

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ทะเลสาบสงขลาเป็นทะเลสาบธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย มีพื้นที่ประมาณ 1,018 ตารางกิโลเมตร (โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, 2542) แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ทะเลหลวง ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1 - 2 เมตร ความแตกต่างของระดับน้ำขึ้นน้ำลง (tidal range) ที่ปากทะเลสาบมีค่าเท่ากับ 0.50 ม. ขณะที่ในทะเลหลวงมีค่าเพียง 0.02 ม. (Emsong Project, 1998a) ส่วนระยะเวลาพำนักของน้ำ (residence time) พบว่า ทะเลสาบตอนนอก ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลหลวงมีค่าเท่ากับ 15, 28 และ 56 วัน ตามลำดับ (Emsong Project, 1998b) บริเวณทะเลสาบสงขลามีฝนตกชุก เฉลี่ย 2,000 มม./ปี ฝนตกมากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม - ธันวาคม เฉลี่ย 400 มม./เดือน ในช่วงฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ - เมษายน) ฝนตกน้อยเฉลี่ย 70 มม./เดือน (ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และคณะ, 2539)

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีประชากรอาศัยอยู่กว่า 1.5 ล้านคน (โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา, 2542) มีชุมชนขนาดใหญ่ 3 ชุมชน คือ เทศบาลนครสงขลา เทศบาลนครหาดใหญ่ และเทศบาลเมืองพัทลุง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นส่วนยางพาราและนาข้าว โรงงานอุตสาหกรรมมีอยู่หนาแน่นเฉพาะในเขตลุ่มน้ำย่อยคลองอู่ตะเภาซึ่งน้ำเสียจะถูกปล่อยลงสู่ทะเลสาบตอนนอก โรงงานส่วนใหญ่เป็นโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ และโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับยางพารา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12, 2545) ทะเลสาบตอนนอกมีการเลี้ยงปลากะพงขาวกันมากซึ่งเลี้ยงกันมานานแล้วตั้งแต่ปี 2515 (Tookwinas, 1985) ส่วนตามชายฝั่งรอบๆ ทะเลสาบจะมีการเลี้ยงกุ้งทะเลซึ่งเริ่มเลี้ยงกันตั้งแต่ปี 2532 และได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วในปี 2533 (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2537)

2. การแบ่งพื้นที่และฤดูกาลในการศึกษา

แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 บริเวณ คือ ทะเลหลวง (ST1 - ST3 และ ST15 - ST17) ทะเลสาบตอนกลาง (ST4 - ST8, ST18 - ST19 และ ST21) และทะเลสาบตอนนอก (ST9 - ST14 และ ST20) (ภาพประกอบ 2 - 1 และตาราง 2 - 1)

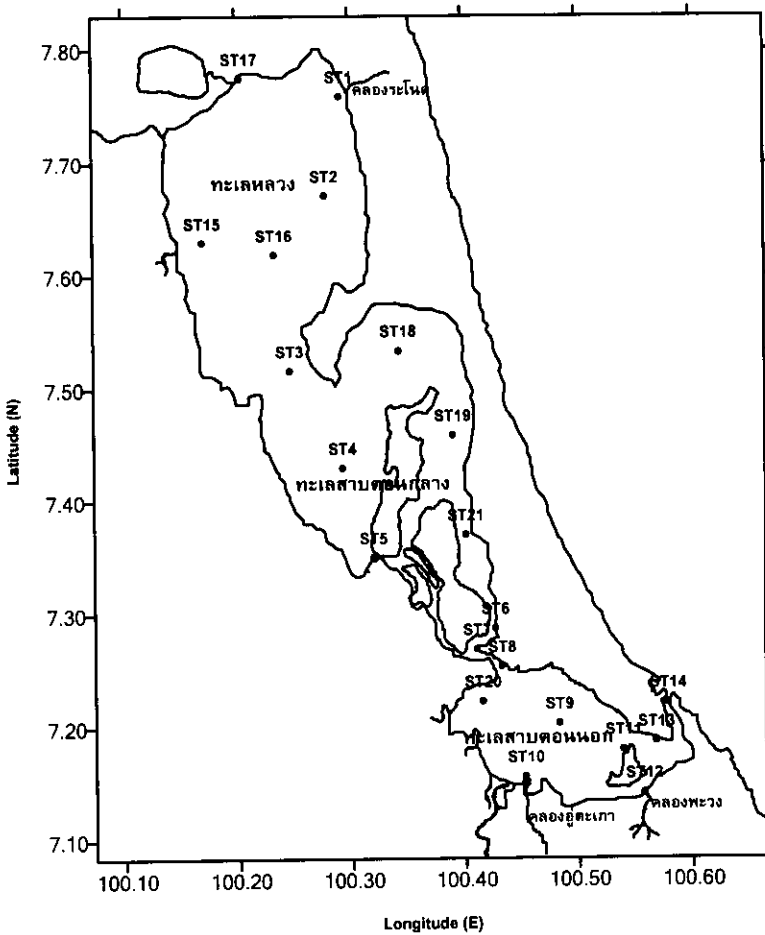
สำหรับฤดูกาลในรอบปีแบ่งเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ - เมษายน) ฤดูฝน
น้อย (พฤษภาคม - ตุลาคม) และฤดูฝนชุก (พฤศจิกายน - มกราคม) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2536;
สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2539)

3. ข้อมูลที่ใช้ศึกษา

3.1 ข้อมูลทุติยภูมิ

3.1.1 ข้อมูลน้ำฝน

ข้อมูลน้ำฝนที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม 2535 ถึง เดือนธันวาคม
2543 จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ตั้งอยู่รอบทะเลสาบสงขลา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละบริเวณ (ตารางภาคผนวก ก - 1) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนนี้ได้มาจาก
กรมอุตุนิยมวิทยา (การติดต่อส่วนบุคคล)



ภาพประกอบ 2 - 1 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลา

3.1.2 ข้อมูลคุณภาพน้ำ

ประกอบด้วยข้อมูลความเค็ม อุณหภูมิของน้ำ ความโปร่งใส ออกซิเจนละลาย พีเอช ไนไตรท์ + ไนเตรท ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) แอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ (DIP) คลอโรฟิลล์เอ ฟอสฟอรัสละลายน้ำรวม (TDP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนระหว่างเดือนมีนาคม 2535 - ธันวาคม 2542 จากสถานีเก็บตัวอย่าง 14 สถานี (ST1 - ST14) ยกเว้นฟอสฟอรัสละลายน้ำรวมและฟอสฟอรัสรวมเป็นข้อมูลช่วงเดือนมกราคม 2542 - ธันวาคม 2542 ข้อมูลคุณภาพน้ำนี้ได้จากกรมประมง (การติดต่อส่วนบุคคล)

ตาราง 2 - 1 ตำแหน่งพิกัดสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลา

สถานี	พื้นที่	ลองจิจูด (E)	แลตติจูด (N)	ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง
ST1	ทะเลหลวง	100° 17' 57 "	07° 46' 00 "	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST2	ทะเลหลวง	100° 16' 42 "	07° 40' 15"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST3	ทะเลหลวง	100° 15' 26"	07° 32' 09"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST4	ทะเลสาบตอนกลาง	100° 17' 35"	07° 25' 46"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST5	ทะเลสาบตอนกลาง	100° 19' 26"	07° 21' 20"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST6	ทะเลสาบตอนกลาง	100° 25' 38"	07° 17' 14"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST7	ทะเลสาบตอนกลาง	100° 24' 39"	07° 16' 07"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST8	ทะเลสาบตอนกลาง	100° 25' 58"	07° 15' 12"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST9	ทะเลสาบตอนนอก	100° 28' 59"	07° 12' 10"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST10	ทะเลสาบตอนนอก	100° 27' 11"	07° 09' 34"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST11	ทะเลสาบตอนนอก	100° 32' 21"	07° 10' 46"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST12	ทะเลสาบตอนนอก	100° 33' 29"	07° 08' 56"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST13	ทะเลสาบตอนนอก	100° 34' 05"	07° 11' 12"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST14	ทะเลสาบตอนนอก	100° 34' 24"	07° 13' 37"	มี.ค. 2535 - ธ.ค. 2546
ST15	ทะเลหลวง	100° 11' 12"	07° 37' 45"	ก.พ. 2543 - ธ.ค. 2546
ST16	ทะเลหลวง	100° 14' 44 "	07° 41' 49"	ก.พ. 2543 - ธ.ค. 2546
ST17	ทะเลหลวง	100° 12' 11 "	07° 46' 39"	ก.พ. 2543 - ธ.ค. 2546
ST18	ทะเลสาบตอนกลาง	100° 20' 35"	07° 32' 00"	ม.ค. 2544 - ธ.ค. 2546
ST19	ทะเลสาบตอนกลาง	100° 23' 12"	07° 27' 30"	ม.ค. 2544 - ธ.ค. 2546
ST20	ทะเลสาบตอนนอก	100° 24' 57"	07° 13' 21"	ม.ค. 2544 - ธ.ค. 2546
ST21	ทะเลสาบตอนกลาง	100° 24' 06"	07° 22' 12"	ม.ค. 2545 - ธ.ค. 2546

3.1.3 ข้อมูลคุณภาพตะกอน

ประกอบด้วยข้อมูลไนโตรเจน+ไนเตรท ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) แอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ (DIP) ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนที่ได้จากสถานีเก็บตัวอย่างและได้เก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกับข้อมูลคุณภาพน้ำ ข้อมูลคุณภาพตะกอนนี้ได้จากกรมประมง (การติดต่อส่วนบุคคล)

3.2 ข้อมูลปฐมภูมิ

3.2.1 สถานีเก็บตัวอย่าง

สถานี ST1 - ST14 เป็นสถานีเดียวกันกับสถานีเก็บตัวอย่างของสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และได้กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมอีก 7 สถานี คือ ปี 2543 สถานี ST15 - ST17 ในทะเลหลวง ปี 2544 สถานี ST18 และ ST19 ในทะเลสาบตอนกลาง และสถานี ST20 ในทะเลสาบตอนนอก และปี 2545 สถานี ST21 ในทะเลสาบตอนกลาง (ภาพประกอบ 2 - 1 และตาราง 2 - 1)

3.2.2 ตัวแปรคุณภาพน้ำที่ศึกษา

ประกอบด้วยความเค็ม อุณหภูมิของน้ำ ความโปร่งใส ออกซิเจนละลาย พีเอช ไนโตรเจน+ไนเตรท แอมโมเนียรวม ไนโตรเจนละลายน้ำรวม (TDN) ไนโตรเจนรวม (TN) ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสละลายน้ำรวม ฟอสฟอรัสรวม และคลอโรฟิลล์เอ ยกเว้นไนโตรเจนละลายน้ำรวมและไนโตรเจนรวมได้ทำการวิเคราะห์เฉพาะเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 โดยความเข้มข้นของไนโตรเจน+ไนเตรท แอมโมเนียรวม ไนโตรเจนละลายน้ำรวม และไนโตรเจนรวมวัดในรูปของไนโตรเจน ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสละลายน้ำรวม และฟอสฟอรัสรวมวัดในรูปของฟอสฟอรัส วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแต่ละตัวแปรแสดงในตาราง 2 - 2

3.3.3 การคำนวณหาค่าคุณภาพน้ำบางตัวแปร

ความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำทั้งหมด (DIN) ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ (DON) ไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค (PON) ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ (DOP) และฟอสฟอรัสในอนุภาค (PP) เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ ดังสมการ

$$\begin{aligned} \text{DIN} &= (\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-) + (\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+) \\ \text{DON} &= \text{TDN} - \text{DIN} \\ \text{PON} &= \text{TN} - \text{TDN} \\ \text{DOP} &= \text{TDP} - \text{DIP} \\ \text{PP} &= \text{TP} - \text{TDP} \end{aligned}$$

คำนวณสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (N:P) (ในรูปอะตอม) ได้ดังนี้

$$\text{N:P} = \frac{\text{ความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ (มก./ล.)/14}}{\text{ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ (มก./ล.)/31}}$$

หมายเหตุ 31 = น้ำหนักอะตอมของฟอสฟอรัส

14 = น้ำหนักอะตอมของไนโตรเจน

ตาราง 2 - 2 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ศึกษา

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	วิธีการวิเคราะห์	เอกสารอ้างอิง
ความโปร่งใส	แผ่นดิสก์ขาว (secchi disc)	
อุณหภูมิของน้ำ	WTW multiline P-3	
ความเค็ม	WTW multiline P-3	
พีเอช	WTW multiline P-3	
ออกซิเจนละลาย	WTW multiline P-3	
แอมโมเนียรวม	ฟินอล-ไฮโปคลอไรท์	Strickland and Parsons (1972)
ไนโตรท์ + ไนเตรท	Cadmium reduction และ diazotization	Strickland and Parsons (1972)
ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ ละลายน้ำ	phosphomolybdate	Strickland and Parsons (1972)
ไนโตรเจนรวม	persulfate oxidation	นิคม ละอองศิริวงศ์ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร (2546)
ไนโตรเจนละลายน้ำ	persulfate oxidation	นิคม ละอองศิริวงศ์ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร (2546)
รวม		
ฟอสฟอรัสรวม	persulfate oxidation	นิคม ละอองศิริวงศ์ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร (2546)
ฟอสฟอรัสละลายน้ำ	persulfate oxidation	นิคม ละอองศิริวงศ์ และยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร (2546)
รวม		
คลอโรฟิลล์เอ	spectrophotometric	Strickland and Parsons (1972)

คำนวณค่าออกซิเจนละลายในรูป % จุดอิ่มตัวได้จากค่าออกซิเจนละลาย (มก./ล.)
อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) และความเค็มของน้ำ (พีเอสยู) ดังสมการ

$$\frac{\text{ออกซิเจนละลาย (มก./ล.)} \times 100}{\exp(\exp(0.96232965 + (-0.00866 \times \text{อุณหภูมิ})) + (-0.00674 - (0.0000416 \times \text{อุณหภูมิ})) \times \text{ความเค็ม})}$$

ที่มา : พุทท ส่องแสงจินดา (การติดต่อส่วนบุคคล)

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.3.4.1 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) ของคลอโรฟิลล์เอ ในไตรท์+ไนเตรท แอมโมเนียรวม ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ในโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ในโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสในอนุภาค ฟอสฟอรัสรวม และสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส ดังนี้ ค่าเฉลี่ยของแต่ละสถานีตามฤดู ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละพื้นที่ตามฤดู และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละพื้นที่

3.3.4.2 ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลของพื้นที่และฤดูกาลไม่มีอิทธิพลต่อความผันแปรของตัวแปรในข้อ 3.3.4.1 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two - way Analysis of Variance) ซึ่งตัวแปรอิสระประกอบด้วย พื้นที่ (ทะเลหลวง ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอก) และฤดูกาล (แล้ง ฝนน้อย และฝนชุก)

3.3.5 ข้อมูลตะกอน

เก็บตะกอนด้วยเครื่องมือเก็บตะกอน (Ekman grab) จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาไนไตรท์+ไนเตรท ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) แอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ (DIP) โดยสกัดด้วยโซเดียมคลอไรด์ 3% ปริมาตร 400 มล. แซ่เย็นทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำส่วนที่ใสมากรองด้วยแผ่นกรอง GF/C แล้ววิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาไนไตรท์+ไนเตรท ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) แอมโมเนียรวม ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ (DIP) ในน้ำ แสดงค่าที่ได้ในรูปของน้ำหนักแห้ง

4. การจำแนกสภาวะยูโทรฟิเคชัน

4.1 เกณฑ์ที่ใช้จำแนกสภาวะยูโทรฟิเคชัน

การศึกษาครั้งนี้ใช้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอเป็นเกณฑ์จำแนกการเกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลา เมื่อความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอมากกว่า 10 มกค./ล. ป่งชี้ว่าเกิดภาวะยูโทรฟิเคชัน (Nedwell *et al.*, 2002)

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4.2.1 ทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่ด้วยการทดสอบไคสแควร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันไม่แตกต่างกัน

H_1 : สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันแตกต่างกัน

4.2.2 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันกับฤดูกาลในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่ด้วยการทดสอบไคสแควร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันไม่ขึ้นกับฤดูกาล

H_1 : สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันขึ้นกับฤดูกาล

4.2.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเค็ม พีเอช ออกซิเจนละลาย ความโปร่งใส คลอโรฟิลล์เอ ไนโตรท+ไนเตรท แอมโมเนียรวม ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสในอนุภาค ฟอสฟอรัสรวม และสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส เมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่โดยใช้ t -test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันเท่ากัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันไม่เท่ากัน

5. ธาตุอาหารจำกัด

5.1 เกณฑ์ที่ใช้ประเมินธาตุอาหารจำกัด

การศึกษาธาตุอาหารจำกัดทำได้หลายวิธี (ดูรายละเอียดในข้อ 6 ในบทที่ 1) ซึ่งสัดส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ และความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมกันแพร่หลาย (ตาราง 1 - 3) เมื่อสัดส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 10 : 1 และ 22 : 1 บ่งชี้ว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารจำกัด ตามลำดับ (Justic *et al.*, 1995) หรือเมื่อความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 0.020 มก./ล. บ่งชี้ว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารจำกัด ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 0.005 มก./ล. บ่งชี้ว่าฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารจำกัด (Ryding and Rast, 1989) การศึกษาในครั้งนี้ใช้ทั้งสองเกณฑ์ร่วมกันตามที่ Ryding and Rast (1989) ได้แนะนำไว้

5.2 รูปแบบการเกิดธาตุอาหารจำกัด

สัดส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำในแหล่งน้ำอาจมีค่าน้อยกว่า 10 : 1, อยู่ระหว่าง 10 - 22 : 1 และมากกว่า 22 : 1 อย่างใดอย่างหนึ่ง และเมื่อวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำพร้อมกัน อาจพบไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 0.020 มก./ล. และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่า 0.005 มก./ล., ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 0.020 มก./ล. และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 0.005 มก./ล., ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่า 0.020 มก./ล. และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่า 0.005 มก./ล. และไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่า 0.020 มก./ล. และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 0.005 มก./ล. อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้นเมื่อประเมินธาตุอาหารจำกัดโดยใช้ทั้งสองเกณฑ์พร้อมกัน พบว่า มีโอกาสพบการเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดได้ถึง 12 รูปแบบ ดังแสดงในตาราง 2 - 3 แต่การศึกษาครั้งนี้สนใจเฉพาะกรณีสัดส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 10 : 1 และความเข้มข้นไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำน้อยกว่า 0.020 มก./ล. และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่า 0.005 มก./ล. เท่านั้น ซึ่งกรณีนี้ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารจำกัด และในกรณีสัดส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่า 22 : 1 และไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำมากกว่า 0.020 มก./ล. และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำน้อย

กว่า 0.005 มก./ล. เท่านั้น ในกรณีนี้ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารจำกัด ส่วนกรณีอื่นๆ ถือว่าธาตุอาหารไม่จำกัด

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

5.3.1 ทดสอบสัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดในทะเลสาบสงขลา แต่ละพื้นที่ด้วยการทดสอบไคสแควร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : สัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดไม่แตกต่างกัน

H_1 : สัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดแตกต่างกัน

5.3.2 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัดกับฤดูกาลในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่ด้วยการทดสอบไคสแควร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : สัดส่วนการเกิดธาตุอาหารไนโตรเจนจำกัดและธาตุอาหารฟอสฟอรัสจำกัดไม่ขึ้นกับฤดูกาล

H_1 : สัดส่วนการเกิดธาตุอาหารไนโตรเจนจำกัดและธาตุอาหารฟอสฟอรัสจำกัดขึ้นอยู่กับฤดูกาล

5.3.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเค็ม พีเอช ออกซิเจนละลาย ความโปร่งใส คลอโรฟิลล์เอ ในไตรท์+ไนเตรท แอมโมเนียรวม ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ในอนุภาค ฟอสฟอรัสรวม และสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเมื่อฟอสฟอรัสจำกัดกับธาตุอาหารไม่จำกัดในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่ เนื่องจากผลการทดสอบเบื้องต้น พบว่า ไนโตรเจนจำกัดในทะเลสาบสงขลาเกิดขึ้นน้อยมาก เพียง 1.0 - 7.9% ของการเกิดธาตุอาหารจำกัดแต่ละพื้นที่ การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าคุณภาพน้ำดังกล่าวช่วงที่เกิดฟอสฟอรัสจำกัดกับธาตุอาหารไม่จำกัดใช้ t -test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยเมื่อเกิดฟอสฟอรัสจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดเท่ากัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยเมื่อเกิดฟอสฟอรัสจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดไม่เท่ากัน

6. ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในน้ำ ธาตุอาหารในตะกอน และปริมาณน้ำฝนกับคลอโรฟิลล์เอ

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในน้ำและในตะกอนกับคลอโรฟิลล์เอ

นำข้อมูลคลอโรฟิลล์เอและไนโตรเจน+ไนเตรท แอมโมเนียรวม และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำทั้งในน้ำและตะกอนตลอดการศึกษามาวិเคราะห์สหสัมพันธ์ในแต่ละพื้นที่ รายงานผลการวิเคราะห์เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับคลอโรฟิลล์เอ

เนื่องจากสถานีวัดปริมาณน้ำฝนกับสถานีเก็บตัวอย่างน้ำไม่ตรงกัน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์จึงใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่เดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2543 โดยวิเคราะห์แยกแต่ละพื้นที่และรายงานผลการวิเคราะห์เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เช่นเดียวกับหัวข้อ 6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SAS (SAS Institute Inc., 1990)

ตาราง 2 - 3 รูปแบบการเกิดธาตุอาหารจำกัดเมื่อใช้สัดส่วนไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ และความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำพร้อมกัน

รูปแบบที่	สัดส่วนไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส			ความเข้มข้น			
	<10	10 - 22	>22	ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ		ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ	
				< 0.020	≥ 0.020	< 0.005	≥ 0.005
1	√			√		√	
2	√			√			√
3	√				√	√	
4	√				√		√
5		√		√		√	
6		√		√			√
7		√			√	√	
8			√	√		√	
9			√	√			√
10			√		√	√	
11			√		√		√
12		√			√		√