่อีกครั้งทำให้ธาตุอาหารไม่จำกัดและสร้างธาตุอาหารที่มีเสถียรภาพให้กับแหล่งน้ำ แหล่งน้ำที่มีลักษณะดังกล่าวจึงมีโอกาสเกิดยูโทรฟิเคชันขึ้นเองได้ง่าย นอกจากนี้อาจเป็นเพราะว่าความเค็มของน้ำในทะเลหลวงไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันและผันแปรอยู่ในช่วงแคบๆ (0 – 8 psu) แพลงก์ตอนพืชจึงไม่เกิดภาวะเครียดเนื่องจากแรงดันออสโมติก (osmotic stress) หรืออาจเป็นเพราะว่าทะเลหลวงมีระยะเวลาพำนักของน้ำ (retention time) นานกว่าทะเลสาบสงขลาส่วนอื่นๆ (Emsong Project, 1998) ธาตุอาหารและแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จึงยังคงอยู่ในทะเลหลวง การได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจาก internal sourceในฤดูฝนน้อยอาจเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้ทะเลหลวงเกิดยูโทรฟิเคชันได้ตลอดทั้งปี (Table 3.)

ทะเลสาบตอนกลางเกิดยูโทรฟิเคชันน้อยกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชันเป็นเพราะว่าทะเลสาบตอนกลางมีธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของแพลงก์ตอนพืช (นิคม, 2547) ส่วนทะเลสาบตอนนอกแม้จะมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงแต่กลับมีสัดส่วนของการเกิดยูโทรฟิเคชันน้อยกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชันซึ่งอาจเป็นเพราะว่าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งความเค็ม อย่างไรก็ตามสัดส่วนของการเกิดยูโทร

ฟิเคชันทั้งในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในฤดูฝนชุก คาดว่าเกิดจากอิทธิพลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เพิ่มสูงขึ้นและสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างคงที่

Table 3. Relationship between an occurrence and non-occurrence of eutrophication(%) and season in Songkhla lake during March 1992 - December 2003

Areas	Seasons	Number of data	Occurrence of eutrophication (%)	Non-occurrence of eutrophication (%)	Chi-square (P-value)
Thale Luang	Dry	121	85.1	14.9	1.7
	Lightly rain	269	89.6	10.4	(0.432)
	Heavy rain	127	89.0	11.0	
Middle lake	Dry	168	28.0	72.0	36.2
	Lightly rain	381	27.3	72.7	(0.001)
	Heavy rain	186	51.6	48.4	
Outer lake	Dry	187	32.6	67.4	19.8
	Lightly rain	425	29.9	70.1	(0.001)
	Heavy rain	201	47.8	52.2	

ปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาทุกบริเวณมีค่าสูงแตกต่างอย่างชัดเจนกับเมื่อไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงว่า การเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำเป็นตัวการสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดยูโทรฟิเคชันขึ้นในทะเลสาบสงขลา เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่ควบคุมมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา (นิคม, 2547) ส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำแม้มีปริมาณมากก็ไม่กระตุ้นให้เกิดยูโทรฟิเคชัน ผลจากการเกิดยูโทรฟิเคชันทำให้ค่าพีเอชและออกซิเจนละลายเพิ่มสูงขึ้นแต่ทำให้ความโปร่งใสของน้ำลดต่ำลง ขณะเดียวกันไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำก็จะถูกดูดมาเก็บไว้ในแพลงก์ตอนพืช ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค ฟอสฟอรัสในอนุภาค ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวมในมวลน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันจึงเพิ่มสูงขึ้น และจากปริมาณคลอโรฟิลล์เอในทะเลหลวงเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกเกือบ 2 เท่า ชี้ให้เห็นว่ายูโทรฟิเคชันที่เกิดขึ้นในทะเลหลวงมีความรุนแรงกว่าทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอก ส่งผลให้ออกซิเจนละลายและพีเอชของน้ำในช่วงกลางวันในทะเลหลวงจึงมีค่าสูง เฉลี่ย 102% (จุดอิ่มตัว) และ 8.0 ตามลำดับ ขณะที่เมื่อไม่เกิดยูโทรฟิเคชันมีค่าเฉลี่ยเพียง 86% และ 7.4 ตามลำดับ

การใช้ค่าคลอโรฟิลล์เอบ่งชี้ถึงยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำเพียงอย่างเดียวบางครั้งอาจไม่ถูกต้องนัก โดยเฉพาะในแหล่งน้ำตื้น (ลึกประมาณ 1-1.5 เมตร) อย่างเช่น ทะเลสาบสงขลา เพราะหากมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอุดมสมบูรณ์แล้วอาจทำให้สาหร่ายขนาดใหญ่ เช่น *Cladophora* sp. และ *Enteromorphoma* sp. หรือพืชน้ำ เช่น *Najas* sp. เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วได้เช่นกัน ซึ่งในช่วงปี 2545-2546 พบสาหร่ายขนาดใหญ่และพืชน้ำเหล่านี้เจริญเติบโตอยู่อย่างหนาแน่นเป็นบริเวณกว้างในทะเลสาบตอนกลาง ซึ่ง Elliott and de Jonge (2002) ได้ใช้การเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของพืชน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่ดังกล่าวบ่งชี้ถึงการเกิดยูโทร

ฟิเคชันของแหล่งน้ำเช่นกัน ดังนั้นทะเลสาบตอนกลางจึงประสบกับปัญหายูโทรฟิเคชันอย่างรุนแรงเช่นเดียวกับทะเลหลวง

เอกสารอ้างอิง

โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. 2542. การวิเคราะห์สภาพปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. Danced และสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. 105 หน้า.

นิคม ละอองศิริวงศ์. 2547. ธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 140 หน้า(สำเนา).

นุกูล อินทระสังขา, มาณี แก้วชนิด, ปนัดดา พรหมรักษ์ และ ธวัฒน์ชัย เทพนวล. 2546. ปัญหาน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพในจังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 6 (มกราคม -มิถุนายน): 54-64.

สำนักงานสถิติจังหวัดสงขลา. 2539. สมุดรายงานสถิติจังหวัดสงขลา. กรุงเทพฯ. 123 หน้า.

Elliot, M. and V.N. de Jonge. 2002. The management of nutrients and potential eutrophication in estuaries and other restricted water bodies. Hydrobiologia 475/476: 513-524.

Emsong Project. 1998. Environmental diagnosis for the Songkhla lake basin: Technical Background Report No.9. VKI In association with : DHI, PEM consult A/S, COWI A/S, Prince of Songkla University and Seatec Internation Ltd. 77 p.

Gray, J.S., R.S. Wu, and Y.Y. Or. 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. Marine Ecology Progress Series 238: 249-279.

Nedwell, D.B., L.F. Dong, A. Sage and G.J.C. Underwood. 2002. Variation of the nutrients loads to the Mainland U.K. estuaries : correlation with catchment areas, urbanization and coastal eutrophication. Estuarine, Coastal and Shelf Science 54 : 951-970.

OSPAR, 1999. http://www.ospar.org/eng/html/sap/eutstrat.htm

SAS Institute Inc. 1990. SAS/STAT User's Guide, Vol 1-2. 4th ed. Cary, NC. 1142 p.

Schiewer, U. 1998. 30 Years' eutrophication in shallow brackish waters-lessons to be learned. Hydrobiologia 363: 73-79.

Smith, V.H., G.D. Tilman, and J.C. Nekola. 1999. Eutrophication: impact of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution 100: 179-196.

Wu, R.S.S. 1999. Eutrophication, water borne pathogens and xenobiotic compounds: environmental risks and challenges. Marine Pollution Bulletin 39: 11-22.

โครงการคลังความรู้ดิจิทัล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Table 4. Water quality in each areas of Songkhla lake in eutrophic condition and non eutrophic condition (mean ± SD) and statistical differences at 95% confidence (S = significant difference, NS = non significant difference)

Water quality	Thale Luang			Middle lake			Outer lake		
	Eutrophic	Non eutrophic	Statistical differences	Eutrophic	Non eutrophic	Statistical differences	Eutrophic	Non eutrophic	Statistical differences
Chlorophyll *a* (μg/L)	39.9 ± 27.3	6.3 ± 2.4	S	21.4 ± 12.2	4.9 ± 2.4	S	22.1 ± 16.9	5.0 ± 2.2	S
DO (%saturation)	102 ± 25	86 ± 23	NS	94 ± 17	92 ± 13	S	90 ± 22	84 ± 19	S
pH	8.0 ± 0.8	7.4 ± 1.2	S	7.6 ± 0.5	7.6 ± 0.5	NS	7.6 ± 0.5	7.7 ± 0.5	NS
transparency (m.)	0.37 ± 0.24	0.56 ± 0.34	S	0.42 ± 0.31	0.68 ± 0.40	S	0.52 ± 0.31	0.65 ± 0.37	S
Salinity	1.2 ± 1.8	1.6 ± 2.1	NS	4.2 ± 6.2	9.2 ± 8.2	S	13.4 ± 11.5	18.8 ± 11.7	NS
NO_2^-+NO_3^- (mg-N/L)	0.026 ± 0.029	0.033 ± 0.025	NS	0.037 ± 0.036	0.047 ± 0.046	S	0.143 ± 0.285	0.137 ± 0.313	NS
Total ammonoa (mg-N/L)	0.036 ± 0.057	0.048 ± 0.069	S	0.032 ± 0.028	0.039 ± 0.041	S	0.158 ± 0.339	0.117 ± 0.238	S
DIN (mg-N/L)	0.062 ± 0.067	0.080 ± 0.073	NS	0.068 ± 0.055	0.084 ± 0.073	S	0.305 ± 0.520	0.256 ± 0.491	NS
DON (mg-N/L)	0.38 ± 0.14	0.29 ± 0.07	S	0.24 ± 0.11	0.29 ± 0.14	NS	0.40 ± 0.34	0.25 ± 0.10	S
DON (mg-N/L)	0.30 ± 0.19	0.15 ± 0.07	S	0.18 ± 0.10	0.08 ± 0.07	NS	0.15 ± 0.13	0.09 ± 0.10	NS
TN (mg-N/L)	0.74 ± 0.30	0.52 ± 0.08	S	0.46 ± 0.18	0.42 ± 0.16	NS	0.46 ± 0.18	0.42 ± 0.16	NS
DIP (mg-P/L)	0.006 ± 0.005	0.004 ± 0.004	S	0.007 ± 0.008	0.004 ± 0.005	S	0.024 ± 0.043	0.019 ± 0.037	S
DOP (mg-P/L)	0.027 ± 0.024	0.021 ± 0.020	NS	0.027 ± 0.024	0.021 ± 0.020	NS	0.028 ± 0.028	0.022 ± 0.019	S
PP (mg-P/L)	0.06 ± 0.06	0.03 ± 0.02	S	0.04 ± 0.03	0.02 ± 0.02	S	0.06 ± 0.04	0.04 ± 0.04	NS
TP (mg-P/L)	0.09 ± 0.06	0.06 ± 0.03	S	0.09 ± 0.06	0.06 ± 0.04	S	0.11 ± 0.09	0.08 ± 0.07	S
N:P	50 ± 70	88 ± 85	NS	48 ± 60	83 ± 82	S	65 ± 98	55 ± 70	S

โครงการวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์