



การผันแปรของธาตุอาหารและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในทะเลสาบสงขลา

ระหว่าง พ.ศ. 2535 - พ.ศ. 2542



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2544

ISBN 974 - 88279 - 2 - 5

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การผันแปรของธาตุอาหารและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในทะเลสาบสงขลา

ระหว่างปี พ.ศ. 2535 — พ.ศ. 2542



นางโสมตดา ประเสริฐสม

ผู้วิจัย



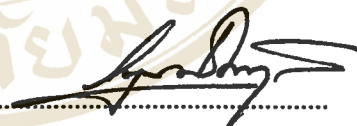
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำลอง อรุณเลิศอารีย์ Ph.D

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



นายสิริ ทுகข์วินาศ M.Sc.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



นายขงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร M.Sc.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์เรวดี โรจนกนันท์ Ph.D

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาเอกเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การผันแปรของธาตุอาหารและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในทะเลสาบสงขลา

ระหว่างปี พ.ศ. 2535 — พ.ศ. 2542

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเอกเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2544



นางโสมลดา ประเสริฐสม

ผู้วิจัย



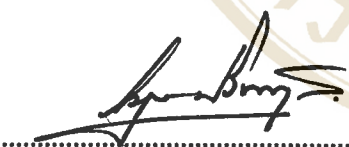
นายสิริ ทุกขวินาศ M.Sc.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



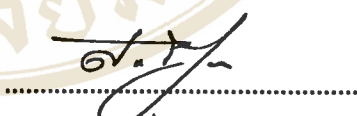
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จำลอง อรุณเลิศอารีย์ Ph.D

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



นายยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร M.Sc.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



นายศักดิ์สิทธิ์ วินุลสุข ว.ทม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิมล่อมวงศ์ Ph.D

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมหิดล



รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี Ph.D

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตาและให้อิโกลาจาก คุณยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร คุณสิริ ทุกขวินาศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำลอง อรุณเลิศอารีย์ จึงขอขอบพระคุณ ณ.ที่นี้ และขอขอบคุณ คุณไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ เอื้อเพื่อเอกสารอ้างอิง รัมภา เพ็ชรสมุทร ที่พิมพ์ด้วยความอุตสาหะ สุกลักษณ์ พรหมศร ตา ป้อม หนึ่ง นก ที่มีส่วนช่วยงานพิมพ์ นิคม ละออง ศิริวงศ์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่สำรวจคุณภาพน้ำ คุณจักรี ศิริรักษ์ (ET.23) เรวดี รักปทุม (ประชา สัมพันธ์อาวุโส บริษัทฮอนด้า ฯ) ดร. เรืองวิษณุ สุทธิณี (KU.44) พี่กุง(ที่ล่วงลับไปแล้ว) พี่แอ้ว พี่ติ่ง และ ผอ.สกุล สุพงศ์พันธุ์ สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา

ขอขอบพระคุณสำหรับกำลังใจเมื่อข้าพเจ้าเผชิญภาวะวิกฤติจาก อาจารย์พิสิฐ สุกรี๊ย พงศ์ พิธิดา เพชรธณิ พี่เขยวนิตย์ ดนยดล รวมทั้งทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้

ความสำเร็จทางการศึกษาและในชีวิตของข้าพเจ้าได้มาจากการวางรากฐานของคุณพ่อ ศรีสวัสดิ์ จินดาประเสริฐ ซึ่งจากไปเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2542 คุณแม่โสมศรี จินดาประเสริฐ ผู้เสียสละ รวมทั้งกำลังใจบริสุทธจากคช.ปวรุตต์ ประเสริฐสม คุณประติรพ ประเสริฐสม และ สุกฤกษ์ อารยา

โสมลดา (จินดาประเสริฐ) ประเสริฐสม

2 พฤษภาคม 2544

3937173 ENTM/M : สาขาวิชา : เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม ; วท.ม.(เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ : การผันแปร / ธาตุอาหาร / ทะเลสาบสงขลา / การใช้ที่ดิน / ฤดูกาล / คลอโรฟิลล์

โสมลดา ประเสริฐสม : การผันแปรของธาตุอาหารและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในทะเลสาบสงขลา ระหว่างปี พ.ศ. 2535-พ.ศ.2542 (VARIATION OF NUTRIENTS AND RELATED FACTORS IN SONGKHLA LAKE DURING 1992 - 1999) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : จำลอง อรุณเลิศอารีย์, Ph.D., สิริ ทุกขวิลาส, M.Sc., ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, M.Sc., 137 หน้า. ISBN 974 - 882792 - 2 - 5

วัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการทะเลสาบสงขลา ซึ่งศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ และฤดูกาลมีความสัมพันธ์ กับ ปริมาณธาตุอาหารและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณธาตุอาหารเป็นตัวกำหนดให้แพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตปฐมภูมิในห่วงโซ่อาหารสร้างเม็ดสีคลอโรฟิลล์ เอ ปริมาณธาตุอาหารจะผันแปรตามประเภทการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่นๆ รวมทั้งปริมาณน้ำฝนในฤดูกาลต่าง ๆ

จากการศึกษาการผันแปรของธาตุอาหารและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทะเลสาบสงขลาพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ผันแปรตามปริมาณธาตุอาหารในโตรเจนรวม โดยที่ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสรวมไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และพบว่าในทะเลสาบตอนในโดยเฉพาะฤดูร้อนจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูง การศึกษาการผันแปรของธาตุอาหารที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ ที่ความเชื่อมั่น 95 % พบว่าการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเพิ่มจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มขึ้น เมื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดลดลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะลดลง และจำนวนปศุสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศตรงกันข้าม กล่าวคือ จำนวนปศุสัตว์เพิ่มแต่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลด เมื่อจำนวนปศุสัตว์ลดแต่ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่ม ส่วนการผันแปรของธาตุอาหารตามฤดูกาลที่ความเชื่อมั่น 95% พบว่า (1) ฤดูร้อน พ.ศ. 2541 และ 2542 ทะเลสาบตอนในและตอนนอกปริมาณฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศเดียวกัน พ.ศ. 2542 ทะเลสาบตอนกลางปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศเดียวกัน (2) ฤดูฝนช่วงแรก พ.ศ. 2542 ทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศเดียวกันและ (3) ฤดูฝนช่วงหลัง พ.ศ. 2540 ทะเลสาบตอนกลางและตอนนอก ปริมาณไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศเดียวกัน ปริมาณฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศเดียวกัน พ.ศ.2541 ทะเลสาบตอนในปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศตรงกันข้าม และทะเลสาบตอนในและตอนนอกปริมาณฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศเดียวกัน เมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีพบว่าในพ.ศ. 2535 และ 2541 ทะเลสาบตอนนอกและตอนใน ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศตรงกันข้าม พ.ศ. 2536 และ 2540 ทะเลสาบตอนนอกและตอนกลาง ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศเดียวกัน พ.ศ. 2540 ทะเลสาบตอนนอกปริมาณฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในทิศเดียวกัน

3937173 ENTM/M : MAJOR : TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ; M.Sc.

TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT.

KEY WORD : VARIATION / NUTRIENTS / SONGKHLA LAKE / LAND USE / SEASONS /
CHLOROPHYLL-A

SOMLADA PRASERTSOM : VARIATION OF NUTRIENTS AND RELATED FACTORS IN
SONGKHLA LAKE DURING 1992-1999. THESIS ADVISORS : CHUMLONG ARUNLERTAREE, Ph.D.,
SIRI TOOKWINAS, M. Sc. , YOUNGYUT PREDALUMPABURT, M.Sc. , 180 PP. , ISBN 974 – 882792 – 2
– 5.

The objective of this research is to provide information that will assist in the management of Songkhla Lake. The study covers a relationship between the type of land use for agricultural purposes, seasons and the amount of nutrients and chlorophyll-a.

The amount of nutrients induces the phytoplankton – the primary producer in the marine food web – to generate chlorophyll – a pigments. The amount of nutrients varies to ,for instance, the type of land use for agricultural purposes, as well as to rainfall in various seasons.

A study of nutrients and chlorophyll-a variations in Songkhla Lake reveals that: (1) the amount of chlorophyll-a varies relative to the total amount of nitrogen,with insignificant changes in the total amount of phosphorus ; and that (2) in the inner lake, especially in the summer, there is a high amount of chlorophyll-a.

In studying nutrient variations caused by human activities pertaining to land use for agricultural purposes, etc., at $P<0.05$, it is concluded that aqua-culture and the amount of chlorophyll-a vary in the same direction, while the amount of livestock and the amount of chlorophyll-a vary in the opposite direction.

With regard to seasonal nutrient variation at $P<0.05$, the research finds that: (1) during the summers of 1998 and 1999, in the inner and outer lake, the amount of phosphorus and chlorophyll-a vary in the same direction, and in 1999, in the middle region of the lake, the amount of rainfall and chlorophyll-a also vary in the same direction; (2) during the first part of the rainy season in 1999, in the middle region of the lake, the amount of rainfall and chlorophyll-a vary in the same direction; and (3) during the latter part of the rainy season in 1997, in the middle and outer parts of the lake, the amount of nitrogen and chlorophyll-a vary in the same direction. In 1998, in the inner lake, the amount of rainfall and chlorophyll-a vary in the opposite direction, whereas in the inner and outer lake the amount of phosphorus and chlorophyll-a vary in the same direction.

When focussing specifically on the amount of annual rainfall , the research shows that, in 1992 and 1998, in the outer and inner lake, the amount of rainfall and chlorophyll-a vary in the opposite direction. In 1993 and 1997, in the outer and middle region of the lake, the amount of rainfall and chlorophyll-a vary in the same direction. And in 1997 , in the outer lake , the amount of phosphorus and chlorophyll-a vary in the same direction.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
สารบัญคำย่อ.....	ฎ
1. บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 แนวความคิดในการวิจัย	3
1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....	5
1.4 สมมุติฐานในการวิจัย	5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.7 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	6
2. บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 สภาพทั่วไปของทะเลสาบสงขลา.....	7
2.2 การใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่นๆ.....	14
2.3 ธาตุอาหารที่สำคัญต่อคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา.....	18
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับแพลงก์ตอนพืช.....	22
3. บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 กำหนดพื้นที่และสถานีเก็บตัวอย่าง.....	25
3.2 ข้อมูลและวิธีการ	25
3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำ.....	27
3.4 การเตรียมการทดลองและการวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	27

	หน้า
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	28
4. บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	
4.1 การผันแปรปริมาณธาตุอาหารและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ.....	35
4.2 ในเชิงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ.....	58
4.3 ในเชิงฤดูกาล.....	69
4.4 คุณภาพน้ำทางกายภาพ.....	87
5. บทที่ 5 สรุปผลและเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	91
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	92
รายการอ้างอิง.....	93
ภาคผนวก ก.....	104
ภาคผนวก ข.....	110
ภาคผนวก ค.....	113
ภาคผนวก ง.....	120
ภาคผนวก จ.....	129
ประวัติผู้วิจัย.....	137

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3-1 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลา.....	34



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 – 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	4
ภาพที่ 3 – 1 ที่ตั้งสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	33
ภาพที่ 4 – 1 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2535-พ.ศ. 2542.....	35
ภาพที่ 4 – 2 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2535.....	37
ภาพที่ 4 – 3 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2536.....	38
ภาพที่ 4 – 4 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2537.....	39
ภาพที่ 4 – 5 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2538.....	40
ภาพที่ 4 – 6 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2539.....	41
ภาพที่ 4 – 7 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2540.....	42
ภาพที่ 4 – 8 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2541.....	43
ภาพที่ 4 – 9 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a พ.ศ. 2542.....	44
ภาพที่ 4 – 10 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2535.....	47
ภาพที่ 4 – 11 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2536.....	48
ภาพที่ 4 – 12 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2537.....	49
ภาพที่ 4 – 13 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2538.....	50
ภาพที่ 4 – 14 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2539.....	51
ภาพที่ 4 – 15 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2540.....	52
ภาพที่ 4 – 16 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2541.....	53
ภาพที่ 4 – 17 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2542.....	54
ภาพที่ 4 – 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TN กับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.....	68
ภาพที่ 4 – 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับจำนวนปลุ่สัตว์.....	68
ภาพที่ 4 – 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณน้ำฝน.....	81
ภาพที่ 4 – 21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณน้ำฝน.....	82
ภาพที่ 4 – 22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณน้ำฝน.....	82
ภาพที่ 4 – 23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณ TP.....	83

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4 – 24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณน้ำฝน.....	83
ภาพที่ 4 – 25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณTP.....	84
ภาพที่ 4 – 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณน้ำฝน.....	84
ภาพที่ 4 – 27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณTP.....	85
ภาพที่ 4 – 28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณน้ำฝน.....	85
ภาพที่ 4 – 29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณTN.....	86
ภาพที่ 4 – 30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณTP.....	86
ภาพที่ 4 – 31ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณน้ำฝน.....	87

สารบัญคำย่อ

TN	=	ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen)
TP	=	ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)
Chlo.a	=	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll - a)
mg - N / l, mg / l	=	มิลลิกรัม – ไนโตรเจน ต่อ ลิตร
mg - P / l, mg / l	=	มิลลิกรัม – ฟอสฟอรัส ต่อ ลิตร
µg/l	=	ไมโครกรัม ต่อ ลิตร
mm.	=	มิลลิเมตร
m.	=	เมตร
m/s	=	เมตร/วินาที
µg – P/l	=	ไมโครกรัม-ฟอสฟอรัส ต่อลิตร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ทะเลสาบสงขลาอยู่บริเวณตอนล่างของภาคใต้ฝั่งตะวันออกเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่เป็นทะเลสาบเพียงแห่งเดียวในประเทศไทยและมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัว คือ เป็นแหล่งน้ำแบบลากูนขนาดใหญ่ (large lagoonal waters) หรือทะเลกึ่งปิด เพราะมีทางเปิดออกสู่ทะเล ทำให้ระบบนิเวศน์และคุณสมบัติน้ำในทะเลสาบได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล โดยความเค็มของน้ำจะแตกต่างกันตามฤดูกาลและตามระยะทางจากบริเวณที่เปิดออกสู่ทะเลในบริเวณทะเลสาบส่วนล่างสุด

ทะเลสาบสงขลาแบ่งได้เป็น ทะเลน้อย เป็นทะเลสาบน้ำจืดอยู่ตอนบนสุดอยู่ในจังหวัดพัทลุง มีพืชน้ำขึ้นอยู่ทั่วไป ถัดจากทะเลน้อยจะเป็นทะเลสาบผืนใหญ่ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สองส่วนด้านในติดกับทะเลน้อย เรียกว่า “ทะเลหลวง” ถัดออกมา เรียกว่า “ทะเลสาบสงขลาตอนนอก” ทะเลหลวงได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดและได้รับอิทธิพลน้ำเค็มบ้างในฤดูร้อน มีป่าชายเลนเป็นบริเวณแคบ ส่วนทะเลสาบสงขลา มีทางเปิดออกสู่ทะเลฝั่งอ่าวไทย ได้รับอิทธิพลของน้ำเค็มจากการขึ้นลงของน้ำ ริมฝั่งทะเลสาบบางแห่งมีป่าชายเลนขึ้นประปราย ส่วนของทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีความหลากหลายทางนิเวศน์ เป็นแหล่งอาศัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เป็นแหล่งน้ำใช้เนื่องจากเป็นต้นน้ำสายหลักและลำน้ำสาขามากมาย และมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชนทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมในเขตจังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง ประชาชนที่อาศัยอยู่ตามลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทะเลสาบสงขลาเป็นแหล่งทำมาหากิน มีโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดตั้งอยู่ อาศัยน้ำใช้ในโรงงาน ในหมู่บ้าน การทำนาเกลือริมทะเลสาบสงขลา จึงมีการระบายถ่ายเทน้ำทิ้งลงทะเลสาบเป็นจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ การปักสร้างเครื่องมือประมงที่ในส่วนของทะเลสาบสงขลา เช่น ไชนัง (โป๊ะน้ำตื้น) ช้างโพงพาง บาม กระชัง และอื่น ๆ เป็นจำนวนมากจนทำให้น้ำไม่สามารถไหลเวียนได้สะดวกทำให้ตะกอนทรายและสิ่งปฏิกูลกองทับถม วัชพืชน้ำและกองสวะที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเกิดการเน่าเปื่อยจึงทำให้สมดุลธรรมชาติเสื่อมไป การพังทลาย (erosion) ของหน้าดินจากบริเวณลุ่มน้ำใกล้

เคียง ทำให้ทะเลสาบสงขลาตื้นเขินและมีขนาดแคบเข้าทุกที สาเหตุทั้งหลายเหล่านี้ ทำให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำซึ่งส่งผลกระทบต่อชนิดและปริมาณสัตว์น้ำ สัตว์น้ำบางชนิดต้องปรับตัวโดยเฉพาะสัตว์น้ำที่อาศัยทะเลสาบส่วนที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย สาเหตุเพราะว่าความเค็มของน้ำในทะเลสาบจะทวีความเค็มสูงขึ้นในฤดูแล้ง แต่เมื่อถึงฤดูน้ำมากทะเลสาบสงขลาได้รับอิทธิพลของน้ำฝนทำให้น้ำเค็มลดลง

จากปัญหาเหล่านี้ จำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณภาพน้ำโดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหารในน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อชนิดและปริมาณของทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในทะเลสาบสงขลา Fogg (1) กล่าวว่า ปริมาณธาตุอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) ในแม่น้ำลำธาร แปรผันตามประเภทการใช้ที่ดิน และ แปรผันตามฤดูกาล

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาเกิดจากการใช้ประโยชน์จากทะเลสาบสงขลาในประเภทกิจกรรมต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วนั้น สาเหตุเกิดจากน้ำทิ้งและของเสียซึ่งเป็นแหล่งของสารประกอบไนโตรเจน พวกลูเรีย แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท การใช้สารชักฟอกที่มีสารประกอบพวกฟอสเฟตผสมอยู่ ทำให้เกิดสารประกอบฟอสฟอรัส เศษอาหาร ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล ซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ นู๋อินทรีย์และอนินทรีย์ที่ใช้ในการเกษตรถูกชะล้างลงทะเลสาบสงขลาก่อให้เกิดสารประกอบของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น แบคทีเรียจะเป็นผู้ย่อยสลายและปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมา ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืช น้ำขนาดเล็ก หรือแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ได้

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนในรูปของ ไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนีย สารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตในรูปของฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ (2) ธาตุอาหารเหล่านี้จะมีการหมุนเวียนเปลี่ยนรูปกลับมาให้พืชได้ใช้เป็นอาหารอยู่เสมอ โดยธาตุอาหารหรือสารอาหาร เหล่านี้จะไม่หายไป (3) ในบริเวณแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารจึงควรจะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นที่หนึ่งมากไปด้วย และในแต่ละรอบปีที่มีความแตกต่างของฤดูกาลจะมีการผันแปรของปริมาณธาตุอาหารในแต่ละบริเวณของทะเลสาบสงขลา เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนจากลมมรสุมตะวันตก (erosion) จึงมีการเคลื่อนย้ายปริมาณธาตุอาหารจากกิจกรรมของมนุษย์ที่การดำรงชีวิตรอบ ๆ บริเวณทะเลสาบสงขลา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อทราบถึง การผันแปรของธาตุอาหารในทะเลสาบสงขลาโดยศึกษาความสัมพันธ์ในเชิงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่นๆและในเชิงฤดูกาลกับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ระหว่างปี พ.ศ 2535 ถึง พ.ศ. 2542 ผลของการศึกษาดังนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การจัดการทะเลสาบสงขลาให้มีความยั่งยืนต่อไป

1.2 แนวความคิดในการวิจัย

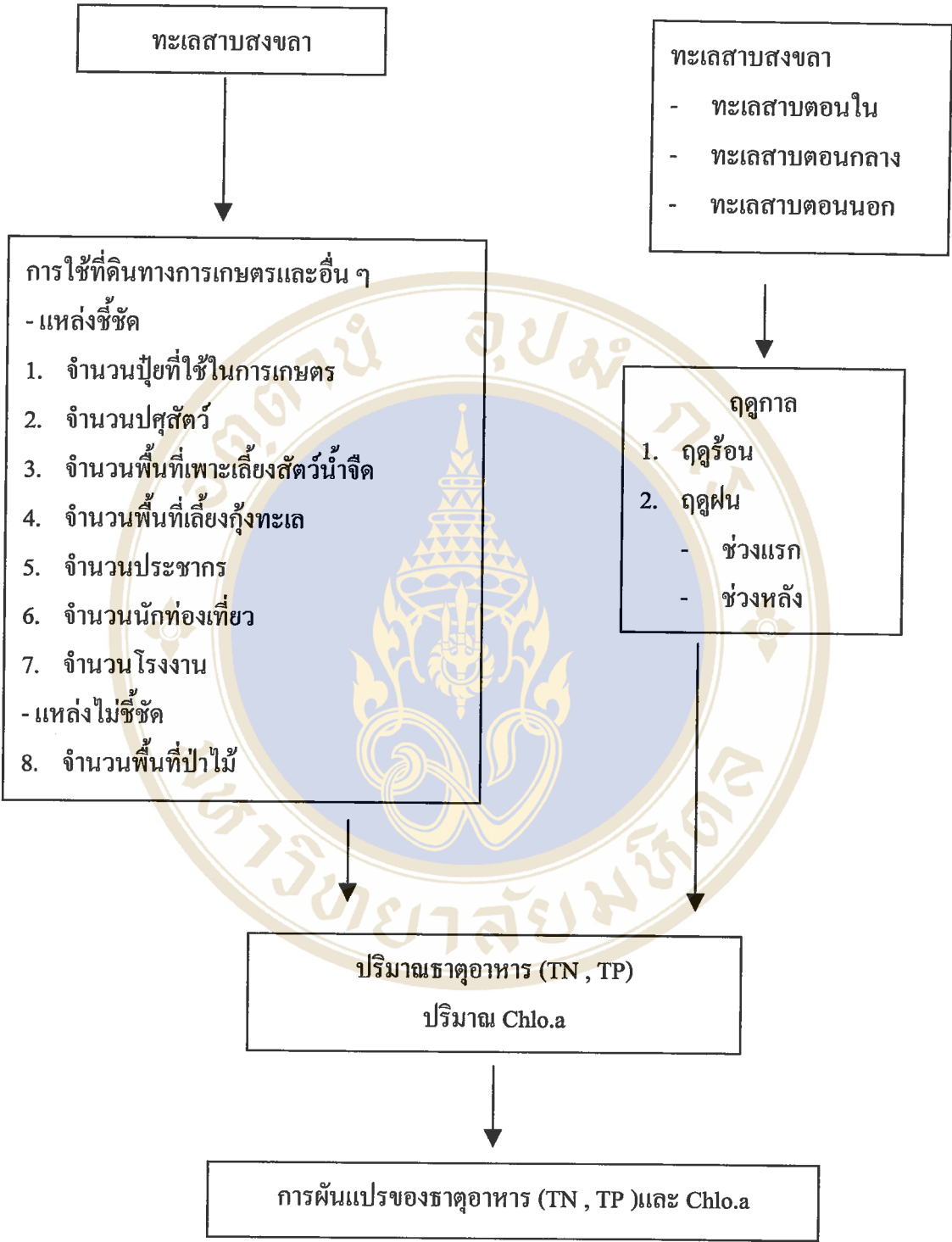
ในการศึกษานี้ต้องการทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ กับปริมาณธาตุอาหาร (ปริมาณไนโตรเจนรวม ; TN ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ; TP) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chlo.a) ความสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลกับปริมาณธาตุอาหาร (TN,TP) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chlo.a) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542

- ศึกษาในเชิงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ

พื้นที่ศึกษาคือทะเลสาบสงขลาทั้งหมดยกเว้นทะเลน้อย การใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ เป็นข้อมูลทุติยภูมิรายปี ซึ่งแบ่งปัจจัยได้ดังนี้ ปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ จำนวนนุ้ยที่ใช้ในการเกษตร จำนวนปศุสัตว์ จำนวนพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด จำนวนพื้นที่เลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว และจำนวนโรงงาน ปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ TN , TP และปริมาณChlo.a รวมทั้งทะเลสาบ คือ 14 สถานี เฉลี่ยทั้งปี เพื่อศึกษาทั้ง 8 ปี

- ศึกษาในเชิงฤดูกาล

พื้นที่ศึกษาแบ่งเป็น 3 ตอน คือ ทะเลหลวงตอนบน (ทะเลสาบตอนใน) ได้แก่ สถานีที่ 1-3 ทะเลหลวงตอนล่าง (ทะเลสาบตอนกลาง) ได้แก่ สถานีที่ 4-8 และทะเลสาบสงขลาตอนนอก (ทะเลสาบตอนนอก) ได้แก่ สถานี ที่ 9-14 ส่วนฤดูกาลแบ่งตามอิทธิพลของลมมรสุม และเทียบเคียงกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 โดยแบ่งเป็น ฤดูร้อน ฤดูฝนช่วงแรก และฤดูฝนช่วงหลัง ส่วนปริมาณธาตุอาหาร TN , TP และปริมาณ Chlo.a เฉลี่ยตามพื้นที่ศึกษาทะเลสาบแต่ละตอน โดยศึกษาในแต่ละฤดู



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.3.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ กับปริมาณธาตุอาหาร (TN , TP) และปริมาณ Chlo.a เป็นรายปีในทะเลสาบสงขลา

1.3.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนของฤดูกาลต่าง ๆ กับปริมาณธาตุอาหาร (TN , TP) และปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบสงขลาแต่ละตอน

1.3.3 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการทะเลสาบสงขลา

1.4 สมมุติฐานในการวิจัย

การใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ และฤดูกาล มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหาร (TN ,TP) และปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบสงขลา

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ขอบเขตพื้นที่

ศึกษาทะเลสาบสงขลาทั้งหมด ยกเว้น ทะเลน้อย คือ ทะเลสาบตอนใน(ทะเลหลวงตอนบน) ทะเลสาบตอนกลาง(ทะเลหลวงตอนล่าง) และทะเลสาบตอนนอก (ทะเลสาบสงขลาตอนนอก)

1.5.2 ขอบเขตการศึกษา

จากข้อมูลทุติยภูมิปี พ.ศ. 2535 - พ.ศ. 2541 และทำการเก็บข้อมูลปี พ.ศ. 2542 มีวิธีการดังนี้

1. การวางจุดสำรวจและการตรวจ ได้ทำการวางจุดสำรวจพื้นที่ชายฝั่ง 14 สถานีทำการสำรวจคุณภาพน้ำทั้ง 14 สถานี ทุก ๆ เดือน
2. การเก็บตัวอย่างน้ำ การวัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2535 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541
3. การวัดคุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเค็ม อุณหภูมิ ความขุ่นใส (Transparency) และความลึก (ภาคผนวก จ)
4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ หาปริมาณTN (Total nitrogen) ปริมาณTP (Total phosphorus) และวิเคราะห์ปริมาณChlo.a (ภาคผนวก จ)

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา

1.6.2 นำไปใช้ในการวางแผนจัดการบริเวณทะเลสาบสงขลา

1.7 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.7.1 ปริมาณธาตุอาหาร หมายถึง ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ทั้งหมดที่อยู่ในน้ำ

1.7.2 ฤดูร้อน หมายถึง ช่วงเดือนที่เป็นช่องว่างของมรสุม จะมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำในระหว่างปีพ.ศ. 2535-พ.ศ. 2542 ได้แก่ เดือน กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม

1.7.3 ฤดูฝนช่วงแรก หมายถึง ช่วงเดือนที่ได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยค่อนข้างสูง ในระหว่างปี พ.ศ. 2535-พ.ศ. 2542 ได้แก่ เดือน มิถุนายน – กันยายน

1.7.4 ฤดูฝนช่วงหลัง หมายถึง ช่วงเดือนที่ได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูง ในระหว่างปี พ.ศ. 2535-พ.ศ. 2542 ได้แก่เดือน ตุลาคม – มกราคม

1.7.5 นักท่องเที่ยว หมายถึง ผู้ที่เดินทางไปเยือนจังหวัดนั้นโดยวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ไม่ใช่ทำงานประจำ การศึกษา และไม่ใช่คนท้องถิ่นที่มีภูมิลำเนาหรือศึกษาอยู่ที่จังหวัดนั้น ทั้งนี้ต้องพักค้างคืนอย่างน้อย 1 คืน (ติดต่อกันส่วนตัว ; สนง. ททท. ภาคใต้ เขต 1)

1.7.6 ทะเลสาบตอนใน หมายถึง ทะเลหลวงตอนบน

1.7.7 ทะเลสาบตอนกลาง หมายถึง ทะเลหลวงตอนล่าง

1.7.8 ทะเลสาบตอนนอก หมายถึง ทะเลสาบสงขลาตอนนอก

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การค้นพบของธาตุอาหารในทะเลสาบสงขลาระหว่างปี พ.ศ. 2535- พ.ศ. 2542 มีวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

2.1 สภาพทั่วไปของทะเลสาบสงขลา

1. สภาพภูมิประเทศและสภาพเศรษฐกิจสังคม
2. ฤดูกาล

2.2 การใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ

2.3 ธาตุอาหารที่สำคัญต่อคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา

1. ธาตุอาหารไนโตรเจน
2. ธาตุอาหารฟอสฟอรัส

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับแพลงก์ตอนพืช

2.1 สภาพทั่วไปของทะเลสาบสงขลา

1. สภาพภูมิประเทศ

ที่ตั้งและอาณาเขตของทะเลสาบสงขลาตั้งอยู่บนชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของภาคใต้ ทะเลสาบสงขลา มีตำแหน่งในทางภูมิศาสตร์ระหว่างละติจูด ที่ 7 องศา 5 ลิปดาเหนือ ถึง ละติจูดที่ 7 องศา 50 ลิปดาเหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ 100 องศา 5 ลิปดาตะวันออก ถึงลองจิจูดที่ 100 องศา 40 ลิปดาตะวันออก หรือในระบบพิกัดฉาก UTM (UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR) โซน 47 N มีเนื้อที่รวมทั้งหมด 9,807 ตารางกิโลเมตร (6,129,375 ไร่) โดยมีความกว้างจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกประมาณ 20 กิโลเมตรและความยาวจากทิศเหนือลงมาถึงทิศใต้ประมาณ 75 กิโลเมตรส่วนที่เป็นพื้นดินมีเนื้อที่ 8,761 ตารางกิโลเมตร (5,475,625 ไร่) ส่วนที่เป็นพื้นผิวน้ำมี

เนื้อที่ 1,046.04 ตารางกิโลเมตร (653,775 ไร่) พื้นที่โดยรวมครอบคลุมเนื้อที่ใน 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสงขลา คือ อำเภอเมือง อำเภอหาดใหญ่ อำเภอสะเดา อำเภอรัตนบุรี อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ อำเภอกวนเนียง กิ่งอำเภอกระเสลสินธุ์ กิ่งอำเภอนาหม่อม กิ่งอำเภอบางกล่ำ และ กิ่งอำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดพัทลุงทั้งจังหวัด และจังหวัดนครศรีธรรมราช 2 อำเภอ คือ อำเภอชะอวด และอำเภอหัวไทร ส่วนอาณาเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้กำหนดตามแนวสันปันน้ำ ชายฝั่งทะเลและแนวขอบเขตการปกครอง มีดังต่อไปนี้ (4)

- ทิศเหนือ ติดต่อ อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช
- ทิศใต้ ติดต่อ ประเทศมาเลเซีย
- ทิศตะวันออก ติดต่อ อำเภอจะนะ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา และอ่าวไทย
- ทิศตะวันตก มีแนวสันปันน้ำเทือกเขาบรรทัดเป็นเส้นแบ่งตั้งแต่ตอนเหนือในเขต จังหวัดพัทลุง ลงไปถึงตอนใต้จรดเขตชายแดนไทย-มาเลเซีย

ลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มน้ำทะเลสาบ (5) ประกอบด้วยภูเขา (Hill) ด้านทิศตะวันตก มีเทือกเขาบรรทัดทอดตัวยาวในแนวเหนือ-ใต้ ตั้งแต่รอยต่อจังหวัดพัทลุงกับจังหวัดตรัง ลงมาถึง รอยต่อจังหวัดสงขลากับจังหวัดสตูล ด้านทิศใต้เป็นแนวเทือกเขาสันกาลาศีร์บางส่วนปกคลุมไปด้วยป่าไม้และเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ

ถัดจากพื้นที่ภูเขาเป็นที่ราบลูกคลื่น (Rolling Plain) ประกอบด้วยเนินเขาเตี้ย ๆ สลับกับที่ราบ เริ่มตั้งแต่ตอนเหนือขนานกับแนวเทือกเขาบรรทัด ไปถึงตอนใต้ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ถัดเข้ามาจะเป็นที่ราบขนาดใหญ่ (Plain) ล้อมรอบด้วยทะเลสาบ เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำที่รับน้ำจากพื้นที่ภูเขาแล้วไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา

ทางตอนเหนือของทะเลสาบ มีพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ มีพื้นที่ประมาณ 125 ตารางกิโลเมตร เกิดจากการตื้นเขินโดยการทับถมของตะกอน เรียกว่า “พรุควนเคื่อง” ส่วนทางตะวันออกเป็นที่ราบชายฝั่งทะเล (Coastal Plain) ติดกับอ่าวไทย

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเป็นลุ่มน้ำใหญ่ มีต้นน้ำมาจากเทือกเขาบรรทัดและบางส่วนของเทือกเขาสันกาลาศีร์ ลุ่มน้ำย่อย ๆ หรือคลองที่ไหลลงสู่ทะเลสาบมีดังนี้

1. คลองป่าพะยอม มีความยาวประมาณ 33 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัดไหลผ่านเขตอำเภอควนขนุนลงสู่พรุควนเคื่อง
2. คลองท่าแนะ มีความยาวประมาณ 42 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอควนขนุนลงสู่ทะเลน้อยที่บ้านประเหนือ

3. คลองนาท่อม มีความยาวประมาณ 42 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอเมืองลงสู่ทะเลหลวงที่บ้านลำปำ

4. คลองท่าเขียด มีความยาวประมาณ 42 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอตะโหมดและอำเภอเขาชัยสน ออกสู่ทะเลสาบที่บ้านปากพล

5. คลองป่าบอน มีความยาวประมาณ 40 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด ไหลผ่านเขตอำเภอป่าบอนและอำเภอปากพะยูน ออกสู่ทะเลสาบที่บ้านพระเกิด

6. คลองพรุฬ้า มีความยาวประมาณ 36 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด เป็นคลองที่กั้นเขตแดนระหว่างจังหวัดพัทลุงกับจังหวัดสงขลา

7. คลองรัตภูมิ มีความยาวประมาณ 63 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด ไหลผ่านอำเภอรัตภูมิออกสู่ทะเลสาบสงขลา

8. คลองอู่ตะเภา มีความยาวประมาณ 68 กิโลเมตร มีคลองเล็ก ๆ หลายสายมารวมกัน ได้แก่ คลองวาด ซึ่งมีต้นน้ำจากเทือกเขาบรรทัด คลองตำ คลองจำไทร คลองหอยโข่ง คลองสะเดา ซึ่งมีต้นน้ำจากเทือกเขาชันกาลาสิรี คลองอู่ตะเภาไหลผ่านเขตอำเภอสะเดาและอำเภอหาดใหญ่ ลงสู่ทะเลสาบที่บ้านแหลมโพธิ์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ทะเลสาบสงขลา แบ่งได้ 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 ทะเลน้อย มีพื้นที่ประมาณ 28 ตารางกิโลเมตร อยู่ตอนบนสุดและแยกออกจากทะเลสาบ โดยมีคลองนางเรียบเชื่อมต่อระหว่างทะเลน้อยกับทะเลหลวง สภาพน้ำเป็นน้ำจืด มีพรรณไม้น้ำนานาชนิดขึ้นอยู่รอบ ๆ รวมทั้งวัชพืชน้ำพวกผักตบชวา จอก แหน กก มีป่าพรุนาดใหญ่ มีนกน้ำนานาชนิด

ส่วนที่ 2 ทะเลหลวงตอนบน อยู่ถัดจากทะเลน้อยลงมาถึงเกาะใหญ่ อำเภอกระแสสินธุ์ จังหวัดสงขลา เป็นห้วงน้ำกว้างใหญ่ มีพื้นที่ประมาณ 459 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร ฤดูฝนจะเป็นน้ำจืดค่าความเค็มเฉลี่ยตลอดทั้งปี 0 – 3 ส่วนในพัน แต่บางปีในฤดูร้อนมีน้ำเค็มรุกตัวเข้ามาบ้างมีความเค็มประมาณ 30 ส่วนในพัน

ส่วนที่ 3 ทะเลหลวงตอนล่าง อยู่ถัดจากเกาะใหญ่และเขตอำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุง ไปจนถึงบริเวณบ้านปากกรอ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา มีพื้นที่ประมาณ 377 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร มีการผสมผสานของน้ำเค็มและน้ำจืดค่าความเค็มอยู่ในช่วง 0-20 ส่วนในพัน (ppt.) มีวัชพืชปกคลุมอยู่ทั่วไป และมีเกาะอยู่มากมายเช่น เกาะสี่ เกาะห้า เกาะหมาก เกาะนางคำ

ส่วนที่ 4 ทะเลสาบสงขลาตอนนอก อยู่ถัดจากบริเวณบ้านปากกรอไปเชื่อมต่อกับอ่าวไทยเป็นส่วนที่อยู่ตอนนอกสุด มีพื้นที่ประมาณ 182 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ยประมาณ 1.5

เมตร ยกเว้น บริเวณช่องแคบที่ติดกับอ่าวไทยซึ่งเป็นช่วงดินเรื่อ ลึกประมาณ 12-14 เมตร ทะเลสาบตอนนอกนี้จะได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง ในฤดูร้อนค่าความเค็มอยู่ในช่วง 23-30 ส่วนในพัน ส่วนฤดูฝนค่าความเค็มเกือบเป็นศูนย์ ส่วนคลองสาขาต่าง ๆ ที่สำคัญทั้งสิ้น 3 คลองที่ไหลลงมาสู่ทะเลสาบสงขลา ได้แก่ คลองสทิงหม้อ คลองรัตภูมิ คลองอู่ตะเภา และคลองพะวง นั้นทำหน้าที่รับน้ำทิ้งจากชุมชน เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมภายในพื้นที่ของเทศบาลเมืองสงขลา เทศบาลนครหาดใหญ่ และเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำโดยภาพรวม (6) แต่อย่างไรก็ตามความยาวของคลองมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารพืช

ส่วนสถานการณ์สภาพเศรษฐกิจสังคม ในช่วงปี พ.ศ. 2535 - พ.ศ. 2542 จังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดที่มีภาวะเศรษฐกิจเติบโตสูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ ในภาคใต้ตอนล่าง โครงสร้างทางเศรษฐกิจที่สำคัญได้แก่ ภาคเกษตรกรรม โดยมียางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ภาวะการประมงอยู่ในเกณฑ์ดีผลผลิตการจับสัตว์น้ำขึ้นที่ท่าเทียบเรือมีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำขยายตัวเพิ่มขึ้นหลังจากที่ซบเซาในช่วงปี พ.ศ. 2539-2540 ในปี พ.ศ. 2541 ภาคนอกเกษตรมีปัญหาสภาพคลองที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ผลผลิตของสาขาอุตสาหกรรมขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะสินค้าเกษตร เนื่องจากมีวัตถุดิบเพียงพอ และการอ่อนตัวของค่าเงินบาททำให้สามารถส่งออกได้มากขึ้น นอกจากนี้การท่องเที่ยวมีการชะลอตัวลงเนื่องจากนักท่องเที่ยวจากประเทศมาเลเซียเดินทางเข้าเมืองสงขลาลดลง (6) แต่ในขณะเดียวกัน ประเทศไทยประกาศให้ปี 2541 เป็นปีท่องเที่ยวไทย ภายใต้ชื่อ Amazing Thailand จึงมีนักท่องเที่ยวจากประเทศอื่น ๆ เข้ามาในไทยเพิ่มขึ้น ส่วนจังหวัดพัทลุงพบว่าผู้มีงานทำร้อยละ 58.0 มีอาชีพทางการเกษตร (เพาะเลี้ยงสัตว์ ป่าไม้ และการประมง) รองลงมาได้แก่ อาชีพเกี่ยวกับการค้าและอาชีพเกี่ยวกับช่างหรือผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตและกรรมกร โครงสร้างที่สำคัญของจังหวัดพัทลุง ยังคงพึ่งพาด้านเกษตรกรรมเป็นหลัก รองลงมาได้แก่ สาขาค้าส่งและค้าปลีก และสาขาบริการ

การดำเนินการแก้ไขปัญหาและมลพิษทางน้ำของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (6) จะดำเนินการในลักษณะ โครงการบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อลดค่าความสกปรกของน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่ลำน้ำธรรมชาติ มีโครงการที่แก้ไขมลพิษทางน้ำของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ได้แก่

1. การดำเนินการแก้ไขมลพิษทางน้ำของเทศบาลนครหาดใหญ่ เมื่อวันที่ 4 กันยายน 2535 อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ได้ถูกประกาศให้เป็นเขตควบคุมมลพิษตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และได้เห็นชอบกับแผนปฏิบัติการเพื่อลดและขจัดมลพิษในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งมีการจัดทำโครงการออกแบบรวบรวมก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวมของเทศบาลนครหาดใหญ่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 เป็นต้นมา และแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2542 โครงการก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครหาดใหญ่จะรวบรวมน้ำทิ้ง

ของพื้นที่ในตัวเมือง ทั้งพื้นที่ด้านตะวันออกและด้านตะวันตกของเทศบาลนครหาดใหญ่ทั้งหมดเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียที่ตั้งอยู่บริเวณคลองขุด ริมถนนลพบุรีราเมศวร์ (ทางหลวงหมายเลข 414) มีพื้นที่ 1,873 ไร่ อยู่ในเขตพื้นที่ตำบลน้ำน้อย และตำบลคูเต่า มีระยะทางห่างจากเขตเทศบาล 13 กิโลเมตร ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นระบบบ่อผึ่ง (Stabilization Pond) และระบบบึงประดิษฐ์ (Construction Wetland) ซึ่งสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียได้ถึง 20 ปีข้างหน้า ส่วนผลที่คาดว่าจะได้รับคือ น้ำในคลองอยู่ระดับคงเป็นแหล่งผลิตน้ำประปา ใช้ในการเกษตรกรรมต่อไป น้ำในคลองเคยจะไม่เน่าเหม็น และน้ำที่ระบายออกจากชุมชนเมืองหาดใหญ่จะไม่สร้างผลกระทบต่อระบบนิเวศน้ำในทะเลสาบสงขลา ซึ่งส่งผลต่อการบริโภคสัตว์น้ำของประชาชน

2. การดำเนินการแก้ไขมลพิษทางน้ำของเทศบาลนครสงขลา ได้มีการจัดทำโครงการก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครสงขลา ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำเสียในพื้นที่เร่งด่วนในเขตเทศบาลนครสงขลา และนำไปบำบัด ณ ระบบบำบัดน้ำเสียพื้นที่ประมาณ 176 ไร่ บริเวณบ้านบ่ออิฐ ตำบลเกาะเต่า อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ห่างจากเขตเทศบาลประมาณ 8.5 กิโลเมตร ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียได้ 24,000 ลบ.ม./วัน เป็นระบบ Areated Lagoon

3. การดำเนินการแก้ไขมลพิษของเทศบาลตำบลบ้านพรุ ได้มีการจัดทำโครงการศึกษา ความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลบ้านพรุ และพื้นที่ต่อเนื่อง ในปีงบประมาณ 2537

4. การดำเนินการแก้ไขมลพิษทางน้ำของเทศบาลตำบลสะเตา ได้มีการจัดทำโครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลตำบลสะเตาในปีงบประมาณ 2537

5. การดำเนินการแก้ไขมลพิษทางน้ำของเทศบาลเมืองพัทลุง ได้มีการจัดทำโครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียเทศบาลเมืองพัทลุงในปีงบประมาณ 2539

6. การดำเนินการแก้ไขมลพิษทางน้ำของชุมชนอำเภอควนขนุนและอำเภอปากพะยูน ได้มีการจัดทำโครงการศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียอำเภอควนขนุนและอำเภอปากพะยูนในปีงบประมาณ 2539

2. ฤดูกาล

ฤดูกาล หมายถึง ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของปี ด้วยการแบ่งปีออกเป็นช่วง ๆ โดยถือหลักทางดาราศาสตร์หรือภูมิอากาศของแต่ละบริเวณ การที่เกิดฤดูกาลต่าง ๆ เนื่องจากแกนหมุนรอบตัวเองของโลกทำมุมเอียง $23\frac{1}{2}$ องศา กับแนวตั้งฉากกับแนวโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ (7)

การแบ่งฤดูกาลพิจารณาจากเกณฑ์ตำแหน่งของโลก ซึ่งโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นหลักเกณฑ์ ส่วนการแบ่งฤดูกาลของประเทศไทยซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรในเขตละติจูด ประมาณ 5-20 องศาเหนือ แบ่งพิจารณาเป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณประเทศไทยตอนบนเหนือกันอ่าวไทยขึ้นไป แบ่งเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และ ฤดูฝน ส่วนบริเวณประเทศไทยตอนล่างหรือภาคใต้ อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แบ่งเป็น 2 ฤดู คือ ฤดูร้อน และ ฤดูฝน ฤดูฝนแบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือ ฤดูฝนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทางด้านฝั่งตะวันตกของภาค และฤดูฝนมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทางด้านฝั่งตะวันออกของภาคและมีระยะระหว่างฤดูนานประมาณ 1-2 สัปดาห์จึงทำให้ฤดูกาลจะคลาดเคลื่อนกันในแต่ละปี ช่วงเปลี่ยนฤดู (Transitional period) ลมจะแปรปรวน (7)

ภาคใต้ฝั่งตะวันออก จะประกอบด้วย 10 จังหวัด ได้แก่ เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส ทะเลสาบสงขลา จึงได้รับอิทธิพลของลมมรสุมที่พัดประจำเป็นฤดูกาล 2 ชนิด ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นลมเย็นและแห้งจากประเทศจีนพัดผ่านอ่าวไทย พาเอาไอน้ำไปตกเป็นฝนทั่วไป จึงทำให้ฝนตกชุกจะเป็นฝนที่ตกไม่เลือกเวลาโดยมีโอกาสดกได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นตอนเช้า ตอนเย็น หรือตอนกลางคืน และมักจะเป็นฝนที่ตกต่อเนื่องกันไปเป็นระยะเวลานาน ๆ ในบางครั้งฝนอาจตกนานถึง 2 วัน ติดต่อกัน ดังนั้นในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจึงได้รับฝนมากกว่าในช่วงอื่น โดยจะมีฝนทั่วไป และมีฝนตกหนักถึงหนักมากในบางช่วง และฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านมหาสมุทรอินเดียพาเอาไอน้ำและความชุ่มชื้น แต่เนื่องจากเทือกเขาตะนาวศรีซึ่งอยู่ทางด้านตะวันตกกั้นกระแสนลมไว้ ทำให้บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก มีฝนตกน้อยกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตกซึ่งเป็นด้านรับลม จะเป็นฝนในช่วงบ่ายถึงค่ำ ในช่วงเช้าจะมีเมฆบางส่วน และจะก่อตัวทวีขึ้นในช่วงบ่าย ฝนที่ตกส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นฝนฟ้าคะนอง ซึ่งจะมีลมกระโชกแรงเป็นครั้งคราวในขณะที่มีฝน (7)

เมื่อพิจารณากระแสลมประจำท้องถิ่น(7)และปริมาณน้ำฝน(ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ค) ประกอบกันแล้ว สามารถแบ่งฤดูกาลเพื่อการศึกษาในช่วง พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 ได้ดังนี้คือ

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม ระยะนี้เป็นช่วงว่างของฤดูมรสุม หลังจากสิ้นสุดฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแล้วอากาศจะเริ่มร้อน และมีอากาศร้อนจัดที่สุดในเดือนเมษายนแต่ไม่ร้อนมากนัก

ฤดูฝน แบ่งได้ 2 ช่วง คือ

- ช่วงแรก เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน – กันยายน โดยในช่วงดังกล่าวจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

- ช่วงหลัง เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม – มกราคม โดยในช่วงดังกล่าวจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา แบ่งออกได้ เป็น 3 ส่วน ส่วนแรกจะถูกดูดซึมลงสู่แผ่นดินและกลายเป็นน้ำใต้ดิน ส่วนที่สองระเหยกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศในรูปของไอน้ำและจับกลุ่มรวมตัวกันเป็นเมฆ ส่วนที่สามจะกลายเป็นน้ำท่าไหลลงสู่ลำน้ำสาขาของลุ่มน้ำทะเลสาบและเป็นแหล่งน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา ทั้งยังเป็นส่วนผลักดันน้ำเค็มเข้ามาสู่บริเวณทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนในอีกด้วย

ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณธาตุอาหาร นั้น Lewis (8) ได้รายงานไว้ว่า เมื่อฝนตกลงมาจะชะล้างเอาธาตุอาหารจากผิวดินอย่างรวดเร็ว ทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เจือปนในลำธารมีมากขึ้น บุญปลูกและคณะ (9) ยังพบอีกว่า สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำฝนมีแนวโน้มสัมพันธ์กับช่วงเวลาต่าง ๆ ของฤดูฝนคือ ในต้นฤดูฝนความเข้มข้นของธาตุอาหารจะมากที่สุดเกือบทุกชนิด ในช่วงกลางฤดูฝนจะมีปริมาณความเข้มข้นลดลง ปลายฤดูฝนความเข้มข้นของธาตุอาหารอาจสูงขึ้นอีก นอกจากนี้ น้ำฝนที่ซึมผ่านชั้นดินยังมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในดินโดยไหลมากับน้ำส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งซึมผ่านชั้นดินในระดับต่าง ๆ ลงสู่ลำธาร

เมื่อพิจารณาถึงหยาดน้ำฟ้า (precipitation) จะมีปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสปะปนมาด้วย แต่มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับน้ำผิวดิน Uttormark และคณะ (10) ได้ศึกษาอิทธิพลต่าง ๆ มีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในหยาดน้ำฟ้า เช่น ศูนย์กลางของเมืองและการอุตสาหกรรม ต้นไม้ และการพัฒนาที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปพบว่าเมืองที่มีทะเลสาบมีการกระจายของไนโตรเจนสูงประมาณ 2-3 ปอนด์ต่อเอเคอร์ต่อปี ส่วนทางตอนใต้ของเมืองมีไนโตรเจนน้อยกว่า 1 ปอนด์ต่อเอเคอร์ต่อปี Reid (11) พบว่าในทะเลสาบ Mendota มีความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนเตรท จะมีความเข้มข้นสูงในฤดูหนาวและต่ำในฤดูร้อน เนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ ซึ่งรวมทั้งการสะสมของเสียที่มีไนโตรเจนอยู่ ปริมาณของน้ำทิ้งที่ปล่อยลงในแหล่งน้ำและความเข้มข้นของไนเตรทที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย และแบคทีเรียพวก nitrobacter สำหรับฟอสฟอรัสนั้น พบว่าปริมาณที่ได้รับเพิ่มจากหยาดน้ำฟ้าในรูปฟอสเฟตมีน้อยกว่าปริมาณที่ได้รับจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน

ส่วนสภาพภูมิอากาศ (7) คือ ผลเฉลี่ยระยะยาวของสภาพอากาศ หรือสารประกอบอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น ซึ่งตามธรรมดาตั้งแต่ 30 หรือ 35 ปี ขึ้นไป

การแบ่งภูมิอากาศต้องให้เกี่ยวข้องกับมนุษย์และพืชพรรณมากที่สุดและสารประกอบที่เกี่ยวข้องมากที่สุด ได้แก่ อุณหภูมิกับปริมาณฝน วิธีการแบ่งภูมิอากาศซึ่งเป็นที่ยอมรับมากที่สุด คือแบบคอปเปน (Koppen) โดย ดร. Wladimir koppen แห่งมหาวิทยาลัย Graz (Austria) ในปี พ.ศ.

การแบ่งภูมิอากาศในประเทศไทยได้มีการนำเอาการแบ่งภูมิอากาศแบบคอปเป็นมาประยุกต์ใช้ ผลปรากฏว่า ประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นทั้งประเทศ แต่ยังสามารถแบ่งเป็นเขตภูมิอากาศย่อยๆ โดยใช้หลักเกณฑ์ของคอปเป็นได้อีก 3 ประเภท คือ ร้อนชื้นและฝนชุกตลอดปี (Af) ร้อนชื้นและช่วงฤดูแล้งชัดเจน (Aw) และร้อนชื้นและช่วงฤดูแล้งสั้น (Am) จากข้อมูลปริมาณฝนที่มีแนวโน้มลดลงในปัจจุบันปรากฏว่า บริเวณประเทศไทยส่วนใหญ่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นและช่วงฤดูแล้งชัดเจน

การผันแปรของภูมิอากาศในประเทศไทยในแต่ละบริเวณมีไม่มากนักและไม่เด่นชัด เพราะมีอาณาเขตไม่กว้างขวาง แต่มีความยาวตามเมอริเดียน แต่ภูมิอากาศของไทยมีความแตกต่างกันบ้างในแต่ละบริเวณได้แก่ สภาพภูมิประเทศมีเทือกเขาตะนาวศรีกั้นลมฝนทำให้ตอนกลางของประเทศมีฝนน้อย ความสูงของพื้นที่เทือกเขาสูงส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนืออากาศจึงเย็นได้มากกว่าบริเวณอื่นๆ ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน จึงมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงวันมากกว่าภาคใต้ซึ่งมีทะเลล้อมรอบ ส่วนภูมิอากาศของภาคใต้โดยเฉพาะจังหวัดสงขลาศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก จังหวัดสงขลา ได้เก็บข้อมูลภูมิอากาศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-พ.ศ. 2542 (ภาคผนวก ค)

2.2 การใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่นๆ

เมื่อมีการใช้ประโยชน์จากที่ดินและมีกิจกรรมจากมนุษย์โดยการใช้ น้ำจะเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของปริมาณ TN, TP การสูญเสียในลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นในบริเวณที่มีความลาดชัน ผิวหน้าดินไม่มีสิ่งปกคลุมและไม่มีการจัดการเพื่อลดความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านหน้าดิน อัตราการแทรกซึมของน้ำขึ้นขึ้นกับความพรุนของดิน ขนาดของช่องในดินและการแพร่กระจายของช่องดังกล่าว กล่าวคือ ดินเนื้อหยาบจะมีการเคลื่อนย้ายได้ง่ายกว่าดินเนื้อละเอียด แต่ดินเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างเด่นชัดและเป็นดินที่มีการแตกตัวได้ง่ายเมื่อแห้ง จะทำให้การเคลื่อนย้ายไปได้ดีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินลักษณะดังกล่าวอยู่ในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก นอกจากนี้คุณสมบัติของดินที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารอีก คือ ความเป็นกรด-ด่าง การระบายอากาศของดิน และระดับความชื้นในดิน ดังนั้นการทำให้ดินมีสิ่งปกคลุมหน้าดิน เช่น การปลูกพืชและการเพิ่มความพรุนผิวหน้าดินเพื่อเพิ่มอัตราการซาบซึมลงของน้ำจากผิวหน้าดิน จะเป็นการลดปริมาณน้ำไหลบ่าจากผิวหน้าดินได้ทางหนึ่ง (12)

ลักษณะการใช้ที่ดินรอบทะเลสาบสงขลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา เนื่องมาจากกิจกรรมของประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา น้ำทิ้งจาก

กิจกรรมเหล่านี้จะไหลลงสู่ลำน้ำสาขาต่างๆ แล้วไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา กิจกรรมที่เป็นอาชีพหลักของประชากร คือ การเกษตร ในการเกษตรกรรมสามารถจำแนกตามชนิดของการเพาะปลูกได้เป็น นาข้าว พืชไร่ ไม้ผล ยางพารา พืชผัก พืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอันดับหนึ่งของภาคใต้โดยเฉพาะจังหวัดสงขลา คือ ยางพารา ซึ่งมีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุดในประเทศ ส่วนบริเวณที่ราบลุ่มรอบ ๆ ทะเลสาบสงขลาและลำน้ำสาขาส່วญ่จะใช้เป็นพื้นที่ปลูกข้าว สวนผลไม้จะกระจายอยู่ทั่วไปรอบ ๆ ที่อยู่อาศัยของชุมชนชนบท (4) และในการเกษตรกรรมจะมีการใช้ปุ๋ยบำรุงพืชสูตรตามที่หน่วยราชการแนะนำ ปุ๋ยที่คังคังอยู่ในดินบางส่วนและส่วนที่เหลือจากการใช้จะถูกชะล้างลงสู่ทะเลสาบ อาชีพอันดับรองลงมาจากกาการเพาะปลูกแล้ว คือ การประมง มีการทำประมงหลายรูปแบบและครบวงจรจึงมีโรงงานอุตสาหกรรมรองรับ เช่น โรงงานห้องเย็น โรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ เป็นต้น การประมงจำแนกได้เป็น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด น้ำกร่อย และการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งจะมีปริมาณอาหารเหลือจากการให้อาหารและของเสียที่สัตว์น้ำถ่ายทิ้งหมักหมม ชาติอาหารที่ปะปนอยู่ในน้ำทิ้งหรือของเสียจากบ่อคังนั้นจะได้มาจากปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกที่ใส่ลงในบ่อดินเพื่อเป็นอาหารของแพลงก์ตอนพืช ทำให้แพลงก์ตอนพืชขยายพันธุ์ เป็นอาหารลูกคังต่อไป ในระหว่างกาการเลี้ยงกุ้งทะเลแบบพัฒนาจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ส่วนจำนวนครั้ง ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนถ่ายนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสถานที่ ฤดูกาล และการจัดการ ซึ่งน้ำที่ระบายออกมานั้น จะมีชาติอาหารจากปุ๋ยคังที่ได้คังแล้ว ยังมีอาหารผสมอัดเม็ดมีองค์ประกอบหลักคือ ปลาป่นที่มีโปรตีนสูงและเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญและมีฟอสฟอรัสด้วย ส่วนอาหารสดจะให้เศษเหลือสารอินทรีย์ที่เน่าสลายให้ชาติอาหารต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นไนโตรเจน

กาการเลี้ยงปลุสัตว์ คือ กระบือ โค สุกร เป็ด และ ไก่ เป็นอาชีพอันดับรอง ๆ ลงไป บริเวณที่เลี้ยงปลุสัตว์มักจะมีปัญหาของเสียที่เกิดจากมูลสัตว์ ก่อให้เกิดปัญหาการส่งกลิ่นเหม็น หมูบ้านที่มีครัวเรือนเลี้ยงปลุสัตว์เป็นปริมาณมากจะเกิดผลกระทบรุนแรงกว่าเพราะมีความเข้มข้นของเสียมากกว่ากาการเลี้ยงแบบกระจายตัวหลาย ๆ ครัวเรือน (5)

นอกจากกิจกรรมที่เป็นอาชีพแล้วยังมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา ได้แก่ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ลดลง ป่าไม้ทำหน้าที่เสมือนฟองน้ำดูดซับน้ำไว้ เมื่อป่าไม้ลดลงน้ำที่ไม่ได้ถูกดูดซับจะชะหน้าดินพังทลาย ทำให้ชะปริมาณชาติอาหารที่คังคังในดินซึ่งมาจากใบไม้ที่คังทับถมกัน ในบริเวณป่าไม้ ปริมาณชาติอาหารจากการเกษตร การปลุสัตว์ บ้านเรือน แหล่งพักอาศัย โรงงาน ไหลลงสู่ลำน้ำสาขาค้าง ๆ และลงสู่ทะเลสาบสงขลา ส่วนสาเหตุที่ทำให้จำนวนพื้นที่ป่าไม้ลดลง ได้แก่ การลักลอบตัดไม้ การขาดแคลนกำลังเจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่า ขาดกาการฟื้นฟูสภาพป่า ปัญหาความไม่ชัดเจนของแนวเขตป่า การประกาศเขตพื้นที่ป่าสงวนทับที่ทำกินของชาวบ้าน และขาดองค์กาชาวบ้านให้ความช่วยเหลือรวมทั้งป่าที่ถูกทำให้เสื่อม

สภาพไปทั้งเกิดจากการกระทำของมนุษย์หรือภัยธรรมชาติ เช่น ไฟไหม้ป่า ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารจะเพิ่มขึ้น (5) สาเหตุทั้งหลายเหล่านี้เนื่องด้วยการเพิ่มของประชากรซึ่งจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น

การเพิ่มของประชากรก่อให้เกิดการพัฒนาเมือง การขยายชุมชนเมือง การขยายชุมชนเมืองรอบ ๆ บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เทศบาลนครหาดใหญ่ของจังหวัดสงขลา เป็นเมืองศูนย์กลางการพัฒนาภาคใต้ที่มีประชากรอาศัยอยู่จำนวนมากและมีความหนาแน่นสูง ประกอบกับมีสิ่งอำนวยความสะดวกหรือสถานประกอบการขนาดใหญ่ทั้งร้านค้า บริษัทห้างร้าน โรงแรม โรงงาน อุตสาหกรรมตั้งอยู่จำนวนมาก สำหรับเทศบาลเมืองสงขลาเป็นเมืองศูนย์กลางการบริหารการปกครองและการศึกษา โดยมีประชากรจำนวนมากรองจากเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาอยู่ในแผนส่งเสริมการท่องเที่ยว จึงทำให้นักท่องเที่ยวมากมายทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศซึ่งถือเป็นประชากรแฝงหมุนเวียนเข้ามาในเขตจังหวัดสงขลาตลอดทั้งปี จากการพักค้างคืนทำให้เกิดน้ำทิ้งจากนักท่องเที่ยวเหล่านี้รวมทั้งประชากรในพื้นที่ที่จะไหลลงในทะเลสาบสงขลาด้วยเช่นกัน ทั้งยังมีโรงงานขนาดใหญ่ประเภทที่มีมลพิษสูงตั้งอยู่ใกล้ชุมชน ประเภทอุตสาหกรรมหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ได้แก่ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ยางพาราซึ่งมีภาวะมลพิษสูง จะรวมกันอยู่บริเวณชุมชนเมือง ยกเว้นการทำเหมืองแร่และเหมืองหินซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณเทือกเขา ปัญหาส่วนใหญ่เป็นปัญหาเนื่องมาจากน้ำทิ้งจากโรงงาน นอกจากนี้เทศบาลเมืองสงขลายังติดอยู่กับทะเลสาบสงขลา ทำให้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มีผลกระทบที่รุนแรงกว่าพื้นที่อื่น สำหรับเทศบาลเมืองพัทลุงมีการพัฒนาช้ากว่าเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลเมืองสงขลา เนื่องจากไม่ได้เป็นเมืองหลัก มีจำนวนประชากรน้อยกว่า และจังหวัดพัทลุงไม่ได้อยู่ในแผนส่งเสริมการท่องเที่ยวมีนักท่องเที่ยวน้อยกว่า โรงงานที่มีอยู่ส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็กที่ทำการแปรรูปผลิตผลจากการเกษตร(5) จึงมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษต่าง ๆ ในเขตเมืองน้อยกว่า

จากงานวิจัยของ Cook และ Williams (13) และ Hynes (14) ได้กล่าวว่า กิจกรรมเกี่ยวกับการเกษตรหรือการก่อสร้างในลุ่มน้ำเกือบทั้งหมด เป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและตะกอนจากการพังทลายของดินเป็นตัวช่วยทำให้ฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำได้เป็นจำนวนมากซึ่งไปสอดคล้องกับ Golterman (15) ที่พบว่า การพังทลายของพื้นที่ที่ใช้เลี้ยงสัตว์จะเพิ่มปริมาณฟอสเฟตให้แก่ดินและน้ำได้เร็วกว่าการเกิดตามธรรมชาติซึ่งเกิดขณะมีพายุฝนฟ้าคะนองอย่างหนักหรือเนื่องจากความแห้งแล้ง เช่น แอฟริกา เป็นต้น Burwell และคณะ (16) พบว่าการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารจากดินในปีหนึ่งใน West Central Minnesota นั้นเกิดขึ้นจากการพังทลายอย่างรุนแรงทำให้สูญเสียสารละลายไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โดยการดูดซับไปกับตะกอนมากกว่าน้ำไหล

บ่าหน้าดิน ส่วนในเรื่องการใช้ปุ๋ยในการเกษตรนั้น Armitage (17) พบว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในพื้นที่ชลประทานขนาดใหญ่จะเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสให้แก่แหล่งน้ำอย่างมาก ซึ่งจะไปเร่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชน้ำอย่างรวดเร็ว ส่วน Miller (18) Jackson และคณะ (19) นั้นพบว่า เมื่อเพิ่มไนโตรเจนลงในดิน ในอัตราสูงจะมีผลต่อความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำได้ดิน ซึ่งความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำได้ดินสูงกว่าในน้ำผิวดินอีกด้วย ส่วนน้ำที่ระบายออกจากบริเวณเลี้ยงปลุสัตว์ซึ่งจะมีปุ๋ยคอกเป็นของเสียพวกอินทรีย์สารและอาหารเหลือจะให้ไนเตรทแก่แหล่งน้ำสูง Bradford (20) พบว่าจำนวนไนโตรเจนในน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินจะพบสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์จากบริเวณที่มีการใส่ปุ๋ยหลังจากฝนตกแล้ว 3 วัน จะปรากฏให้เห็นเช่นนั้นในระยะ 3 เดือนต่อมา และ Roger (21) ได้รายงานไว้ว่า การสูญเสียธาตุอาหารจากปุ๋ยจะมีปริมาณถึง 9 เปอร์เซ็นต์เมื่อฝนตกครั้งแรก และอีก 4 เปอร์เซ็นต์เมื่อฝนตกครั้งที่ 2 ส่วนใหญ่ฟอสฟอรัสจะถูกพัดพาไปสู่แหล่งน้ำ เมื่อน้ำไหลบ่าหน้าดิน ส่วนไนเตรทซึ่งเป็นสารละลายได้ดีจะถูกชะล้างลงไปในดิน Miller (18) Hewlett และ Nutter (22) ได้รายงานว่า ป่าไม้โดยทั่วไปมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ป่าไม้ยังเป็นแหล่งสะสมของธาตุอาหารพืชที่สำคัญและสามารถปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยการชะล้างผ่านดิน หรือถูกปลดปล่อยเมื่อดินพังทลาย Huetle และคณะ (23) ได้สรุปไว้ว่า น้ำไหลบ่าหน้าดิน จากพื้นที่เกษตรกรรม แหล่งชุมชนและอุตสาหกรรมจะเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารพืชในปริมาณสูงมากกว่าพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ เนื่องจากการเจือปนของธาตุอาหารพืชทั้งสองบนพื้นที่เหล่านี้เป็นจำนวนมาก เช่น การใช้ปุ๋ย ยามาแมลง สารเคมี และผงซักฟอก เป็นต้น ผลภาวะเนื่องจากธาตุอาหารพืช ถ้ามีมากจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และเป็นที่รำคาญแก่มนุษย์ ซึ่งเรียกว่า eutrophication (24)

ปัจจัยที่จะศึกษาตามแหล่งที่มาของธาตุอาหารไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม ได้แก่ ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร จำนวนปลุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนโรงงาน และจำนวนพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งศุภมาส (12) ได้แบ่งแหล่งที่มาเป็น 2 แหล่ง คือ แหล่งชี้ชัด (point source) และแหล่งไม่ชี้ชัด (non-point source)

- แหล่งชี้ชัด (point source) ได้แก่ น้ำฝน ของเสียจากชุมชน (น้ำโสโครกจากบ้านเรือน) น้ำทิ้งจากการเกษตร น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม ดังนั้นปัจจัยที่ศึกษาที่เป็นแหล่งชี้ชัด ก็ได้แก่ ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร จำนวนปลุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งจะเป็นน้ำทิ้งจากการเกษตร ส่วนจำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จะมีของเสียและน้ำโสโครกจากชุมชนบ้านเรือน

- แหล่งไม่ชี้ชัด (non-point source) ได้แก่ น้ำใต้ดินและน้ำจากการระบาย การกร่อนของดิน และเศษซากพืช ดังนั้น ปัจจัยที่ศึกษาที่เป็นแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลง การ

แพ้วางและทำลายป่า ทำให้หน้าดินถูกเปิดจึงเกิดการกร่อนของดินมากขึ้น รวมทั้งมีเศษซากพืช เศษใบไม้ที่ร่วงทับถมถูกย่อยสลายกลายเป็นธาตุอาหารพืช

2.3 ธาตุอาหารที่สำคัญต่อคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลา

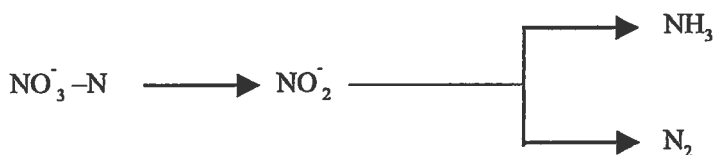
1. ธาตุอาหารไนโตรเจน

ไนโตรเจนที่เข้าสู่ทะเลสาบมีทั้งก๊าซไนโตรเจน และสารประกอบไนโตรเจน ได้แก่ อินทรีย์ไนโตรเจน เช่น สารประกอบโปรตีน ยูเรีย กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารพวกนี้เป็นสารประกอบของร่างกายพืชและสัตว์ เช่น ในอุจจาระ ปุ๋ยคอก เป็นต้น ส่วนอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไนไตรท์ (NO_2^-) ไนเตรท (NO_3^-) สารพวกนี้อยู่ในรูปของปุ๋ยหรือเกลือใน ปัสสาวะ สารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้สามารถเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปต่าง ๆ กันได้ตามกระบวนการในวัฏจักรไนโตรเจน กระบวนการที่สำคัญคือ กระบวนการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) และกระบวนการทางชีวภาพเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อการกระจายของไนโตรเจนในแหล่งน้ำ จากการศึกษาของ Aston (25) พบว่ามีการลดลงของไนเตรทเนื่องจากกระบวนการ denitrification ที่น้ำระดับล่าง เมื่อน้ำอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำใน เตรทจะถูกรีดิวซ์เปลี่ยนเป็นไนไตรท์และก๊าซไนโตรเจนได้ ส่วน Furumai และคณะ (26) พบว่า ในแม่น้ำ Rokkaku กลไกของ กระบวนการ nitrogen fixation ในตะกอนแขวนลอยและดินตะกอน ในแม่น้ำขึ้นกับอิทธิพลของน้ำขึ้น - น้ำลง

กลไกของกระบวนการ nitrogen fixation เกิดขึ้นโดยอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำจะถูก เปลี่ยนให้อยู่ในรูปแอมโมเนียโดยแบคทีเรียบางชนิด จากนั้นแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และไนเตรท โดยแบคทีเรียพวก Nitrosomonas และ Nitrobacter ตามลำดับ ดังแผนผังข้างล่าง ซึ่งเรียกว่า กระบวนการ nitrification (27) ซึ่งเป็นการกลับคืนสู่ น้ำ (regeneration) ของไนเตรท



และในรูปของ denitrification เกิดขึ้นดังแผนผัง



ไนโตรเจนรูปแบบ (form) ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ ไนเตรทไอออน (NO_3^-) ไนไตรท์ไอออน (NO_2^-) แอมโมเนีย (NH_3) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในบรรดาสารประกอบไนโตรเจนทั้งหลายนี้ แพลงก์ตอนพืชจะเลือกใช้แอมโมเนียมไอออนไนโตรเจนรูปอื่น การที่พืชชอบใช้แอมโมเนีย (NH_3) มากกว่าไนเตรท (NO_3^-) และไนไตรท์ (NO_2^-) เพราะแพลงก์ตอนพืชเอาแอมโมเนียไปสร้างกรดอะมิโน (amino acid) ได้โดยตรง แต่ถ้าพืชจะใช้ไนเตรทหรือไนไตรท์ แพลงก์ตอนพืชต้องรีดิวซ์ไนเตรทและไนไตรท์เสียก่อน (2)

สุภาพร (28) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารตามวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง พบว่าปริมาณธาตุอาหารมีค่าสูงในช่วงน้ำลงและมีค่าต่ำในช่วงน้ำขึ้นในป่าชายเลนคลองหงาวจังหวัดระนอง Siripong (29) ได้ทำการศึกษาระยะการกระจายของธาตุอาหารในอ่าวพังงา ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารจะสูงสุดเมื่อเวลาน้ำลง การกระจายตามแนวดิ่งพบว่ามีลักษณะเหมือนกัน ทั้งเวลาน้ำขึ้นและน้ำลง ยกเว้นบางเวลาที่ผลของภูมิประเทศและอุทุนิยมทำให้แตกต่างกันระหว่าง 2 ระดับ วิไลวรรณ และคณะ (30) ศึกษาการกระจายของธาตุอาหาร ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟต ซิลิเกต ของแม่น้ำเจ้าพระยาและบางปะกงใน 2 ฤดู คือ ฤดูน้ำมากและฤดูน้ำน้อย ธาตุอาหารที่พบในแม่น้ำเจ้าพระยามีความเข้มข้นสูงกว่าในแม่น้ำบางปะกง โดยเฉพาะในฤดูน้ำมากพบว่าในแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าสูงมาก อันน่าจะเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเพื่อการเกษตรกรรมในบริเวณลุ่มน้ำดอนบน อนงค์ (31) ศึกษาปริมาณสารซิลิโคน ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่าค่าความเข้มข้นของซิลิเกต ไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนีย และฟอสเฟต มีค่าอยู่ในช่วง 0.88 – 29.58 0.10 – 1.59 0.26 – 4.7 0.29 – 13.49 และ 0.14 – 1.67 ไมโครโมล/ลิตร ตามลำดับ ส่วน Coots และ Yeats (32) ได้ศึกษาการแพร่กระจายของธาตุอาหารไนไตรท์ ไนเตรทในอ่าว St. Lawrence พบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารจะเพิ่มขึ้นตามความลึกและระยะทางที่เข้าไปในอ่าว และมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

ปริมาณและรูปของไนโตรเจนในน้ำไหลบ่าขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ที่ดินเป็นสำคัญโดยทั่วไปแล้วน้ำไหลบ่าจากดินที่ใช้ในการเพาะปลูกจะมีไนโตรเจนอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ขณะที่น้ำไหลบ่าจากดินที่ใช้ในการเพาะปลูกจะมีไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่

และจากการศึกษาของ Burt ในปี ค.ศ. 1991 อ้างโดย สุภมาศ (12) ถึงรูปของไนโตรเจนจากพื้นที่ทำการเกษตรที่เคลื่อนย้ายเข้าสู่แม่น้ำวินดริช(windrush)อันเป็นแม่น้ำสาขาของแม่น้ำเทมส์(Thames) พบว่าประกอบด้วยไนเตรท 60 % และไนโตรเจนอินทรีย์ 40% ดังนั้น ในการศึกษาถึงปริมาณไนโตรเจนที่เคลื่อนย้ายเข้าสู่แหล่งน้ำ จะต้องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแทนที่จะวิเคราะห์แต่เฉพาะปริมาณไนเตรทเท่านั้น

2. ธาตุอาหารฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำได้มาจากการสลายตัวของหินฟอสเฟต หรือแร่ฟอสโฟไรต์(phosphorites) เป็นอนินทรีย์ฟอสเฟต และจากการเน่าเปื่อยผุพังของซากพืชซากสัตว์เป็นอินทรีย์ฟอสเฟต ฟอสเฟตสามารถปนเปื้อนในน้ำธรรมชาติได้หลายทาง เช่น น้ำทิ้งจากครัวเรือนมีฟอสเฟตจากผงซักฟอกซึ่งเป็นโพลีฟอสเฟตเป็นส่วนใหญ่ น้ำทิ้งจากการเกษตรซึ่งมีปุ๋ยที่ถูกชะพาลงสู่แหล่งน้ำในรูปออร์โธฟอสเฟต

ความสำคัญของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ คือ เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ อนินทรีย์ฟอสฟอรัสและฟอสฟอรัสที่แขวนลอยจะมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นอย่างมากในแง่การควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ และจากการศึกษาของ Lee (33) พบว่า ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบหลักในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และสิ่งมีชีวิตต้องการฟอสฟอรัสเพื่อใช้ในขบวนการเมตาโบลิซึม ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ที่อยู่ในแหล่งน้ำจะพบในสิ่งมีชีวิตพวกที่แขวนลอยอยู่และพวกสาหร่ายหรือพืชเล็ก อัตราการผลิตทางชีววิทยาของทะเลสาบจะสัมพันธ์กับการนำเข้าของฟอสฟอรัสจากแหล่งภายนอกมาสู่วงจรของฟอสฟอรัสในทะเลสาบ ฉะนั้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสจึงมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมาก ส่วนใหญ่แล้วปัญหาของแหล่งน้ำที่เกิดจากฟอสฟอรัส มักเกิดจากการที่แหล่งน้ำได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณสูงเกินไป เป็นส่วนใหญ่ถ้าฟอสฟอรัสเข้าสู่แหล่งน้ำมากเกินไปแหล่งน้ำนั้นจะเกิดการเสื่อมโทรมได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสปริมาณมากนี้จะไปเร่งการเจริญเติบโตของพืชน้ำให้ขยายตัวเพิ่มปริมาณมากขึ้นอย่างรวดเร็ว อันอาจก่อให้เกิดการขึ้นเขียวได้ หรือเมื่อพืชน้ำเหล่านั้นตายลงอาจเกิดการขาดออกซิเจนก่อให้เกิดภาวะน้ำเสียได้ เป็นต้น การที่ฟอสฟอรัสมีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับธาตุอาหารตัวอื่น ๆ เนื่องมาจากสิ่งมีชีวิตมีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณต่ำแต่ไม่สามารถขาดได้ ถ้าแหล่งน้ำใดขาดฟอสฟอรัสผลผลิตทางชีววิทยาของแหล่งน้ำก็จะต่ำหรือลดลง โดยเฉพาะถ้าแหล่งน้ำนั้นเป็นแหล่งของผลผลิตทางประมงซึ่งควรมีผลผลิตสัตว์น้ำสูง แต่เมื่อมีฟอสฟอรัสในปริมาณต่ำกว่าปริมาณที่เหมาะสม ผลผลิตสัตว์น้ำอาจลดลงได้

ฟอสฟอรัสโดยทั่วไปมี 4 รูปแบบ (34) คือ

1. อนินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำ ได้แก่ ออร์โธฟอสเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติพบว่า H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} มีมากกว่า PO_4^{3-} และ H_3PO_4 และออร์โธฟอสเฟตไอออนเท่านั้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง

2. อินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำ ได้แก่ phosphoproteins phospholipids เป็นต้น ซึ่งได้มาจากเซลล์สิ่งมีชีวิต

3. อินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่แขวนลอย ได้แก่ ฟอสฟอรัสที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต หรือสิ่งมีชีวิตเพิ่งตาย จึงแขวนลอยอยู่ในน้ำ ฟอสฟอรัสแบบนี้มีมากที่สุด

อินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ถูกดูดซับบนสารแขวนลอย ได้แก่ ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายน้ำเพราะยึดอยู่กับเหล็ก แคลเซียม อลูมิเนียม แต่ฟอสฟอรัสแบบนี้จะสามารถละลายได้มากหรือน้อยขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลาย

จากการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านพบว่า สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทะเลมีปริมาณน้อยกว่าอนินทรีย์ฟอสเฟต (35) และอนินทรีย์ฟอสเฟตส่วนที่ละลายน้ำจะถูกใช้โดยสาหร่ายและแบคทีเรียสร้างเป็นอินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่แขวนลอย ซึ่งสามารถถูกปลดปล่อยออกมาได้ทั้งรูปอินทรีย์ และอนินทรีย์ฟอสเฟตส่วนที่ละลายน้ำ จากการจับถ่ายอินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำจะถูกแบคทีเรียย่อยสลายเปลี่ยนเป็นรูปอนินทรีย์ฟอสเฟตส่วนที่ละลายน้ำได้ กระบวนการนี้เกิดขึ้นได้ทั้งในน้ำที่แรกอยู่ระหว่างดินตะกอนจะถูกแลกเปลี่ยนโดยการแพร่สู่น้ำข้างบนได้ และฟอสเฟตไอออนที่มีอยู่มากจะถูกดูดซับไว้บนผิวของอนุภาคดินเหนียว และบนซากพืชซากสัตว์

Jitts (1959) อ้างถึงใน Day (36) กระบวนการ sorption – desorption เป็นปฏิกิริยาสมดุลอันดับแรกที่มีผลเป็นกลไกสำคัญของการเกิดบัพเพอร์ของอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ส่วนที่ละลายน้ำ โดยที่ความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสส่วนที่ละลายน้ำ (ในรูปฟอสเฟตไอออน) ที่มีมากจะถูกดูดซับไว้บนอนุภาค และทำให้มีความเข้มข้นในน้ำต่ำ อนินทรีย์ฟอสฟอรัสก็จะถูกปลดปล่อยจากดินตะกอนสู่ น้ำ Kunushi และ Glotfelty (37) พบว่า ฟอสเฟตที่ละลายน้ำขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีการปลดปล่อยฟอสเฟตออกจากตะกอนดินมากขึ้น Butler และ Tibbitts (38) ศึกษาในบริเวณ Tamar estuary พบว่า เมื่อปริมาณดินตะกอนแขวนลอยในน้ำสูงขึ้นจะควบคุมระดับของฟอสฟอรัสในน้ำ โดยการดึงฟอสฟอรัสที่มีมากในน้ำออกและปล่อยฟอสฟอรัส เมื่อในน้ำมีน้อยเป็นผลให้เกิด buffering อยู่ในช่วง 22 – 46 $\mu\text{gP/l}$ Pomeroy Smith และ Grant (39) ศึกษาพบว่าการคายฟอสเฟตจากตะกอนเมื่อนำตะกอนมาผสมกับน้ำที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตต่ำกว่า

Steffansson และ Richard (40) ศึกษาพฤติกรรมของฟอสเฟตที่ละลายน้ำระหว่างการผสมผสานของน้ำในบริเวณเอคทูรีของแม่น้ำ Columbia พบว่า ความเข้มข้นของฟอสเฟตเกือบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงความเค็มที่พบบริเวณเอสทูรีนั้น (0-32 ส่วนในพันส่วน) ที่ระดับความเข้มข้น $37 \mu\text{g P/I}$ ($1 \mu\text{mdo/I}$) ซึ่งเนื่องมาจาก “buffering effect” ในน้ำบริเวณเอสทูรี ซึ่งพยายามรักษาค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของฟอสเฟตในบริเวณเอสทูรีให้มีค่าอยู่ที่ $37 \mu\text{g P/I}$

จากการศึกษาของ เพราพรรณ (34) พบว่า เมื่อพิจารณาในเขตต่าง ๆ ของทะเลสาบสงขลา จะเห็นได้ว่าเขตทะเลหลวงตอนบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สิ่งมีชีวิตใช้ได้ในรูปแบบที่ละลายน้ำและรูปที่ดูดซับบนสารแขวนลอยสูงกว่าทะเลสาบตอนนอกและทะเลหลวงตอนล่างตามลำดับ ส่วนฟอสฟอรัสที่ดูดซับบนตะกอนที่สิ่งมีชีวิตใช้ได้ ในเขตทะเลหลวงตอนบนจะต่ำกว่าเขตทะเลสาบตอนนอกเล็กน้อย เขตทะเลหลวงตอนล่างหรือทะเลสาบตอนกลางจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทุกรูปต่ำที่สุด และยังพบว่าสมมูลของฟอสฟอรัสระหว่างน้ำกับตะกอนจะควบคุมฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำส่วนที่สิ่งมีชีวิตใช้ได้ของทะเลสาบสงขลาให้คงที่อยู่ประมาณ 0.6 – 0.7 ไมโครโมลลิตร

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับแพลงก์ตอนพืช

ปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์ในทะเลสาบอย่างยิ่งเพราะแพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตลำดับที่หนึ่งของห่วงโซ่อาหาร (food chain) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ห่วงโซ่อาหารอาจยาวหรือสั้นก็ได้ขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำ เช่น ในมหาสมุทร (oceanic water) จะมีห่วงโซ่อาหารยาวถึง 7 ห่วง แถบชายฝั่งทะเลห่วงโซ่อาหารสั้นลงเหลือเพียง 4 ห่วง ส่วนชายฝั่งที่มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์มากจะมีห่วงโซ่อาหารสั้นเพียง 2 – 3 ห่วง แพลงก์ตอนพืชมีสารที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง สารสีหลักมี 3 ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (chlorophylls) แคโรทีนอย (carotenoids) และไฟโคบิลโปรตีน (phycobiloproteins) แต่สารสีหลักและสำคัญคือ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี และดี คลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารสีเขียว มี 4 ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี และดี คลอโรฟิลล์ที่พบในแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายทุกชนิด คือ คลอโรฟิลล์ เอ ส่วนชนิดอื่นนั้นจะพบในแพลงก์ตอนพืชต่างชนิดกันไป คลอโรฟิลล์ เอ เป็นวัตถุดิบสังเคราะห์แสงขั้นต้น (Primary photosynthetic pigment) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงในแพลงก์ตอนพืช (41)

คลอโรฟิลล์ เอ สามารถดูดแสงได้ด้วยตัวเอง ส่วนคลอโรฟิลล์ บี ซี และดี จัดว่าเป็นสารสีสำหรับสังเคราะห์แสงขั้นสอง (secondary photosynthetic pigment) หรือสารสีประกอบคือ ทำหน้าที่ดูดพลังงานจากแสงแล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ

แต่ละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ดังนั้น การสกัดคลอโรฟิลล์จากแพลงก์ตอนพืช จึงใช้เมทานอล (methanol) ร้อนหรือเย็น อาจใช้สารละลายที่เป็นส่วนผสมของเมทานอลและปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether) ในอัตรา 2 : 1 โดยปริมาตร โดยทั่วไปปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบใน แพลงก์ตอนพืชมีประมาณ 0.5 – 1.5 % ของน้ำหนักแห้ง แต่อาจมีปริมาณสูงถึง 6 % ในแพลงก์ตอนพืชที่เลี้ยงในที่มืดแสงอ่อน ๆ (41) คลอโรฟิลล์ เอ สามารถเป็นดัชนีชี้มวลชีวภาพของสาหร่ายได้อย่างคร่าว ๆ คลอโรฟิลล์ในสาหร่ายแปรเปลี่ยนตามชนิดของสาหร่าย ส่วนปัจจัยอายุ อัตราการเจริญเติบโต แสงสว่าง และปริมาณธาตุอาหาร จะมีผลต่อคลอโรฟิลล์ (2) ปริมาณคลอโรฟิลล์จึงเป็นตัวแทนของ Standing stock ของแพลงก์ตอนพืช

การผันแปรของคลอโรฟิลล์ เอ นั้น Pennock (42) กล่าวว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการผันแปรและปริมาณคลอโรฟิลล์ มีทั้ง ปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่สำคัญได้แก่ การแบ่งชั้นของน้ำตามแนวดิ่ง การนำเข้าและนำออกโดยกระแสน้ำ อุณหภูมิ ปริมาณแสงและการตกกระทบแสง การกินแพลงก์ตอนพืชโดยแพลงก์ตอนสัตว์หรือสัตว์อื่น และปริมาณของธาตุอาหาร โดยเฉพาะปริมาณของแสง และธาตุอาหารเป็นปัจจัยสำคัญ และ Laws และ Bannister (43) ก็พบว่าในบริเวณที่มีธาตุอาหารมากนั้นปริมาณและการผันแปรของคลอโรฟิลล์จะขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงเป็นสำคัญ Cadee และ Hegeman (44) พบว่าคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์อย่างดีกับผลผลิตแพลงก์ตอนพืชภายใต้แสงสว่างที่คงที่ Roman และ Tenore (45) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของคลอโรฟิลล์ เอ นั้นมีอิทธิพลเนื่องจากปริมาณแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Merlon และคณะ (46) ศึกษาความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในบริเวณ Rhore estuary พบว่าคลอโรฟิลล์ เอ บริเวณผิวน้ำมีค่าสูงสุดในฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วง มีค่าต่ำสุดในฤดูหนาว โดยพบว่าคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงเนื่องจากการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชบริเวณผิวน้ำ ทั้งส่วนที่เป็นน้ำจืดและน้ำทะเล ซึ่งปริมาณแสงที่ได้รับนับเป็นอิทธิพลสำคัญ และ Malline และคณะ (47) ก็พบว่าการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ เอ ใน Neuse estuary ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จากฤดูใบไม้ผลิและไปสูงสุดในฤดูร้อน ประกอบกับในเขตอบอุ่นแหล่งน้ำจะมีการสะสมธาตุอาหารไว้มากในช่วงฤดูหนาว และจะถูกนำขึ้นมาใช้โดยแพลงก์ตอนพืชในฤดูใบไม้ผลิ Wofsy (48) กับ Pennock (42) ยังได้พบอีกว่าความสัมพันธ์ของคลอโรฟิลล์กับปริมาณแสงในบริเวณที่ไม่มีการแบ่งชั้นน้ำ (non-stratification) ปริมาณของตะกอนแขวนลอยในน้ำเป็นตัวจำกัดปริมาณของคลอโรฟิลล์ เนื่องจากจะมีผลต่อปริมาณแสงที่ส่องลงไปใต้น้ำนั่นเอง นอกจากนี้ Anderson (49) พบว่า บริเวณนอกชายฝั่ง Oregon ประเทศสหรัฐอเมริกา ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีมากที่สุดที่ความลึก 60 เมตร มีผลมาจากการผันแปรของธาตุอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและไนโตรเจน และ Uno (50) พบว่า การแพร่กระจายตามความลึกของ

คลอโรฟิลล์ เอ ในมหาสมุทรแอนตาร์กติกส่วนที่อยู่ทางประเทศอินเดียมี 2 ลักษณะ ลักษณะแรก มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุดเหนือความลึกระดับ 50 เมตร ส่วนลักษณะหลังพบว่า อยู่ใต้ความลึกระดับ 70 เมตร เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งว่าไม่พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุดที่ชั้น eutropic ซึ่งแสงสว่างส่องถึง ทั้งนี้เนื่องมาจาก อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งพบว่าบริเวณที่มีคลอโรฟิลล์ เอ สูงที่สุด มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง -1.4°C ถึง -0.3°C ที่ระดับความลึก 50 เมตร ในเดือนธันวาคมและลึก 50-125 เมตรในเดือนมกราคมมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด ซึ่งชั้นดังกล่าวนี้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงเดียวกัน Jackson (51) ได้รายงานไว้ว่า ธาตุอาหารเป็นสิ่งจำเป็นในน้ำที่มีประโยชน์ในการเป็นอาหารพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (primary producer) ของการเจริญเติบโตของพืชในห่วงโซ่อาหาร (food chain) การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์เป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำได้ (52) (53) และ วรรณ (54) ธาตุอาหารแต่ละชนิดจะถูกสะสมในแพลงก์ตอนพืชมากกว่าที่สะสมในน้ำทะเล มนูวดี (2) กล่าวไว้ว่า ปัจจัยที่จำกัดการเจริญเติบโตของพืชในทะเล ได้แก่ ธาตุอาหาร ปริมาณแสงสว่าง และออกซิเจนละลาย สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศในเขตร้อน อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ฉะนั้น ปริมาณคลอโรฟิลล์จึงขึ้นอยู่กับปริมาณการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่มีอยู่ในบริเวณนั้น

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 กำหนดพื้นที่และสถานีเก็บตัวอย่าง

พื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ ทะเลสาบทั้งหมด ยกเว้นทะเลน้อย คือ ทะเลสาบตอนใน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอก กำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 14 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของทะเลสาบสงขลา การกำหนดสถานีเก็บตัวอย่าง กำหนดจากความเหมาะสมของสภาพภูมิประเทศและทิศทางการไหลหมุนเวียนของน้ำ ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างแสดงในภาพที่ 3-1 และตารางที่ 3-1

3.2 ข้อมูลและวิธีการ

1. ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาในที่นี้ประกอบด้วย

1. ข้อมูลการใช้ที่ดินของการเกษตรและอื่น ๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542

(ภาคผนวก ข)

1.1 ข้อมูลปริมาณน้ำได้มาจากการคำนวณพื้นที่การเพาะปลูกข้าว พืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้น พืชผักและไม้ดอก ในจังหวัดสงขลาและพัทลุง รวบรวมโดย กองคลังข้อมูลและสนเทศสถิติ สำนักงานสถิติแห่งชาติ กับอัตราการใส่ปุ๋ยตามประเภทชนิดพืช โดยการส่งเสริมของสำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา

1.2 ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ จำนวนประชากร จำนวนโรงงาน จำนวนเนื้อที่ป่าไม้ รวบรวมโดย กองคลังข้อมูลและสนเทศสถิติ สำนักงานสถิติแห่งชาติ

1.3 ข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยว สำรวจและรวบรวมโดยสำนักงานการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย ภาคใต้เขต 1 จังหวัดสงขลา

1.4 ข้อมูลจำนวนพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล รวมรวมโดยกองเศรษฐกิจการประมง กรมประมง

1.5 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคุณภาพน้ำในปีพ.ศ. 2535 - พ.ศ. 2541 สํารวจและวิเคราะห์โดย สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา กรมประมง

1.6 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน สํารวจและรวบรวมโดย กรมอุตุนิยมวิทยา

2. วิธีการ

1. การสํารวจและรวบรวมข้อมูล

1.1 ข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูก ได้จากการสํารวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์ จำนวนปศุสัตว์ ได้จากการสํารวจของกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จำนวนประชากร ได้จากการสํารวจของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย จำนวนโรงงาน ได้จากการสํารวจของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม จำนวนเนื้อที่ป่าไม้ ได้จากการสํารวจของกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

1.2 ข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยว สํารวจจากนักท่องเที่ยวที่เข้าพักค้างคืนในโรงแรม ภายในจังหวัดสงขลา โดยสำนักงานการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย ภาคใต้เขต 1 จังหวัดสงขลา ส่วนจังหวัดพัทลุงสำนักงานการท่องเที่ยวไม่ได้สํารวจข้อมูลเพื่อเก็บสถิติไว้

1.3 ข้อมูลจำนวนพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล สํารวจจากผู้มาจดทะเบียนขออนุญาต ที่สำนักงานประมงจังหวัดสงขลา และสำนักงานประมงจังหวัดพัทลุง

1.4 ข้อมูลปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคุณภาพน้ำในปี พ.ศ.2535-พ.ศ. 2541 สํารวจและวิเคราะห์ทุกเดือน โดยสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา

1.5 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ได้จากการตรวจวัดของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก และศูนย์อุตุนิยมวิทยาจังหวัดพัทลุง รวบรวมข้อมูลโดยกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา

2. การจัดการข้อมูล

2.1 ปริมาณธาตุอาหารกับปัจจัยในเชิงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่นๆ ปริมาณธาตุอาหาร 2 ชนิด คือ ปริมาณTNและปริมาณTP ปริมาณChlo.a จาก 14 สถานี เก็บข้อมูลทุกเดือน ระหว่างปี พ.ศ. 2535 - พ.ศ. 2542 นำมาหาค่าเฉลี่ยรายปี

2.2 ปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝน ปริมาณธาตุอาหาร 2 ชนิด คือ ปริมาณ(TN)และปริมาณ(TP)ปริมาณChlo.a เป็นข้อมูลทุกเดือน นำมาจัดหมวดหมู่สถานที่ 1-3 เป็นทะเลสาบตอนใน สถานที่ 4-8 เป็นทะเลสาบตอนกลาง และสถานที่ 9-14 เป็นทะเลสาบตอนนอก ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535-2542

2.3 ปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝน โดยแบ่งเป็นฤดู ปริมาณธาตุอาหาร 2 ชนิด คือ ปริมาณTN และปริมาณTP ปริมาณChlo.a เป็นข้อมูลทุกเดือน ในแต่ละเดือนของทะเลสาบนำมาจัดแบ่งเป็นฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม) ฤดูฝนช่วงแรก (มิถุนายน-กันยายน) และฤดูฝนช่วงหลัง (ตุลาคม-มกราคม)

3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำ

จากข้อมูลทุติยภูมิซึ่งมีแผนงานการเก็บตัวอย่างทุกเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2535 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541 และทำการเก็บตัวอย่างทุกเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2542 เก็บตัวอย่างน้ำโดยเครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำแบบ Kitahara และ Vandorm ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างน้ำที่ประมาณถึงกลางความลึกของน้ำ

เครื่องแก้วที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ค่าทางเคมีต่าง ๆ เช่น Beakers Flasks และ Pipets ทำความสะอาดด้วยผงซักฟอก (ชนิดที่ไม่มีฟอสเฟต) แล้วล้างให้สะอาดด้วยน้ำธรรมดา (น้ำประปา) แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อยประมาณ 2 ครั้ง สำหรับ Pipets จะมีภาชนะล้างโดยเฉพาะเรียกว่า Pipet cleaners นำเครื่องแก้วที่ล้างสะอาดไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 110 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง เสร็จแล้วทิ้งไว้ให้เย็น นำไปเก็บในตู้กระจกปิดป้องกันฝุ่นละอองสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณ Phosphate มีวิธีล้างเครื่องแก้วโดยเฉพาะ

การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยแช่ในถังน้ำแข็ง อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลาเก็บรักษา 24 ชั่วโมง

3.4 การเตรียมการทดลองและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. การเตรียมการทดลองเมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างน้ำมาแช่แข็งไว้เพื่อรอการวิเคราะห์เนื่องจากไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งหมด

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง ตามวิธีใน APHA, AWWA และ WPCP อ้างถึงใน คณิต และคณะ (55)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การผันแปรของปริมาณธาตุอาหารและChlo.a

ปริมาณธาตุอาหารทั้ง 2 ชนิด คือ TN กับ TP และChlo.a ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก โดยแบ่งเป็นฤดูร้อน ฤดูฝนช่วงแรก และฤดูฝนช่วงหลัง นำมาสร้างกราฟ เส้นตรง 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 การผันแปรของปริมาณธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 (ค.ศ. 1992 – ค.ศ. 1999)

ชุดที่ 2 การผันแปรของปริมาณธาตุอาหาร และ Chlo.a ในฤดูร้อน ฤดูฝนช่วงแรก และฤดูฝนช่วงหลัง พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 (ค.ศ. 1992 – ค.ศ. 1999)

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อที่จะใช้พยากรณ์ตัวแปรตาม จากตัวแปรอิสระ จึงใช้สถิติการวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis)(56)

- กรณี ตัวแปรอิสระ 1 ตัว ตัวแปรตาม 1 ตัว เรียกว่า (univariate) simple regression
- กรณี ตัวแปรอิสระมีมากกว่า 1 ตัว ตัวแปรตาม 1 ตัว เรียกว่า (univariate multiple regression

โดยให้ x คือตัวแปรอิสระหรือตัวแปรที่ใช้พยากรณ์ (independent variable หรือ predictor variable Y คือ ตัวแปรตามหรือ ตัวแปรที่ถูกพยากรณ์ (dependent variable หรือ predicted variable)

การวิเคราะห์ใช้โปรแกรม SPSS 8.0 for Windowโดยใช้วิธีหาสมการถดถอยเชิงซ้อนในรูป เส้นตรง (multiple linear regression) การเลือกสมการถดถอยพหุคูณเส้นตรงใช้วิธีการวิเคราะห์การ ถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได (Stepwise multiple regression)

3.5.2 วิเคราะห์ในเชิงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร TN กับปัจจัยในเชิงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ และปริมาณธาตุอาหาร TP กับปัจจัยในเชิงการใช้ที่ดินทางการ เกษตรและอื่น ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลรายปี วิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 - พ.ศ.2542 โดยมีรูปแบบสม การทั่วไปดังนี้

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8$$

โดย Y = ปริมาณธาตุอาหาร (TN,TP) (mg-N/l, mg-P/l ; mg/l)

a = ค่าคงที่

b = สัมประสิทธิ์ของการถดถอยพหุคูณส่วนย่อย (Partial multiple regression coefficient)

X_1	=	ปริมาณปุ๋ย (ตัน)
X_2	=	จำนวนปศุสัตว์ (ตัว)
X_3	=	พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (ไร่)
X_4	=	พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล (ไร่)
X_5	=	จำนวนประชากร (คน)
X_6	=	จำนวนนักท่องเที่ยว (คน)
X_7	=	จำนวนโรงงาน (โรง)
X_8	=	จำนวนพื้นที่ป่าไม้ (ไร่)

1.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร TN กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนโรงงาน และปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{TN} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8$$

1.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร TN กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนโรงงาน โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{TN} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7$$

1.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร TN กับปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ โดยวิธีหาสมการถดถอยในรูปเส้นตรง (linear regression) โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{TN} = a + b_8x_8$$

1.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร TP กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนโรงงาน และปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{TP} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8$$

1.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร TP กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชิต ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนโรงงาน โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{TP} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7$$

1.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร TP กับปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชิต ได้แก่ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ โดยวิธีหาสมการถดถอยในรูปเส้นตรง (linear regression) โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{TP} = a + b_8x_8$$

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปัจจัยในเชิงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ และปริมาณธาตุอาหารซึ่งเป็นข้อมูลรายปี วิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2535-พ.ศ. 2542 โดยมีรูปแบบสมการทั่วไปดังนี้

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8 + b_9x_9 + b_{10}x_{10}$$

โดย

Y	=	ปริมาณChlo.a (µg/l)
a	=	ค่าคงที่
b	=	สัมประสิทธิ์ของการถดถอยพหุคูณส่วนย่อย (Partial multiple regression coefficient)
X ₁	=	ปริมาณปุ๋ย (ตัน)
X ₂	=	จำนวนปศุสัตว์ (ตัว)
X ₃	=	พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (ไร่)
X ₄	=	พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล (ไร่)
X ₅	=	จำนวนประชากร (คน)
X ₆	=	จำนวนนักท่องเที่ยว (คน)
X ₇	=	จำนวนโรงงาน (โรง)
X ₈	=	จำนวนพื้นที่ป่าไม้ (ไร่)
X ₉	=	ปริมาณ TN (mg-N/l , mg/l)
X ₁₀	=	ปริมาณ TP (mg-P/l , mg/l)

2.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว และจำนวนโรงงาน ปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ และปัจจัยปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณ TN กับปริมาณ TP โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{\text{chlo.a}} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8 + b_9x_9 + b_{10}x_{10}$$

2.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวน โรงงาน ปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด คือ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{\text{chlo.a}} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8$$

2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว และ จำนวน โรงงาน โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{\text{chlo.a}} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7$$

2.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ จำนวนพื้นที่ป่าไม้ โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{\text{chlo.a}} = a + b_8x_8$$

2.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณ TN กับปริมาณ TP โดยมีรูปสมการดังนี้

$$Y_{\text{chlo.a}} = a + b_9x_9 + b_{10}x_{10}$$

3.5.3 วิเคราะห์ในเชิงฤดูกาล

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร และ ปริมาณน้ำฝน ในแต่ละตอนของทะเลสาบ โดยนำข้อมูลของแต่ละสถานีมารวมกันและหาค่าเฉลี่ย

ในแต่ละเดือนในส่วนของทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก วิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 12 เดือน ในทะเลสาบแต่ละตอน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2535 - พ.ศ.2542 โดยมีรูปแบบสมการทั่วไปดังนี้

Y

โดย Y

a

b

X₁

X₂

X₃

=

=

=

=

=

=

=

a+b₁x₁ +b₂x₂ +b₃x₃

ปริมาณChlo.a (µg/l)

ค่าคงที่

สัมประสิทธิ์ของการถดถอยพหุคูณส่วนย่อย (Partial multiple regression coefficient)

ปริมาณ TN (mg-N/l , mg/l)

ปริมาณ TP (mg-P/l , mg/l)

ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี (mm.)

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝน ในแต่ละตอนของทะเลสาบ โดยนำข้อมูลของแต่ละสถานีมารวมกันและหาค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือน โดยจัดกลุ่มเป็นฤดู ได้แก่ ฤดูฝนช่วงแรก ฤดูฝนช่วงหลังและฤดูร้อน วิเคราะห์ข้อมูล 4 เดือนในทะเลสาบแต่ละตอน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535 - พ.ศ.2542 โดยมีรูปแบบสมการทั่วไปดังนี้

Y

โดย Y

a

b

X₁

X₂

X₃

=

=

=

=

=

=

=

a+b₁x₁ +b₂x₂ +b₃x₃

ปริมาณChlo.a (µg/l)

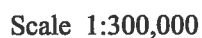
ค่าคงที่

สัมประสิทธิ์ของการถดถอยพหุคูณส่วนย่อย (Partial multiple regression coefficient)

ปริมาณ TN (mg-N/l , mg/l)

ปริมาณ TP (mg-P/l , mg/l)

ปริมาณน้ำฝนในแต่ละฤดู (mm.)



ภาพที่ 3-1 ที่ตั้งสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ตารางที่ 3 - 1 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณทะเลสาบสงขลา

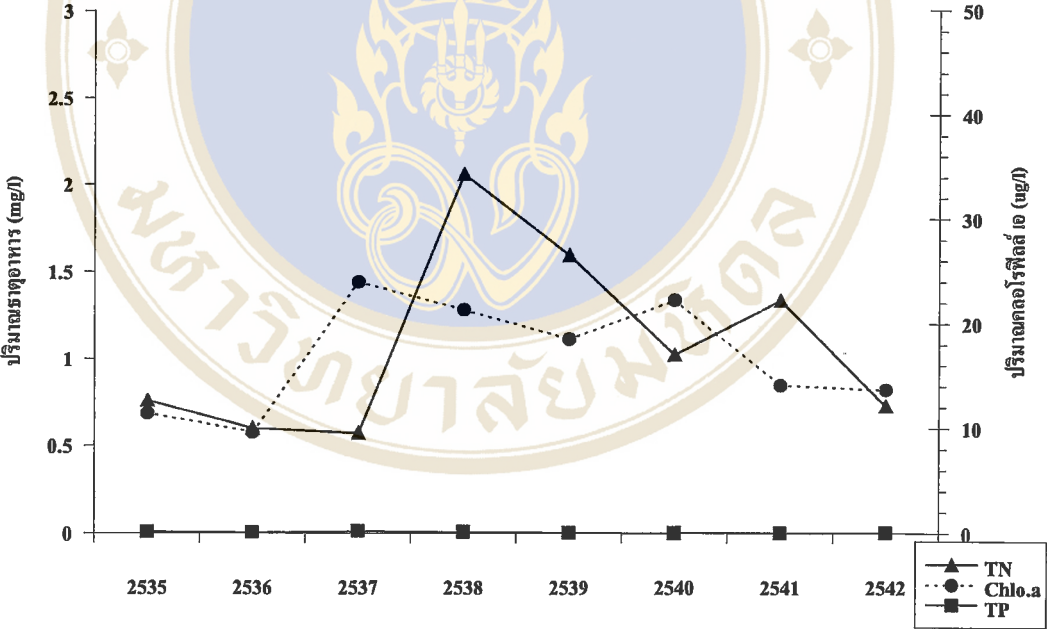
สถานี	ละติจูด	ลองจิจูด
ST1 อ.ระโนด จ.สงขลา	7° 45' 40.2 " N	100° 17' 31.7" E
ST2 อ. กระแสสินธุ์ จ.สงขลา	7° 40' 20.1 " N	100° 14' 14.5 " E
ST3 อ. เขาชัยสน จ.พัทลุง	7° 31' 28.1 " N	100° 14' 33.5" E
ST4 อ. ปากพะยูน จ.พัทลุง	7° 25' 47.3 " N	100° 17' 30.7" E
ST5 อ. ปากพะยูน จ.พัทลุง	7° 21' 26.5 " N	100° 19' 13.9 " E
ST6 อ. สิงหนคร จ.สงขลา	7° 19' 35.7 " N	100° 24' 37.5 " E
ST7 อ. สิงหนคร จ.สงขลา	7° 16' 05.5 " N	100° 24' 43.4 " E
ST8 อ. สิงหนคร จ.สงขลา	7° 15' 11.0 " N	100° 25' 58.6 " E
ST9 อ. สิงหนคร จ.สงขลา	7° 12.1' 29.1" N	100° 29.1' 46 " E
ST10 อ. บางกล่ำ จ.สงขลา	7° 09' 29.1 " N	100° 27' 13.1 " E
ST11 อ. เมือง จ.สงขลา	7° 10' 43.5 " N	100° 32' 22.4 " E
ST12 อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา	7° 08' 50.4 " N	100° 32' 28.9 " E
ST13 อ. สิงหนคร จ. สงขลา	7° 11' 12.1" N	100° 34' 4.7 " E
ST14 อ. สิงหนคร จ.สงขลา	7° 13' 29.8" N	100° 34' 27.7 " E

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

4.1 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ในทะเลสาบระหว่างปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 (ค.ศ.1992 – ค.ศ.1999)

1. การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ (ตารางที่ 4 ภาคผนวก ก)



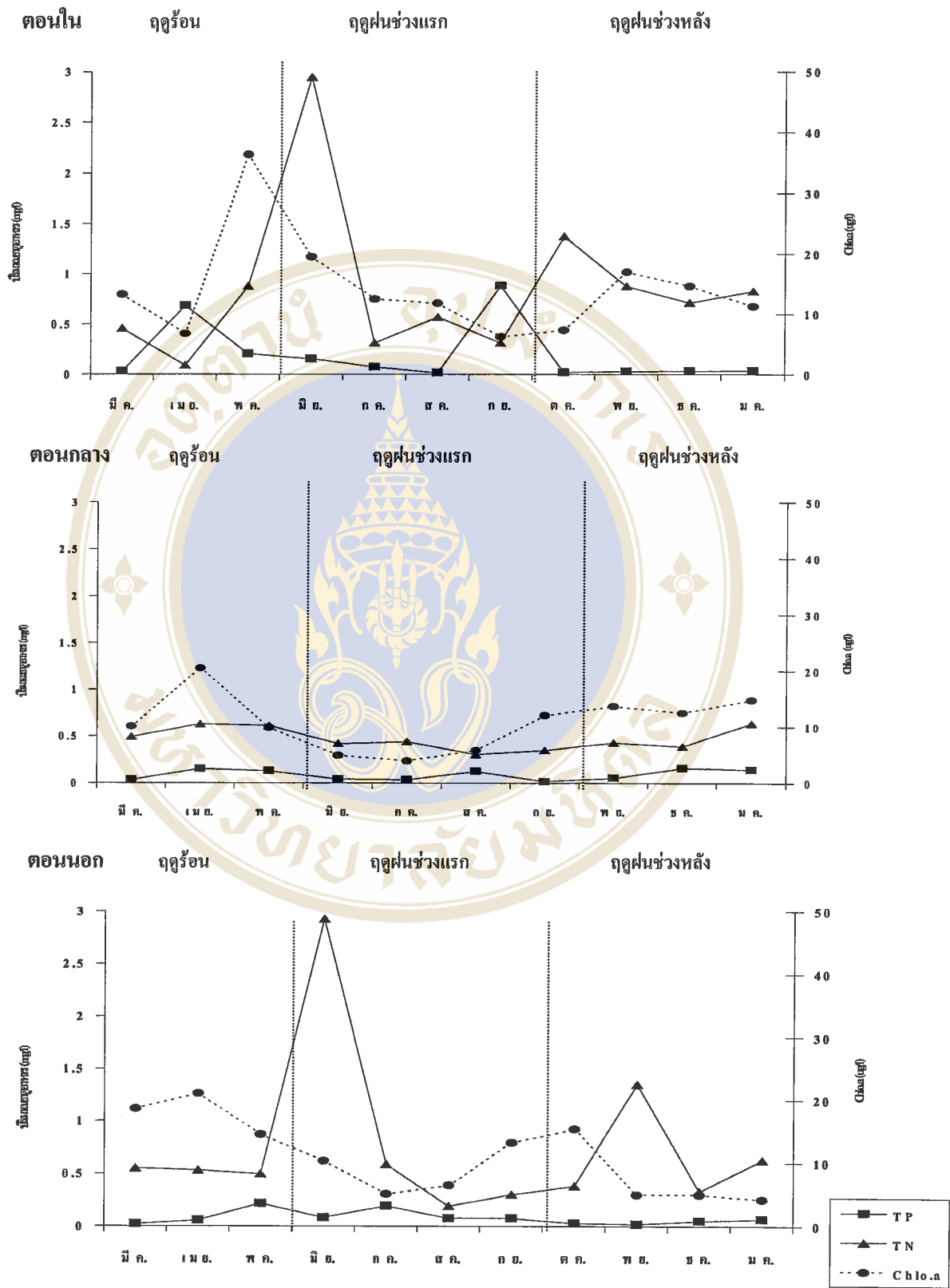
ภาพที่ 4-1 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542

ในช่วงปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2536 ปริมาณ Chlo.a ไม่แตกต่างกันมากนักในขณะที่ปริมาณของ TN ไม่แตกต่างกันมากนักเช่นกันในระหว่างปี พ.ศ. 2537 – พ.ศ. 2540 ปริมาณ Chlo.a เพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณ TN เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ส่วนปริมาณ TP มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

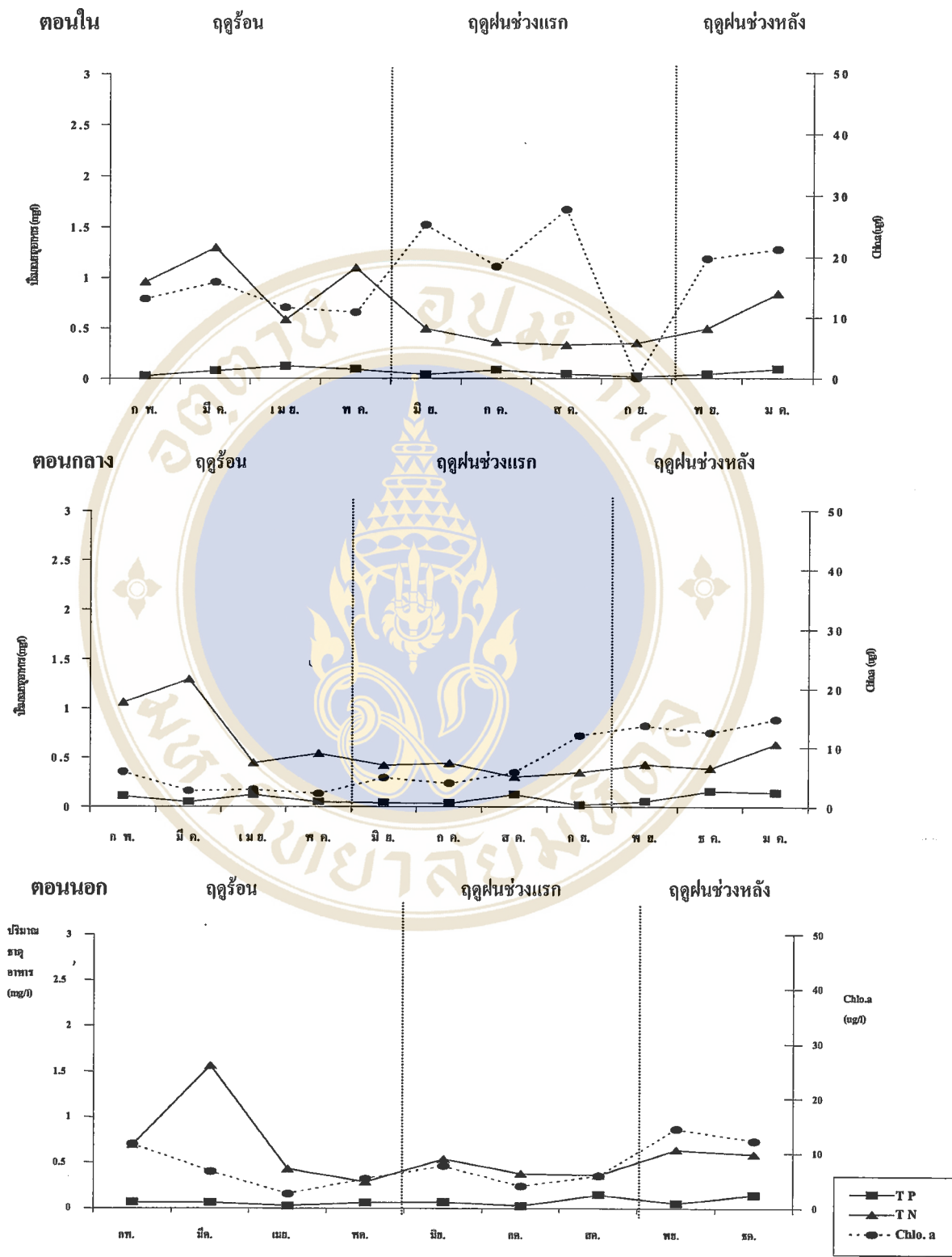
ในช่วงปี พ.ศ. 2541 – พ.ศ.2542 ปริมาณ Chlo.a ลดลงจากช่วงปี พ.ศ. 2537 – พ.ศ. 2540 และใกล้เคียงกับช่วงปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2536 แต่ปริมาณ TN ไม่ลดลงจากเดิมเท่าใดนัก

2. การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลางและตอนนอก (ภาพที่ 4-2 ถึง 4-9)

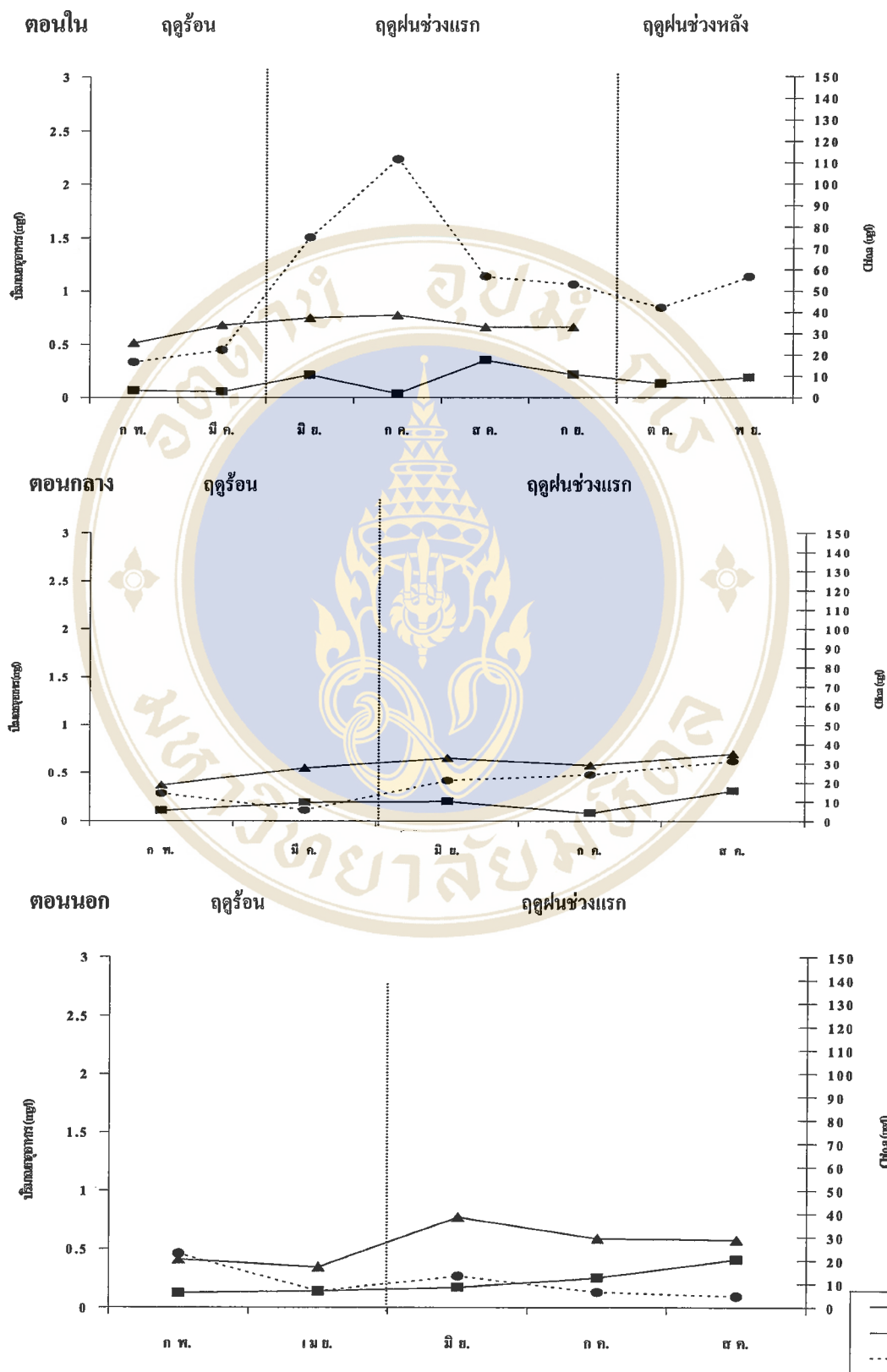




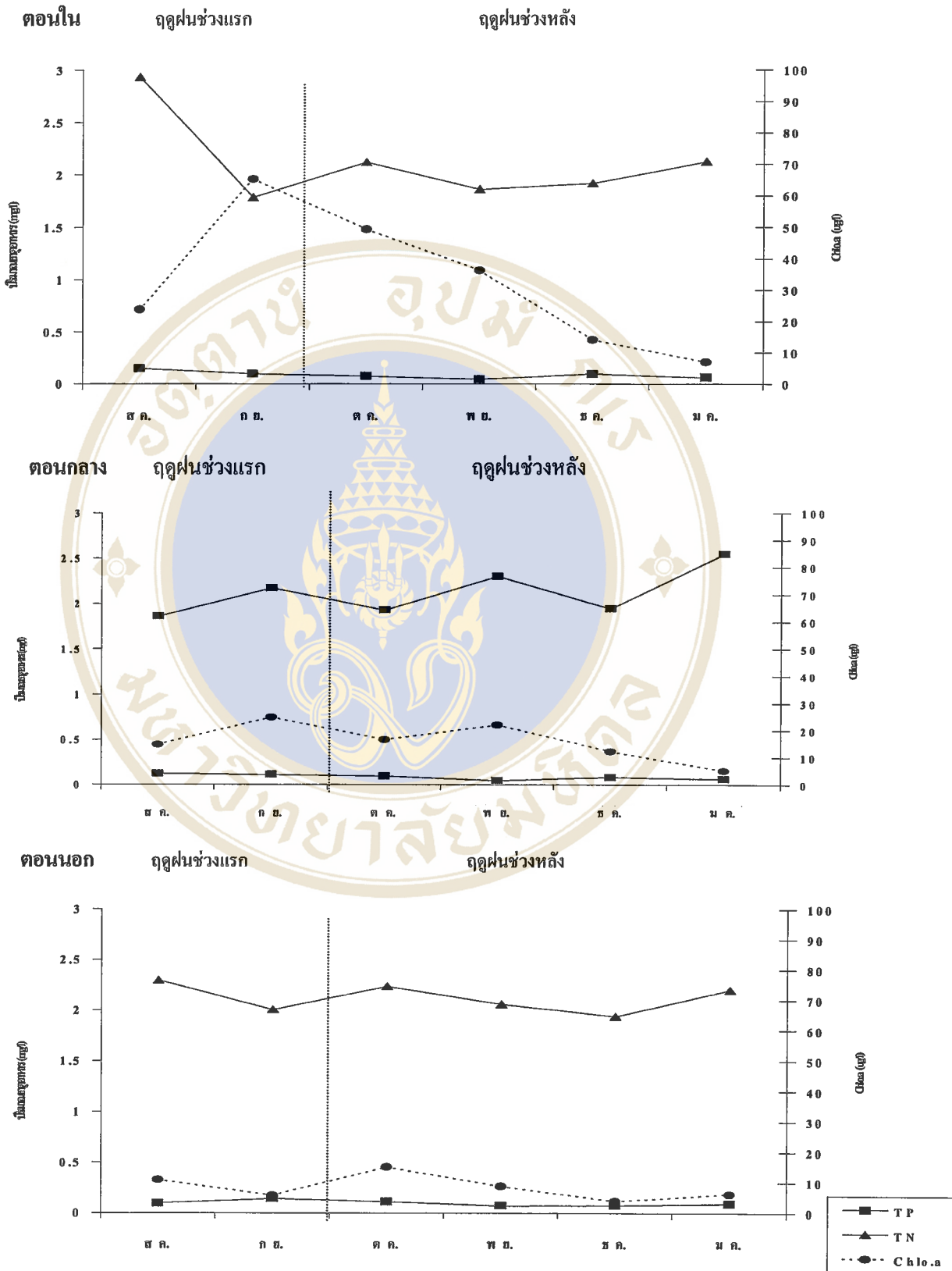
ภาพที่ 4-2 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2535 (1992)



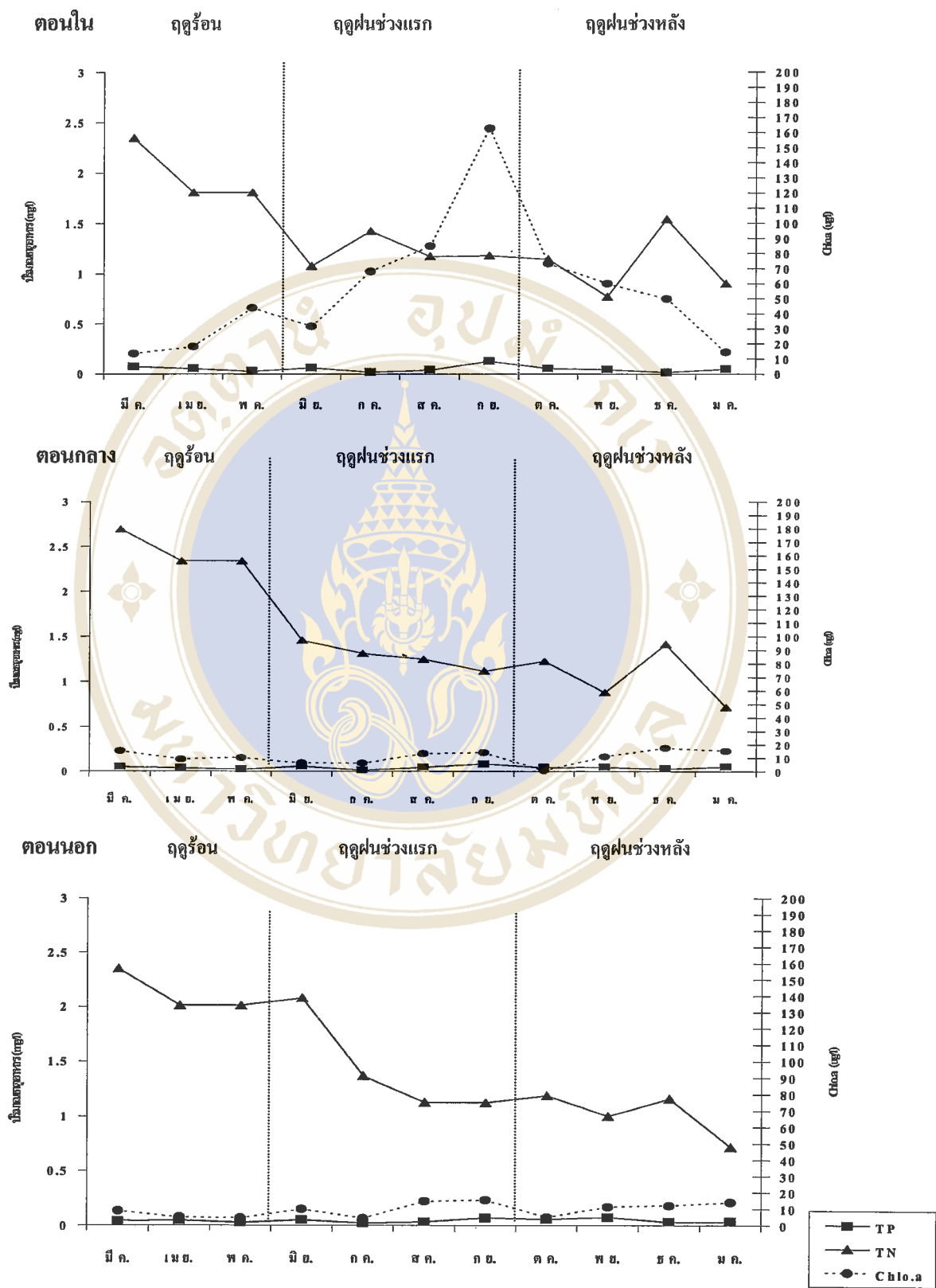
ภาพที่ 4-3 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2536 (1993)



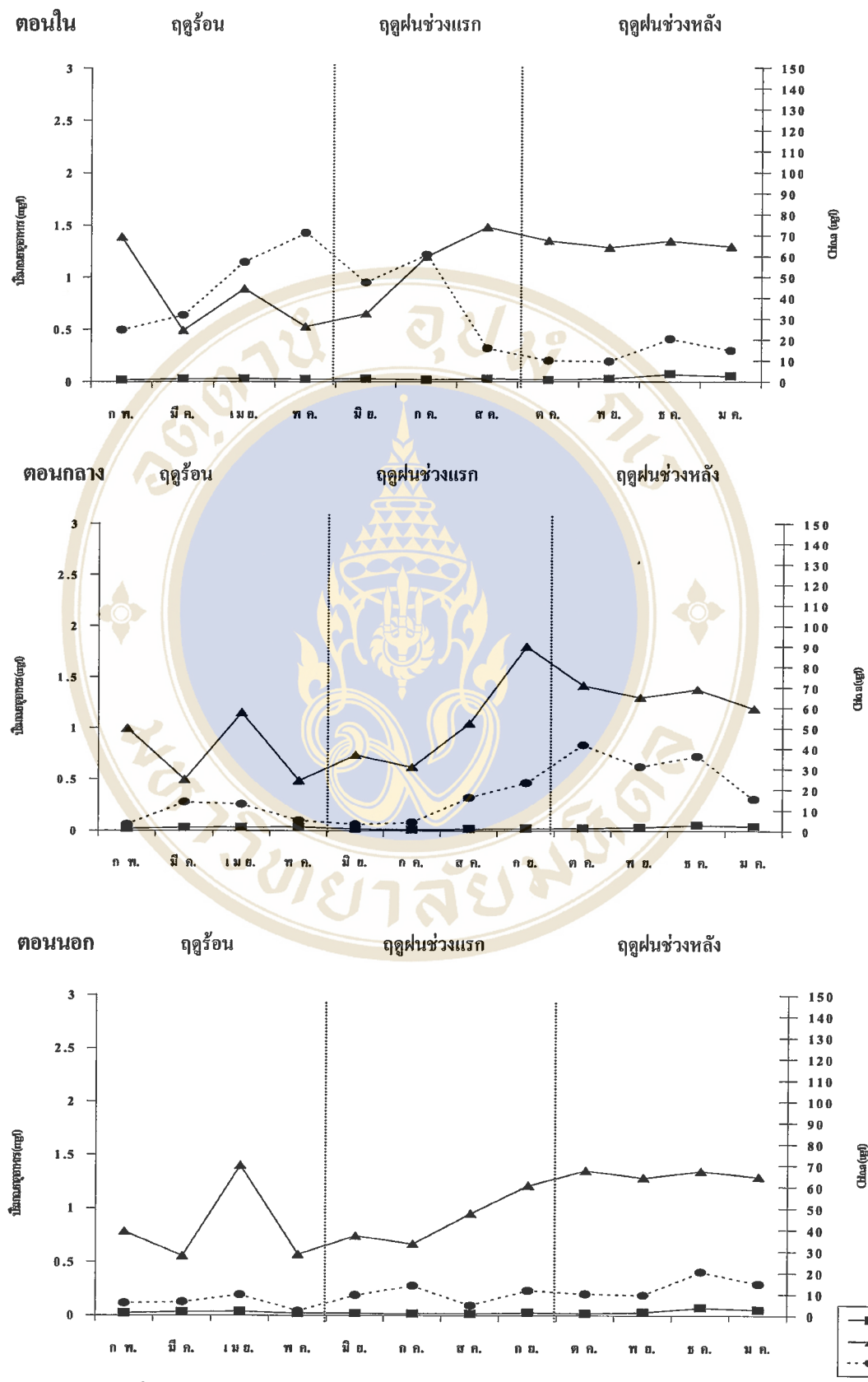
ภาพที่ 4-4 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2537 (1994)



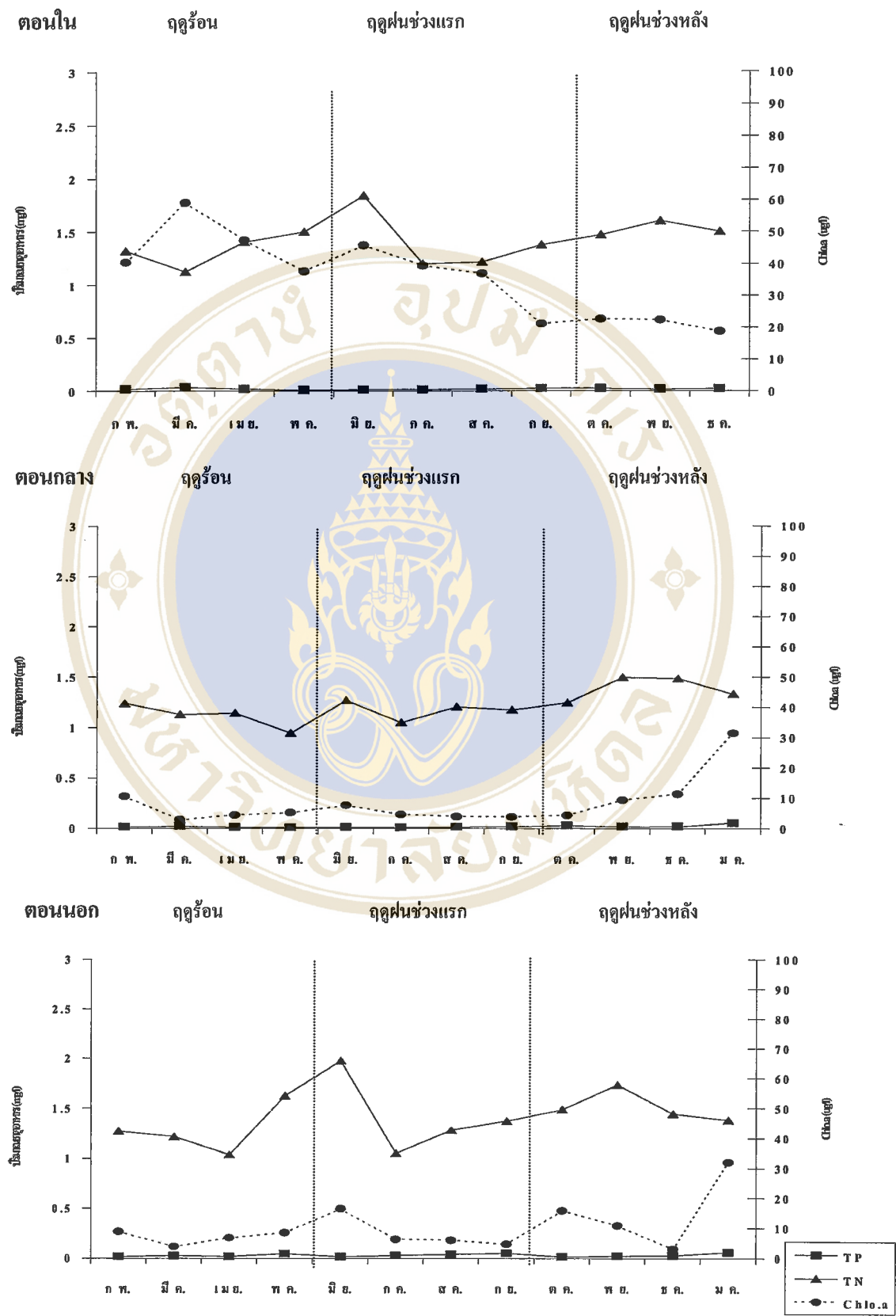
ภาพที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2538 (1995)



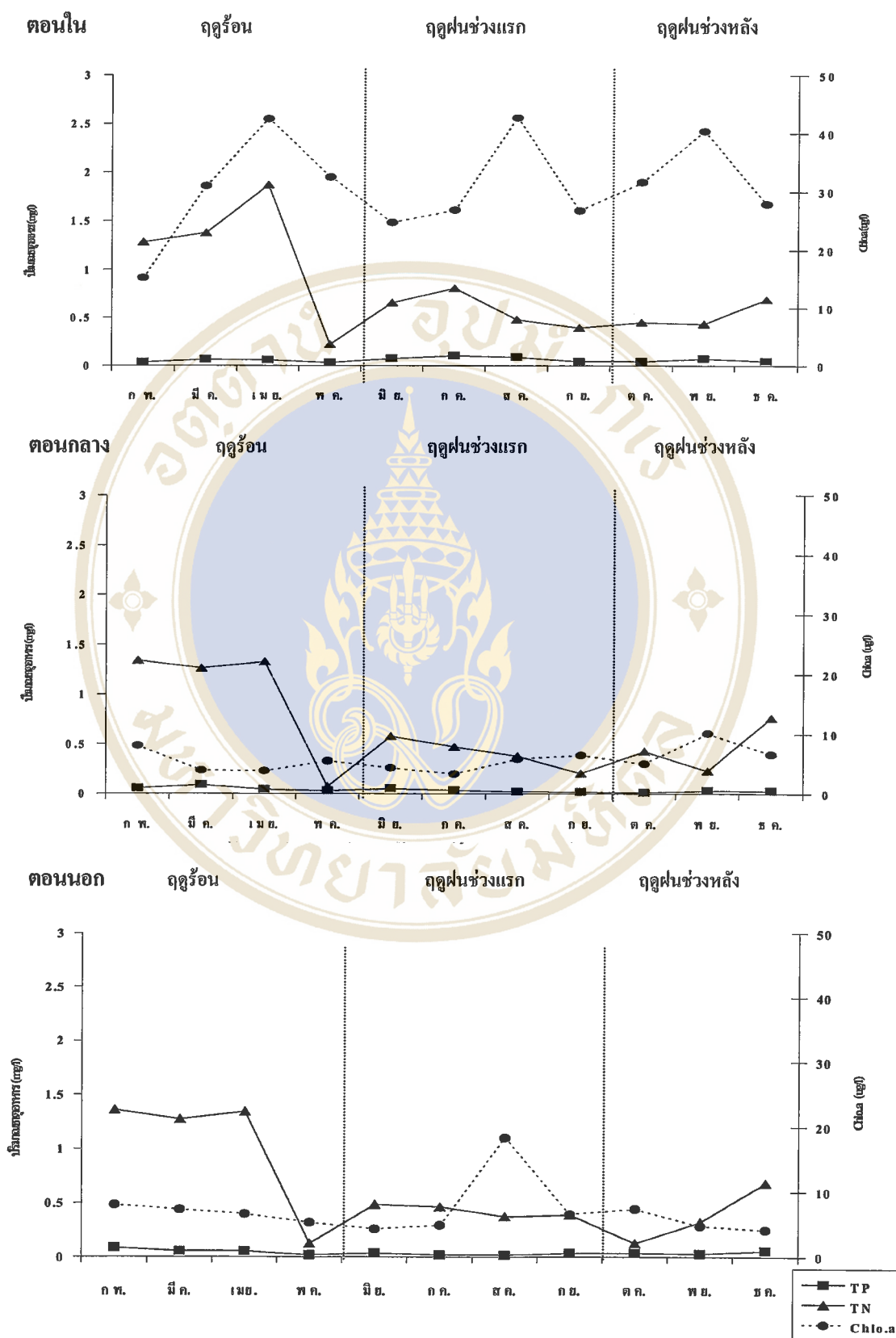
ภาพที่ 4-6 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2539 (1996)



ภาพที่ 4 – 7 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2540 (1997)



ภาพที่ 4 – 8 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2541 (1998)



ภาพที่ 4-9 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ในทะเลสาบ พ.ศ. 2542 (1999)

ปี พ.ศ 2535 ทะเลสาบตอนในและตอนนอก ปริมาณ TN ในเดือนมิถุนายนจะต่ำในฤดูฝนช่วงแรก ทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณ Chlo.a สูงสุดในเดือนเมษายนและต่ำสุดในฤดูฝนช่วงแรก

ปี พ.ศ. 2536 ทะเลสาบตอนใน ฤดูฝนช่วงแรกจะมีปริมาณ Chlo.a สูงสุดและต่ำสุดในเดือนสิงหาคมและกันยายนตามลำดับ มีการผันแปรของ TN ในฤดูร้อนมากกว่าฤดูฝนทั้ง 2 ช่วง ทะเลสาบตอนกลาง จะมีปริมาณ Chlo.a สูงในช่วงฤดูฝนช่วงหลัง แต่ทะเลสาบตอนนอก จะมีปริมาณ TN สูงในฤดูร้อนเดือนมีนาคม ส่วนปริมาณ Chlo.a และปริมาณ TP ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ปี พ.ศ. 2537 ทะเลสาบตอนใน มีปริมาณ Chlo.a สูงสุดในฤดูฝนช่วงแรก ทะเลสาบตอนกลาง จะมีการผันแปรของปริมาณ Chlo.a ปริมาณธาตุอาหารไม่แตกต่างกันมากนัก

ปี พ.ศ. 2538 ทะเลสาบตอนใน มีปริมาณ Chlo.a สูงสุดในฤดูฝนช่วงแรกในเดือนสิงหาคม ปริมาณ TN สูงสุดในเดือนกันยายน ทะเลสาบตอนกลางและตอนนอก ปริมาณ Chlo.a มีปริมาณสูงกว่าปริมาณธาตุอาหารมาก

ปี พ.ศ. 2539 ปริมาณ Chlo.a จะแตกต่างจากทุก ๆ ปีที่ผ่านมาเพราะว่าในทะเลสาบตอนใน ปริมาณ Chlo.a สูงสุดมีค่า 162.23 $\mu\text{g/l}$ ในเดือนกันยายนซึ่งเป็นฤดูฝนช่วงแรก และต่ำสุดในเดือนมีนาคม 13.25 $\mu\text{g/l}$ ซึ่งเป็นฤดูร้อนและในเดือนมกราคม 15.29 $\mu\text{g/l}$ เป็นฤดูฝนช่วงหลัง ส่วนทะเลสาบตอนกลางและตอนนอก ปริมาณ Chlo.a มีปริมาณต่ำไม่เกิน 20 $\mu\text{g/l}$ ตลอดทั้งปี แต่ปริมาณธาตุอาหาร TN สูงสุดในเดือนมีนาคมในฤดูร้อน และค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ในฤดูฝนช่วงแรกและช่วงหลังตามลำดับ

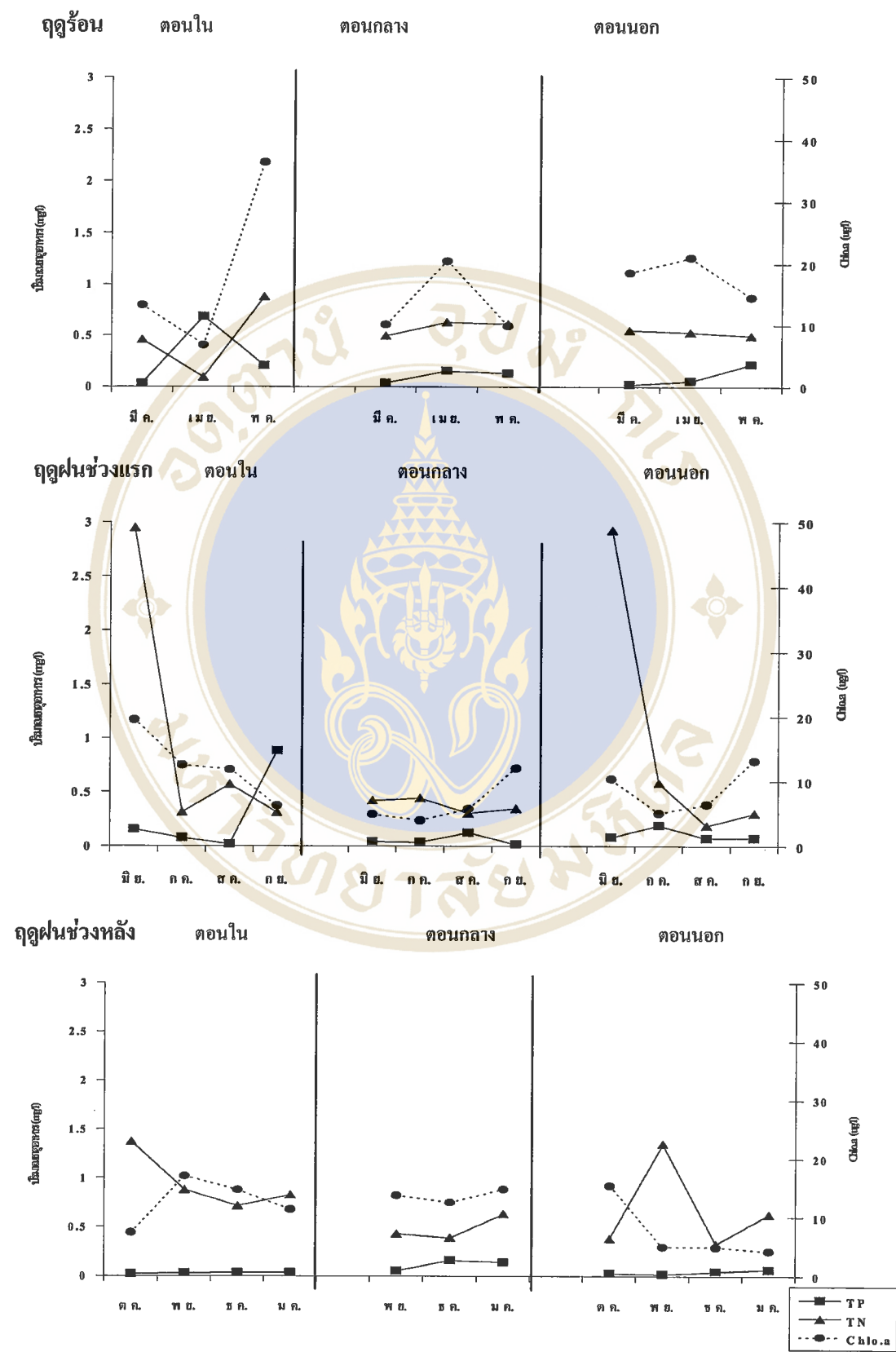
ปี พ.ศ. 2540 ทะเลสาบตอนใน ปริมาณ Chlo.a ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในฤดูร้อนและลดลงในฤดูฝนช่วงแรกแต่เพิ่มขึ้นเดือนกรกฎาคม และลดลงในช่วงปลายฤดูฝนช่วงแรก เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ Chlo.a ยังคงมีปริมาณต่ำและไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนปริมาณ TN มีการผันแปรในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณ Chlo.a กล่าวคือเมื่อปริมาณ Chlo.a มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณ TN จะมีแนวโน้มลดลงตลอดทั้งปี ทะเลสาบตอนกลางและตอนนอก ปริมาณ Chlo.a จะมีการผันแปรที่คล้ายคลึงกันตลอดทั้งปี เพียงแต่ปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนกลางโดยเฉพาะฤดูฝนช่วงหลังจะมากกว่าในทะเลสาบตอนนอก ปริมาณ TN มีการผันแปรที่คล้ายกันเช่นกัน และปริมาณใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนปริมาณ TP ทั้งทะเลสาบสงขลาทั้งหมดมีปริมาณน้อยและไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงทั้งปี

ปี พ.ศ. 2541 ทะเลสาบตอนใน ปริมาณ Chlo.a สูงสุดในฤดูร้อนและค่อย ๆ ลดต่ำลงในฤดูฝนช่วงแรก และช่วงหลังตามลำดับ ส่วนปริมาณ TN เมื่อต่ำสุดในเดือนมีนาคมแล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายนซึ่งเป็นต้นฤดูฝนช่วงแรกจึงลดลงมาในเดือนถัดมาซึ่งเป็นเดือนกรกฎาคม หลังจากนั้นค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในปลายฤดูฝนช่วงแรกและเข้าสู่ฤดูฝนช่วงหลัง ทะเลสาบ

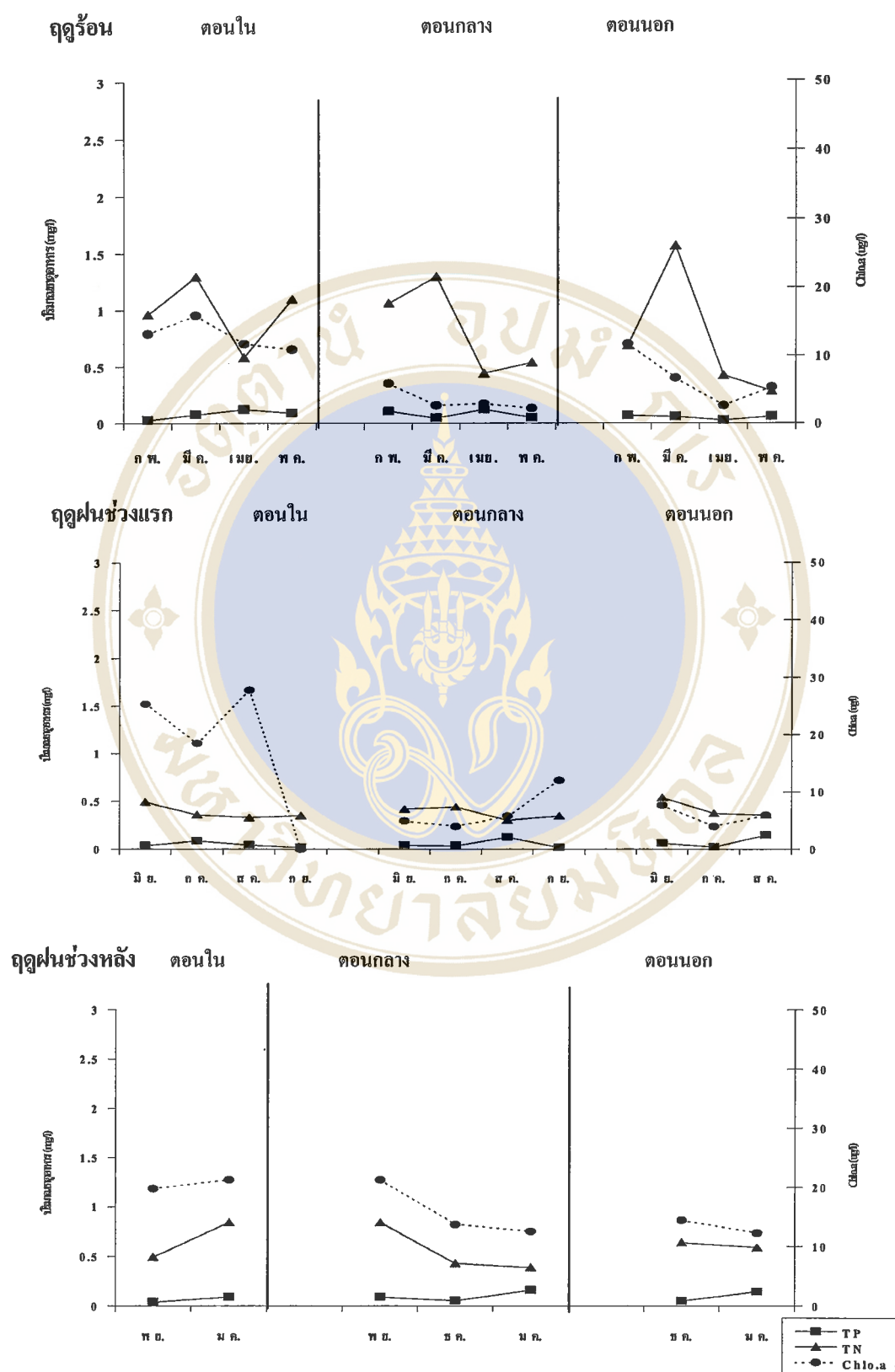
ตอนกลางและตอนนอก ทะเลสาบตอนกลางจะมีการผันแปรของปริมาณ Chlo.a และ TN น้อยกว่า ทะเลสาบตอนนอก โดยที่ปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนกลางมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่ ส่วนทะเลสาบตอนนอกจะมีค่าปริมาณ Chlo.a สูงกว่าทะเลสาบตอนกลางเล็กน้อย ส่วนปริมาณ TN ในทะเลสาบตอนกลางมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี ปริมาณ TN ในทะเลสาบตอนนอกมีค่าต่ำสุดในเดือนเมษายน และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนสูงสุดในเดือนมิถุนายน หลังจากนั้นลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนกรกฎาคม และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในปลายฤดูฝนช่วงแรกจนเข้าสู่ฤดูฝนช่วงหลัง

ปี พ.ศ. 2542 ทะเลสาบตอนใน ในแต่ละฤดูจะมีการผันแปรของปริมาณ Chlo.a ที่คล้ายคลึงกันโดยมีการผันแปรเป็นรูปปีระมิด ส่วนปริมาณ TN มีการผันแปรมากที่สุดในฤดูร้อน โดยมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนและต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม ส่วนฤดูฝนช่วงแรกและฤดูฝนช่วงหลังปริมาณ TN ค่อนข้างคงที่ ทะเลสาบตอนกลางและตอนนอก จะมีการผันแปรของปริมาณ Chlo.a มีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่เพียงแต่ในทะเลสาบตอนนอก เดือนสิงหาคมมีค่าสูงขึ้นมาถึง 18.33 $\mu\text{g/l}$ ส่วนปริมาณ TN จะสูงเกือบตลอดในช่วงฤดูร้อนแต่มาต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนช่วงแรกค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ตลอดฤดูฝนทั้ง 2 ช่วง

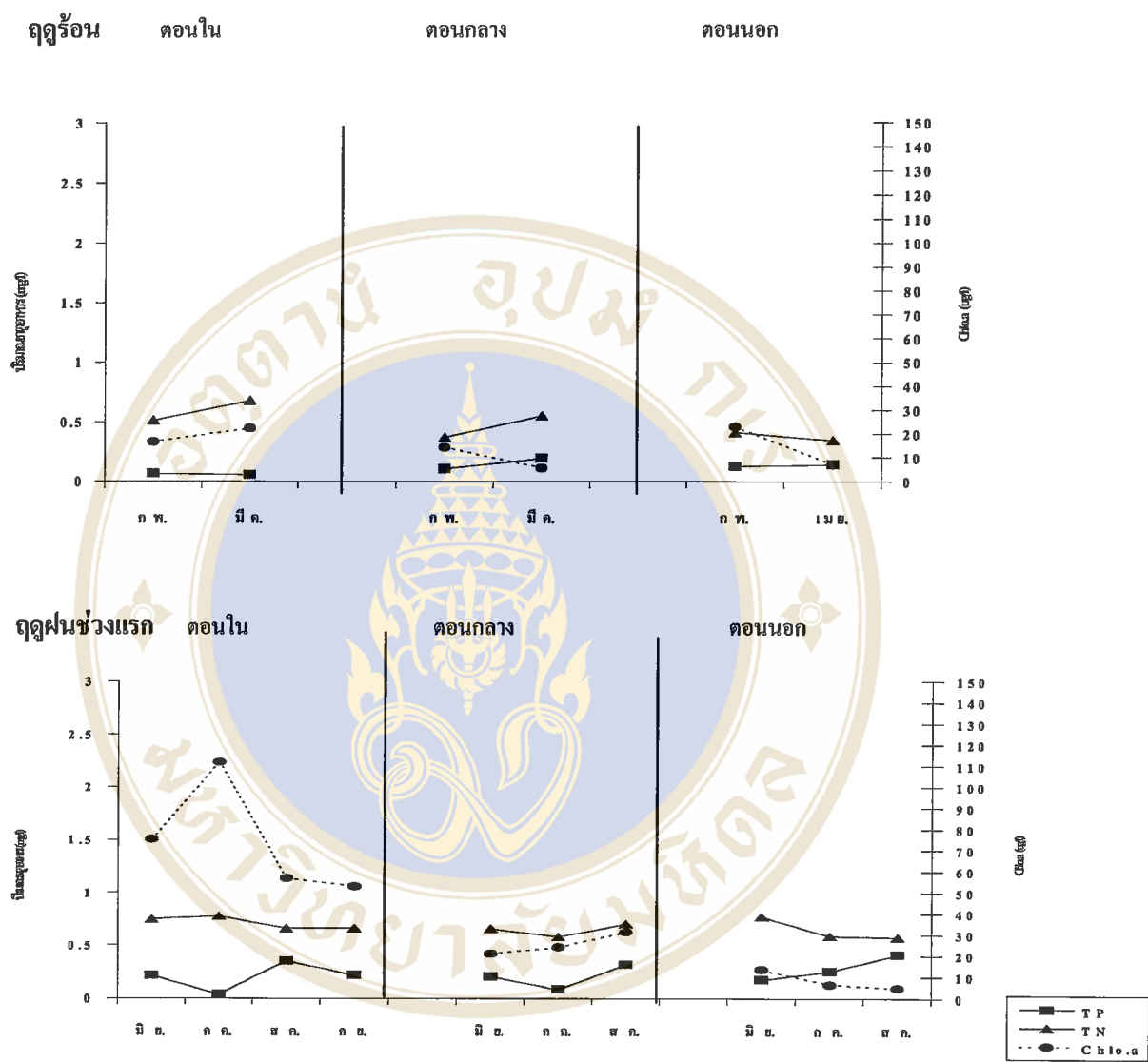
3. การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ตามฤดูกาล (ภาพที่ 4 – 10 ถึง 4 – 17)



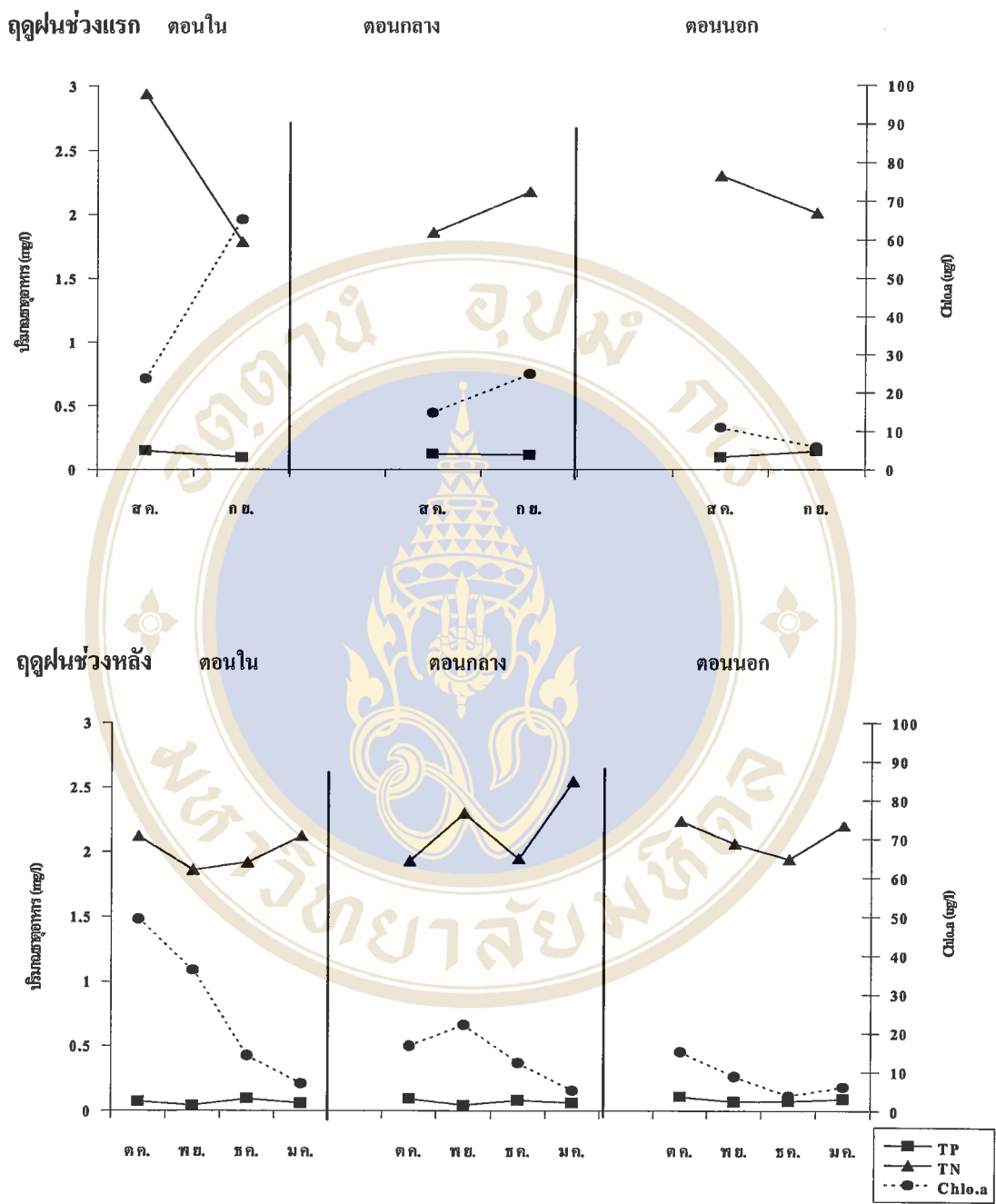
ภาพที่ 4 – 10 การผันแปรของธาตุอาหารและChlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2535 (1992)



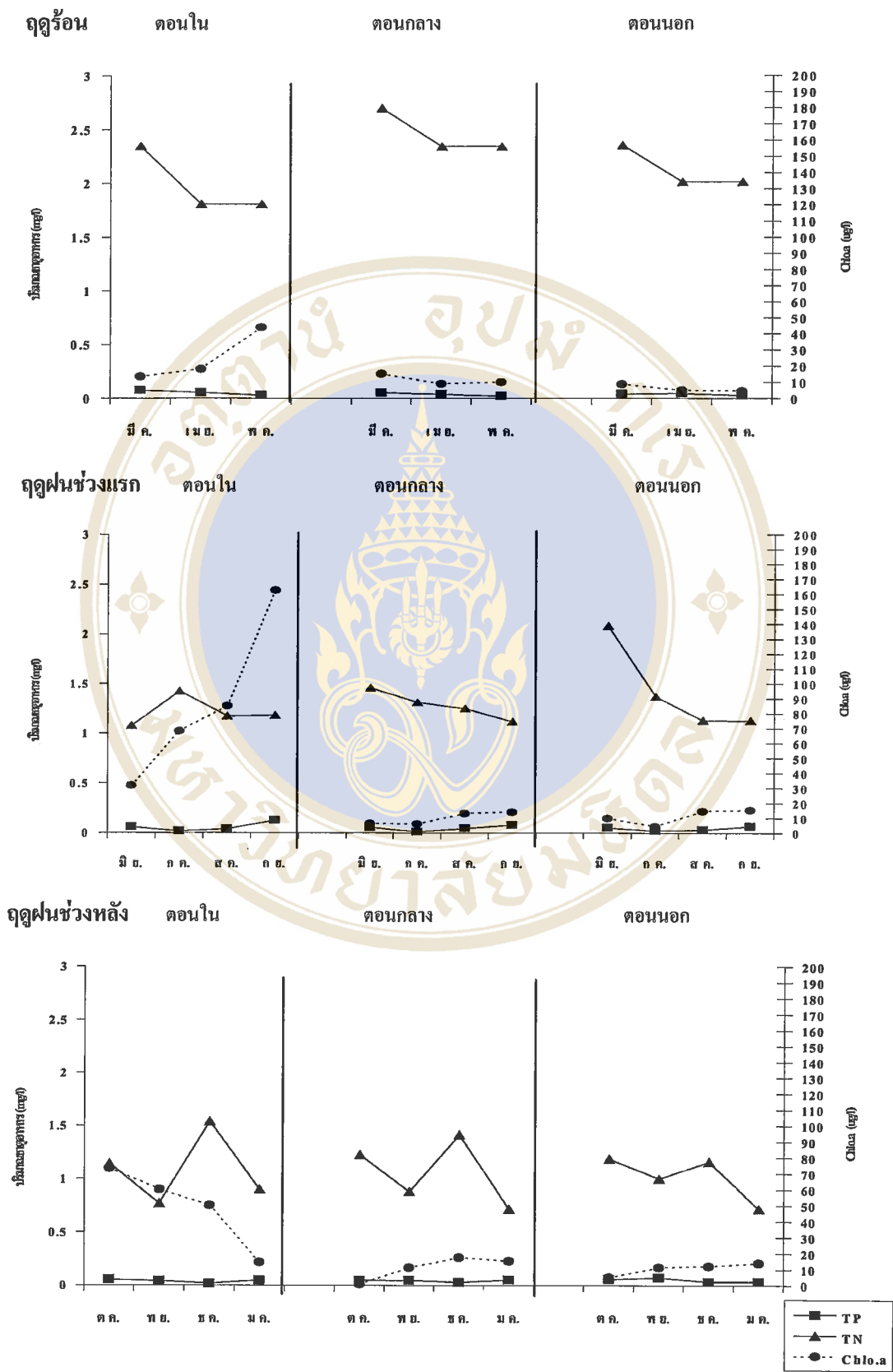
ภาพที่ 4-11 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2536 (1993)



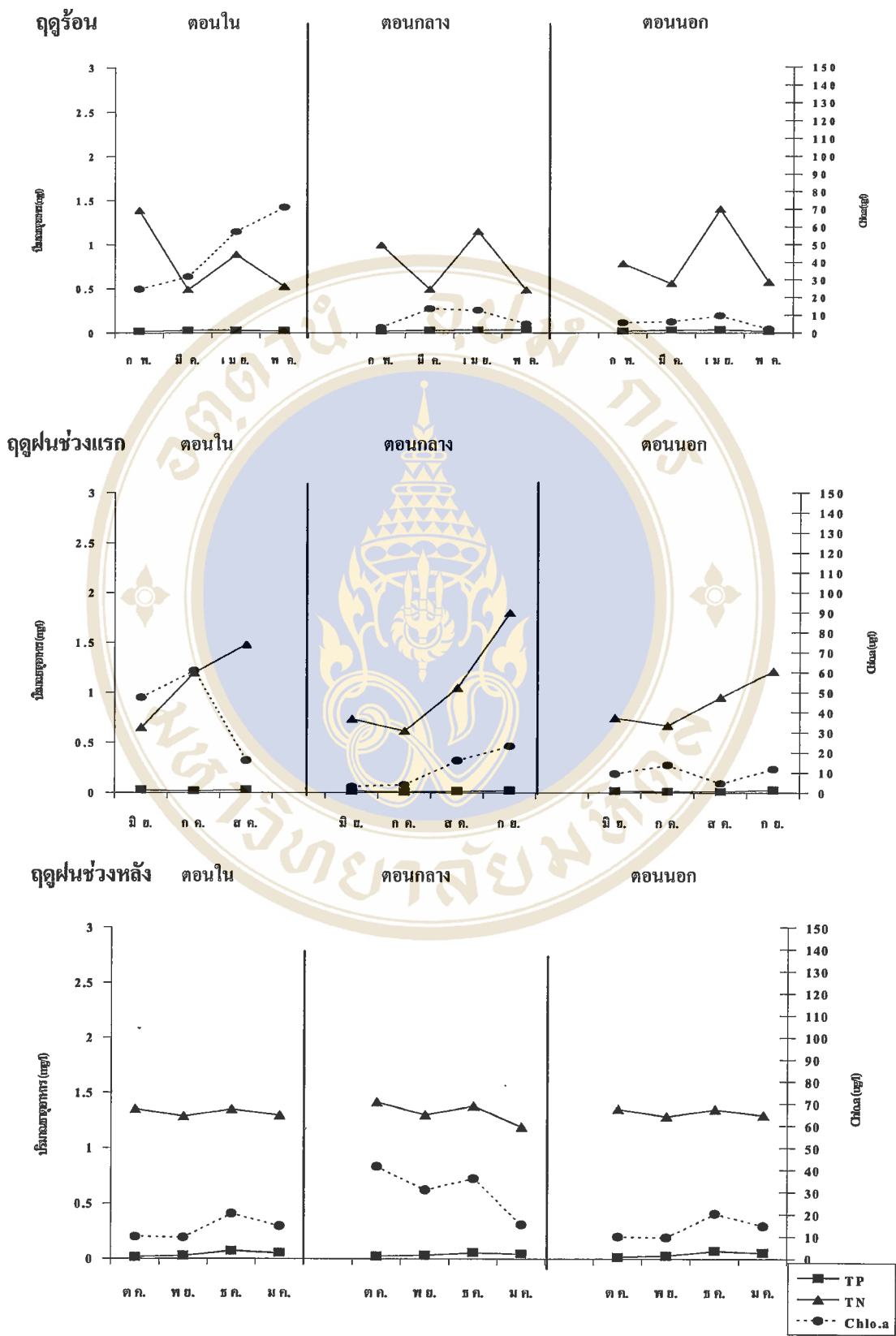
ภาพที่ 4 – 12 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2537 (1994)



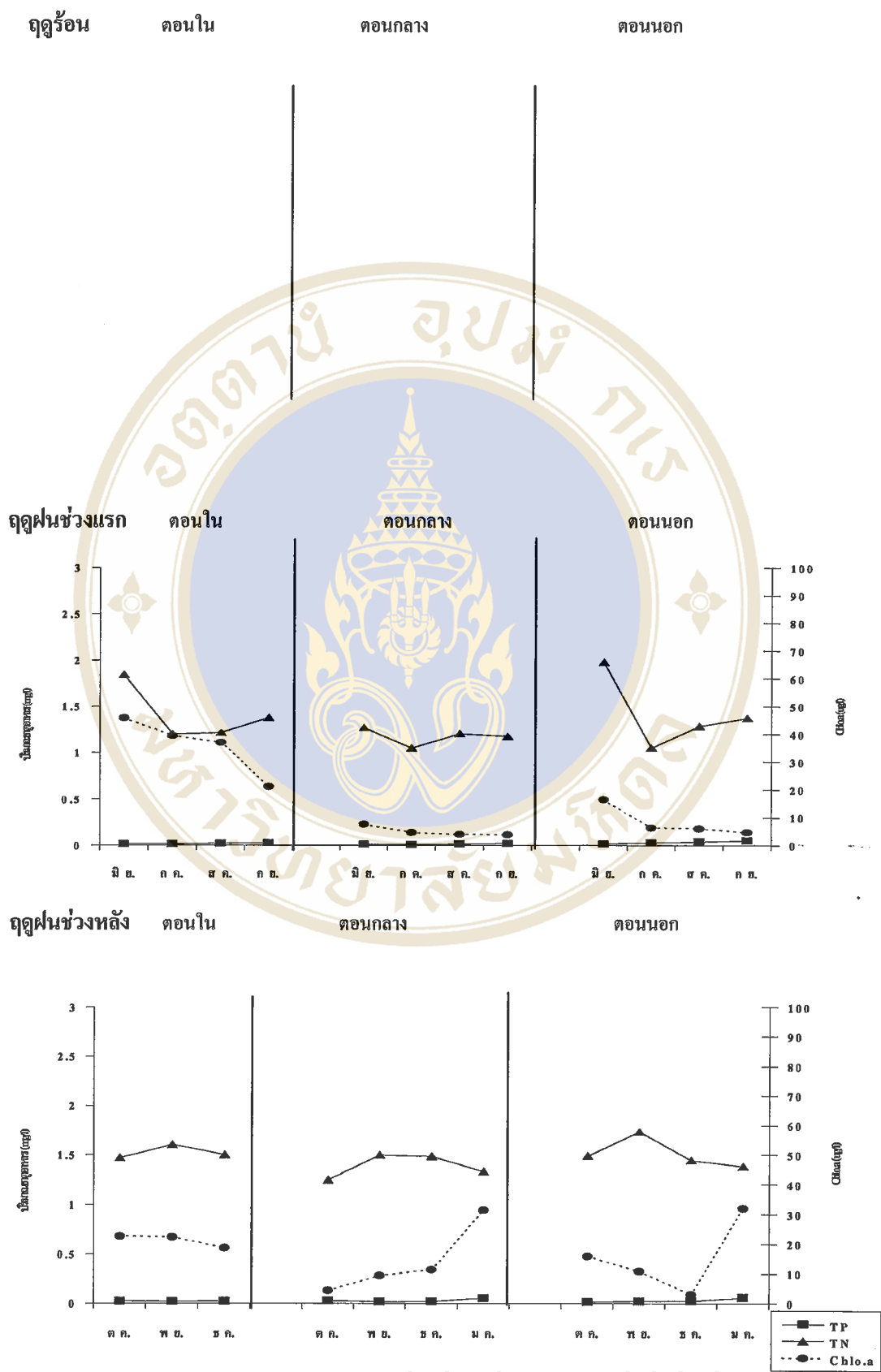
ภาพที่ 4 – 13 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2538 (1995)



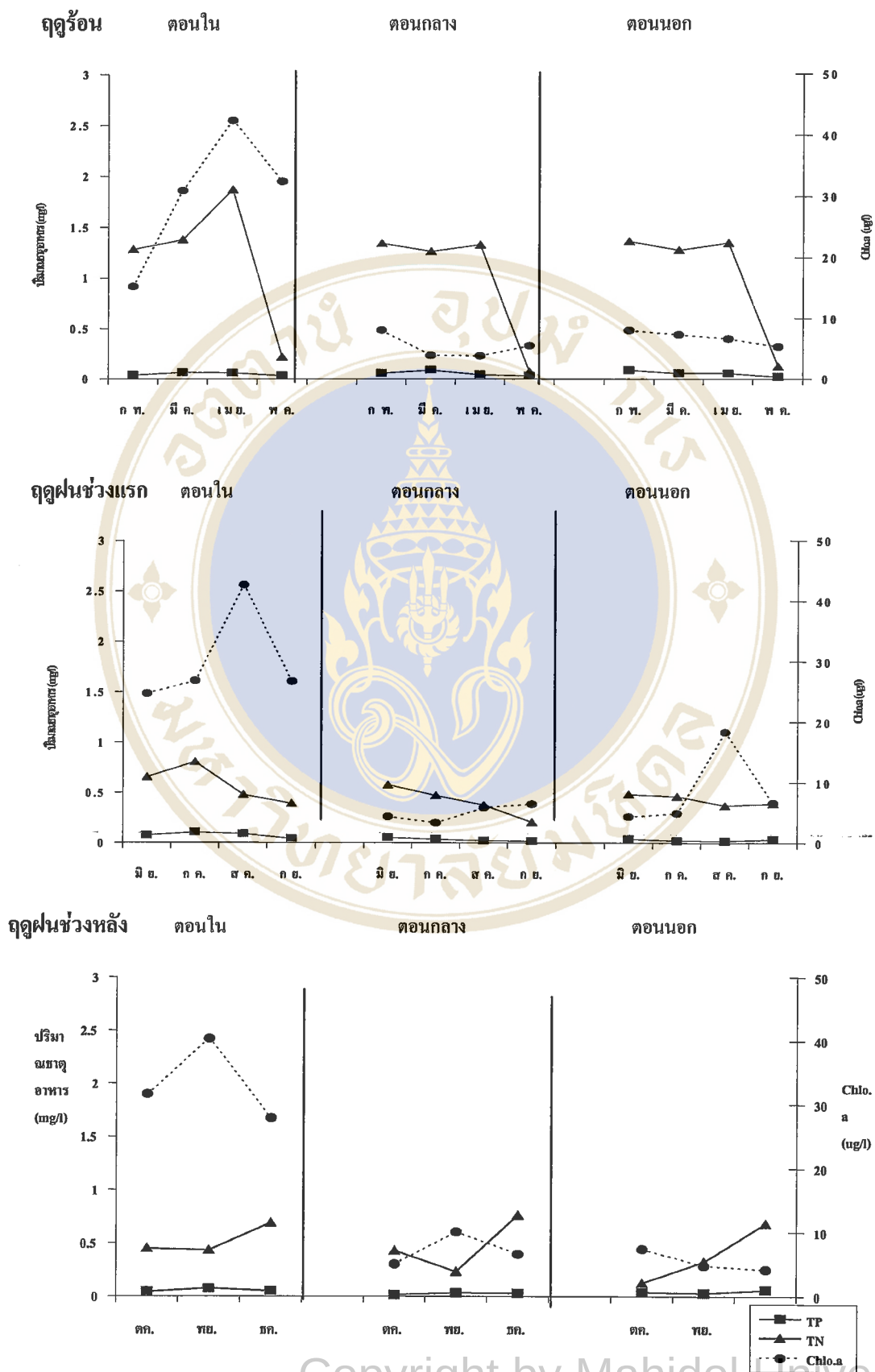
ภาพที่ 4 – 14 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2539 (1996)



ภาพที่ 4-15 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2540 (1997)



ภาพที่ 4 – 16 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2541 (1998)



ภาพที่ 4 - 17 การผันแปรของธาตุอาหารและ Chlo.a ตามฤดูกาล พ.ศ. 2542 (1999)

ปี พ.ศ. 2535 ฤดูร้อน ปริมาณ Chlo.a จะมีค่าสูงสุดและต่ำสุดในทะเลสาบตอนใน ปริมาณ TP สูงสุดในทะเลสาบตอนใน และมีการผันแปรที่ตรงกันข้ามกับปริมาณ TN ส่วนทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกจะมีการผันแปรของธาตุอาหารและปริมาณ Chlo.a ที่คล้ายคลึงกัน ฤดูฝนช่วงแรก ปริมาณ TN ในทะเลสาบตอนในและตอนนอกมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน ส่วนทะเลสาบตอนกลางมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่ ส่วนปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนในมีค่าสูงในต้นฤดูและค่อย ๆ ลดลงต่ำปลายฤดู ส่วนปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกจะมีการผันแปรที่คล้ายคลึงกัน ปริมาณ TP การผันแปรค่อนข้างคงที่ ยกเว้นในเดือนกันยายนจะมีค่าสูงสุดถึง 0.88 mg/l ฤดูฝนช่วงหลัง มีการผันแปรที่แตกต่างกัน ดังนี้ ปริมาณ TN ในทะเลสาบตอนในค่อย ๆ ลดต่ำลงเป็นรูปโค้งหงาย ขณะเดียวกันปริมาณ Chlo.a ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นรูปโค้งคว่ำ ทะเลสาบตอนกลางปริมาณ Chlo.a แปรผันตาม TN แต่ทะเลสาบตอนนอกแปรผันตรงกันข้ามกัน

ปี พ.ศ. 2536 ฤดูร้อน ปริมาณ TN มีการผันแปรที่ไม่แตกต่างกันมากนักในทะเลสาบทั้ง 3 ตอน ส่วนปริมาณ Chlo.a มีปริมาณต่ำสุดในทะเลสาบตอนกลางตลอดทั้งฤดู ปริมาณ TP ไม่แตกต่างกัน ฤดูฝนช่วงแรก ปริมาณ Chlo.a สูงกว่าตอนกลางและตอนนอก ปริมาณ TN และ TP ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งทะเลสาบ ฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ Chlo.a TN และ TP ค่อนข้างคงที่

ปี พ.ศ. 2537 ฤดูร้อน ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจาก ข้อมูลมีไม่เพียงพอ ฤดูฝนช่วงแรก ปริมาณ Chlo.a สูงมากอย่างเห็นได้ชัดในทะเลสาบตอนใน ส่วนในทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณ TN ค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งทะเลสาบ ปริมาณ TP มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปีอื่น ๆ ฤดูฝนช่วงหลัง ไม่มีข้อมูล

ปี พ.ศ. 2538 ฤดูร้อน ไม่มีข้อมูล ฤดูฝนช่วงแรก ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากข้อมูลมีไม่เพียงพอ ฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ TN มีการผันแปรไม่มากนักตลอดทั้งทะเลสาบ ปริมาณ Chlo.a สูงในต้นฤดูค่อย ๆ ลดลงจนถึงปลายฤดูในทะเลสาบตอนใน ส่วนทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกมีปริมาณน้อยกว่าทะเลสาบตอนในและมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ปริมาณ TP คงที่ตลอดทั้งทะเลสาบ

ปี พ.ศ. 2539 ฤดูร้อน ปริมาณ TN มีการผันแปรที่คล้ายกันทั้งทะเลสาบ ปริมาณ Chlo.a ค่อนข้างต่ำและคงที่ ยกเว้น ในเดือนพฤษภาคมที่สูงกว่าเดือนอื่น ๆ ปริมาณ TP คงที่ตลอดทั้งทะเลสาบ ฤดูฝนช่วงแรก ปริมาณ TN มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้น ในเดือนมิถุนายนมีค่า 2.08 mg/l ซึ่งสูงกว่าเดือนอื่น ๆ ปริมาณ Chlo.a มีการผันแปรมากในทะเลสาบตอนในและมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายนซึ่งสูงถึง 162.29 µg/l ส่วนในทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกปริมาณ Chlo.a มีค่าต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับทะเลสาบตอนใน ฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ TN มีการผันแปรที่คล้ายคลึงกันตลอดทั้งทะเลสาบ ปริมาณ Chlo.a มีค่าลดลงจากต้นถึงปลายฤดู และมีค่าต่ำในทะเลสาบตอนกลางและตอนนอก

ปี พ.ศ. 2540 ฤดูร้อน ปริมาณ TN มีการผันแปรที่คล้ายคลึงกันตลอดทั้งทะเลสาบในลักษณะเดียวกันกับปี พ.ศ. 2539 ในฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ Chlo.a มีค่าเพิ่มขึ้นจากต้นถึงปลายฤดู ส่วนทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกมีค่าค่อนข้างต่ำและมีการผันแปรคงที่ ฤดูฝนช่วงแรก ปริมาณ TN จะมีการเพิ่มจากต้นถึงปลายฤดูในทุกตอนของทะเลสาบ ในทะเลสาบตอนใน ปริมาณ Chlo.a สูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและตอนนอก ฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ TN คงที่ตลอดทั้งทะเลสาบ ปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนกลางสูงกว่าทะเลสาบตอนในและตอนนอก ปริมาณ TP คงที่ตลอดทั้งทะเลสาบ

ปีพ.ศ. 2541 ฤดูร้อน ปริมาณ TN ไม่แตกต่างกันมากนักตลอดทั้งทะเลสาบ ปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนในสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกมาก ปริมาณ TP ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง ฤดูฝนช่วงแรก ปริมาณ TN ในทะเลสาบตอนในและตอนนอกมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน ส่วนทะเลสาบตอนกลางค่อนข้างคงที่ ปริมาณ Chlo.a ค่อย ๆ ลดลงจากต้นถึงปลายฤดูและสูงกว่าในทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกพอสมควร ปริมาณ TP ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง ฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ TN มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันตลอดทั้งทะเลสาบกล่าวคือ เป็นรูปโค้งคว่ำ ปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนในมีค่าคงที่และค่อนข้างต่ำ ส่วนในทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกมีการผันแปรที่คล้ายกันคือ ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและสูงสุดในเดือนมกราคมซึ่งเป็นเดือนสุดท้ายของฤดู

ปี พ.ศ. 2542 ฤดูร้อน ปริมาณ TN ในทะเลสาบตอนในมีการผันแปรมากกว่าตอนกลางและตอนนอกซึ่งมีการผันแปรที่คล้ายคลึงกัน ปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนในสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกซึ่งค่อนข้างต่ำไม่ค่อยมีการผันแปรมากนัก ปริมาณ TP มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ฤดูฝนช่วงแรก ปริมาณ TN ไม่ค่อยสูงนักตลอดทั้งทะเลสาบ ปริมาณ Chlo.a. ในทะเลสาบตอนในจะสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกอย่างเห็นได้ชัด ฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ TN มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักตลอดทั้งทะเลสาบ ปริมาณ Chlo.a ในทะเลสาบตอนในสูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกอย่างเห็นได้ชัดเช่นเดียวกับฤดูฝนช่วงแรก ปริมาณ TP ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง

วิจารณ์ผล

แนวโน้มของการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในช่วงระยะ 8 ปี ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในโตรเจนที่เพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก

การผันแปรของปริมาณ Chlo.a สูงในทะเลสาบตอนใน โดยเฉพาะฤดูร้อน ส่วนในปี พ.ศ. 2536 2537 และ 2539 ปริมาณ Chlo.a สูงในทะเลสาบตอนใน ในฤดูฝนช่วงแรก

การผันแปรของปริมาณ TN ในปี พ.ศ. 2535 2536 และ 2541 จะสูงในทะเลสาบตอนใน และสูงในฤดูร้อนตลอดทั้งทะเลสาบ ส่วนในปี พ.ศ. 2538 2540 และ 2542 ปริมาณ TN ค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งทะเลสาบ

การผันแปรของปริมาณ TP ในปี พ.ศ. 2535 และ 2537 มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TP มากกว่าปีอื่น ๆ โดยที่ปริมาณ TP มีค่าสูงในฤดูร้อนเดือนเมษายนและฤดูฝนช่วงแรกเดือนกันยายน ส่วนปีอื่น ๆ ปริมาณ TP มีปริมาณน้อยมากและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเช่นกัน

เมื่อพิจารณาตามฤดูกาลโดยอาศัยเหตุผลจากผลทางอุทกนิยมนวิทยา (ภาคผนวก ค) และคุณภาพน้ำทางกายภาพ(ภาคผนวก ง) แล้วจะได้ว่า

พ.ศ. 2535 ในฤดูร้อน ปริมาณ Chlo.a จะเพิ่มขึ้นจากเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม โดยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในฤดูร้อนมีน้อยมากเพียง 46.95 mm. ปริมาณแสงแดดเฉลี่ย 232.2 คาโลรี/ตร.ซม./วัน และมีความยาวนานแสงแดดเฉลี่ยสูงถึง 9.05 ชม./วัน น้ำมีความเค็ม 1.89 ppt. ส่วนในฤดูฝนช่วงแรก มีปริมาณน้ำฝน 101.125 mm. และมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดในเดือนมิถุนายน 32.79 °C ทำให้ปริมาณน้ำระเหยสูงถึง 7.69 mm./วัน และมีปริมาณแสงแดด 197.82 คาโลรี/ตร.ซม./วัน เนื่องจากอุณหภูมิในเดือนมิถุนายนสูงปริมาณแสงแดดมาก ปริมาณน้ำฝนน้อยน้ำระเหยมาก จึงพบปริมาณ TN มากในเดือนมิถุนายนและปริมาณ Chlo.a สูงเมื่ออุณหภูมิอากาศสูง

พ.ศ. 2536 ในฤดูฝนช่วงแรก ทะเลสาบตอนในน้ำตื้นเพียง 1.57 m. มีความขุ่นใส 0.32 m. จึงมีปริมาณ Chlo.a สูงกว่าทะเลสาบตอนอื่นในเดือนสิงหาคมซึ่งมีปริมาณ Chlo.a สูงสุด พบว่ามีอุณหภูมิอากาศสูงสุด 33.75 °C ใน เดือนกันยายนมีปริมาณ Chlo.a ต่ำสุดมีอุณหภูมิอากาศต่ำสุด 23.83 °C เช่นกัน และปริมาณแสงแดด 200.07 คาโลรี / ตร.ซม. / วันเป็นค่าเฉลี่ยตลอดฤดู ประกอบกับยังเข้าฤดูฝนช่วงหลังซึ่งมีปริมาณน้ำฝนมาก 417.4 mm. จึงทำให้เจือจาง

พ.ศ. 2537 ในฤดูฝนช่วงแรก ทะเลสาบตอนใน เดือนกรกฎาคมซึ่งมีปริมาณ Chlo.a สูงสุด จะมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด 32.88 °C และในเดือนกันยายนซึ่งมีปริมาณ Chlo.a ต่ำสุด จะมีอุณหภูมิอากาศต่ำสุด 24.04 °C

พ.ศ. 2538 ในฤดูฝนช่วงหลัง ทะเลสาบตอนใน ซึ่งมีความลึก 1.84 m. ความขุ่นใส 0.35 m. มีปริมาณออกซิเจนละลายสูงสุด คือ 8.67 mg/l เดือนตุลาคมมีปริมาณ Chlo.a สูงสุดมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดเช่นกัน คือ 30.87 °C แต่อุณหภูมิอากาศต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน คือ 23.76 °C ปริมาณ Chlo.a ต่ำสุดในเดือนมกราคม อาจจะเป็นเพราะว่า ปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากอุณหภูมิอากาศเป็นตัวกำหนดการผันแปรของปริมาณ Chlo.a

พ.ศ. 2539 ฤดูฝนช่วงแรก ในทะเลสาบตอนใน จะพบว่า ในเดือนสิงหาคมอุณหภูมิอากาศมีค่าต่ำสุด 24.67 °C เดือนถัดไปคือ เดือนกันยายนจะพบว่าปริมาณ Chlo.a สูงมากและเพิ่มขึ้นมาก

ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด 32.93°C ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งฤดูมีเพียง 58.93 mm. เท่านั้น จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณ Chlo.a มีปริมาณมากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยที่มีความลึกเฉลี่ย 1.79 m. ความขุ่นใต 0.26 m. ความเค็ม 0.42 ppt. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ 8.50 mg/l อุณหภูมิ 30.29°C pH 8 ส่วนฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ Chlo.a สูงสุดในเดือนตุลาคม และอุณหภูมิอากาศสูงสุด คือ 31.04°C แต่อุณหภูมิต่ำสุดในเดือนธันวาคม 23.54°C

พ.ศ. 2540 ฤดูร้อน ในทะเลสาบตอนในมีปริมาณ Chlo.a ต่ำในเดือนกุมภาพันธ์มีอุณหภูมิอากาศต่ำสุด 24.45°C และเดือนพฤษภาคมปริมาณ Chlo.a สูงสุดมีอุณหภูมิอากาศสูงสุด 33.39°C ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงถึง 9.07 mg/l ปริมาณน้ำระเหยสูงมาก 19.19 mm. / วัน ส่วนฤดูฝนช่วงหลัง ปริมาณ Chlo.a ต่ำกว่าทะเลสาบตอนกลางและใกล้เคียงทะเลสาบตอนนอก อาจเป็นเพราะมีการผันแปรของภูมิอากาศกล่าวคือในเดือนตุลาคมมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดในเดือนเดียวกัน โดยที่ความลึก 2.2 m. ความขุ่นใต 0.31 m. ความเค็ม 0 ppt. ออกซิเจนละลายน้ำ 8.27 mg/l อุณหภูมิน้ำ 29.33°C pH 7.94

พ.ศ. 2541 ฤดูฝนช่วงแรก ในทะเลสาบตอนใน ปริมาณ Chlo.a สูงสุดในเดือนมิถุนายน และอุณหภูมิอากาศสูงสุดเช่นกัน คือ 33.49°C และเดือนกันยายนปริมาณ Chlo.a ต่ำสุดโดยที่อุณหภูมิอากาศต่ำสุด 25.09°C จะเห็นได้ว่า ปริมาณ Chlo.a เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ

พ.ศ. 2542 ปริมาณ TN ในฤดูร้อนแตกต่างจากฤดูฝนช่วงหลัง ปี พ.ศ. 2541 มาก และฤดูร้อนในปี พ.ศ. 2542 นี้มีปริมาณน้ำฝนสูงถึง 189.5 mm. และเป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดกว่าทุกปี คือ 2,969.3 mm./ปี ฤดูร้อน ในทะเลสาบตอนใน เดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณต่ำสุดและมีอุณหภูมิอากาศต่ำสุดที่ 22.6°C และมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ 36.3°C ในเดือนพฤษภาคมแต่ปริมาณ Chlo.a สูงสุดในเดือนเมษายน

4.2 ผลการศึกษาในเชิงการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ

1. ผลการศึกษความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร (TN,TP) กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด และปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 ได้ดังนี้

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTNกับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร

จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนโรงงาน และปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด คือ พื้นที่ป่าไม้ พบว่า ปริมาณ TN ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยการใช้ที่ดินและอื่น ๆ ทั้งที่มาจากแหล่งชี้ชัดและแหล่งไม่ชี้ชัด

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TN กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว และจำนวนโรงงาน พบว่า พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ TN รวมมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.963 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมีค่ามาก จะพบปริมาณ TN มีค่ามาก ขณะเดียวกันพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมีค่าน้อย จะพบปริมาณ TN มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-18) โดยความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดกับปริมาณ TN อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$\begin{array}{lll}
 Y & = & 0.433 + 4.247 \times 10^{-4} X \\
 \text{เมื่อ } Y & = & \text{ปริมาณ TN} \quad (\text{mg-N/l}) \\
 X & = & \text{พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด} \quad (\text{ไร่})
 \end{array}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, r^2) = 0.927 หรือพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดพยากรณ์ปริมาณ TN ได้ 92.7 เปอร์เซนต์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate, S_{y-x}) เป็น 0.20955

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TN กับปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พบว่า ปริมาณ TN ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยพื้นที่ป่าไม้ลดลง

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TP กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว และจำนวนโรงงาน และปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด คือ พื้นที่ป่าไม้ พบว่า ปริมาณ TP ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัดและแหล่งไม่ชี้ชัด

1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TP กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปศุสัตว์ พื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว และจำนวนโรงงาน พบว่า ปริมาณ TP ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด

1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ TP กับปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ปัจจัยเดียว พบว่า ปริมาณ TP ไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลง

2. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับ ปิ่จยัที่มาจากแหล่งชี้ซัด แหล่งไม่ชี้ซัด และปริมาณธาตุอาหาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 ได้ดังนี้

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับ ปิ่จยัที่มาจากแหล่งชี้ซัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปลุ่สตั้ว พื้นที่การเพาะเลี้ยงสตั้วน้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว และจำนวนโรงงาน และปิ่จยัที่มาจากแหล่งที่ไม่มาจากแหล่งไม่ชี้ซัด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้และปิ่จยัปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณTN ปริมาณTP พบว่า จำนวนปลุ่สตั้วมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณChlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.999 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ จำนวนปลุ่สตั้วมีค่ามาก จะพบปริมาณChlo.a มีค่าน้อย ขณะเดียวกัน จำนวนปลุ่สตั้วมีค่าน้อย จะพบปริมาณ Chlo.a มีค่ามาก (ภาพที่ 4-19) โดยความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนปลุ่สตั้วกับปริมาณ Chlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$\begin{array}{lll}
 Y & = & 50.542 - 1.256 \times 10^{-5} X \\
 \text{เมื่อ } Y & = & \text{ปริมาณChlo.a} \quad (\mu\text{g/l}) \\
 X & = & \text{จำนวนปลุ่สตั้ว} \quad (\text{ตั้ว})
 \end{array}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.927 หรือจำนวนปลุ่สตั้วพยากรณ์ปริมาณChlo.a ได้ 92.7 เปอร์เซนต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 0.20955

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปิ่จยัที่มาจากแหล่งชี้ซัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปลุ่สตั้ว พื้นที่การเพาะเลี้ยงสตั้วน้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนโรงงาน และปิ่จยัที่มาจากแหล่งไม่ชี้ซัดได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปิ่จยัที่มาจากแหล่งชี้ซัดและแหล่งไม่ชี้ซัด

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปิ่จยัที่มาจากแหล่งชี้ซัด ได้แก่ ปริมาณปุ๋ย จำนวนปลุ่สตั้ว พื้นที่การเพาะเลี้ยงสตั้วน้ำจืด พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล จำนวนประชากร จำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนโรงงาน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปิ่จยัที่มาจากแหล่งชี้ซัด

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปิ่จยัที่มาจากแหล่งไม่ชี้ซัด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปิ่จยัที่มาจากแหล่งไม่ชี้ซัด

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณTN ปริมาณTP พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร

วิจารณ์ผล

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหาร (TN,TP) กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด และปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTN กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด

และแหล่งไม่ชี้ชัด ปริมาณธาตุอาหารตัวใดที่พยากรณ์ปริมาณChlo.a ได้ แต่ผลของการพยากรณ์ อาจมีความขัดแย้งกับความน่าจะเป็น เพราะ ในสภาพธรรมชาติจะมีปัจจัยภายนอกเหนือจากการ ศึกษาและนอกเหนือจากการควบคุมเข้ามามีอิทธิพลเป็นอย่างมากหรือคาดไม่ถึง และเกิดกระบวนการ ทับถมจะมีลักษณะเฉพาะในเขตชายฝั่ง และจะมีความแตกต่างกันมากกับเขตก้นทะเลสาบ (57) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้พยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และน่าจะมีอิทธิพลต่อผลการศึกษา ในระหว่างปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (ไร่) ซึ่งรวมทั้งการเลี้ยงในบ่อ ในนา ในร่องสวน และในกระชัง เป็นปัจจัยมาจากแหล่งชี้ชัด มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหาร TN เมื่อไม่นำพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงมาเกี่ยวข้อง เนื่องจากพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดอยู่ในแหล่งน้ำและ บริเวณใกล้แหล่งน้ำ เมื่อมีการให้อาหารสัตว์น้ำจืด จะมีเศษอาหารเหลือ มูลที่ขับถ่ายออกมาจะมี สารประกอบไนโตรเจนและไหลลงสู่ทะเลสาบโดยการไหลบ่าหน้าดิน (run off) ผ่านที่ราบขนาดใหญ่ (Plain) ที่ล้อมรอบทะเลสาบ สารประกอบไนโตรเจนบางส่วนจะถูกเก็บกักโดยสิ่งกีดขวาง บางส่วนจะไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน (12) แล้วไหลลงสู่แหล่งน้ำหรือแม่น้ำสายย่อยลงสู่ทะเลสาบ แต่เมื่อนำปัจจัยพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงมาร่วมวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ กันดังนั้นปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด คือ พื้นที่ป่าไม้ลดลงเป็นตัวแปรที่ไม่มีความชัดเจน จึงทำให้ ปัจจัยอื่น ๆ ไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณธาตุอาหารTNได้ เมื่อพิจารณาที่ละปัจจัยสามารถอธิบายได้ ว่า

ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร เพื่อทดแทนธาตุอาหารพืชที่ถูกเก็บเกี่ยวไปกับผลผลิตพืช ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี ๗ ชนิดและอัตราที่ใช้จัดว่าอยู่ในอัตราที่ต่ำที่สุดแห่งหนึ่งใน โลก (12) กล่าวคือ ประเทศไทยในปี 2530/31 2531/32 2532/33 มีอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี 4.7 6.2 และ 6.2 (กก.N+P₂O₅+K₂O/ไร่) ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าความต้องการของพืชปลูกหลายเท่า ส่วนเกาหลีใต้ มีอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี 62.7 64.0 และ 68.0 (กก. N+P₂O₅+K₂O/ไร่) ตามลำดับ ในสหรัฐอเมริกาและ ประเทศในทวีปยุโรปมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าประเทศไทยนับสิบเท่า ในประเทศอังกฤษมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอยู่ในระดับ 22.5 – 25.5 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา และ ศุภมาส (12) ยังกล่าวอีกว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราไม่เกิน 16 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ในเขต ประเทศร้อนชื้นเป็นอัตราที่ปลอดภัยจากการละลายไนเตรทสู่สภาพแวดล้อม ดังนั้นในพื้นที่ลุ่มน้ำ ทะเลสาบสงขลา ถึงแม้จะมีปริมาณฝนมากและฤดูฝนยาวนานกว่าฤดูร้อน แต่ปริมาณไนโตรเจนไม่

เหลือพอที่จะถูกชะละลายเคลื่อนย้ายลงสู่ลำน้ำไหลลงทะเลสาบต่อไป นอกจากนี้ปุ๋ยที่อยู่ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อใส่ปุ๋ยบนผิวน้ำดิน จะทำให้ปุ๋ยแอมโมเนียมสูญเสียในรูปแก๊สแอมโมเนียได้ง่ายขึ้น ระดับความชื้นในดินมีผลต่อการแปรสภาพและการเคลื่อนย้ายในโตรเจนเป็นอย่างมาก กล่าวคือ ถ้าดินมีความชื้นมากเกินไปและเกิดการขาดออกซิเจนในดิน ในโตรเจนอาจสูญเสียในรูปแก๊สโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และน้ำจะเป็นตัวพาไนเตรทเคลื่อนย้ายละลายไปจากดิน ดังนั้นวิธีการใส่ปุ๋ยจึงต้องมีการศึกษาถึงเรื่อง ปริมาณธาตุอาหารในดิน ปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการ ชนิดและสภาพของดิน ระยะเวลาที่เหมาะสม รวมไปถึงคุณสมบัติของปุ๋ยที่ใช้และวิธีการใส่ เช่น ใส่ในดินลึกประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อไม่ให้เกิดการชะละลายก่อนที่จะถูกพืชใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยงานราชการส่งเสริมให้ใช้ปุ๋ยเคมีจึงไม่เกิดการปนเปื้อนในโตรเจน เนื่องจากว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะต้องถูกย่อยสลายให้กลายเป็นปุ๋ยอนินทรีย์และมี by product เกิดขึ้นทำให้เกิดมลภาวะได้ง่ายกว่าปุ๋ยอนินทรีย์ และเมื่อใช้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมทั้งปุ๋ยอินทรีย์และอนินทรีย์ ย่อมไม่ก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายไนเตรทไปจากดิน การให้ปุ๋ยด้วยวิธีที่เหมาะสมและพ้องกับความต้องการของพืช จะลดอัตราการสูญเสียธาตุอาหารในโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณปุ๋ยในดินที่ถูกชะล้างพังทลายนั้นจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประเภทของพืชที่ปลูก คือ ถ้าปลูกพืชประเภทเบาบาง เช่น ไร่ถั่ว ไร่ข้าวโพด ซึ่งจัดว่าเป็นพืชไร่เป็นหลัก การชะล้างพังทลายจะเพิ่มสูงขึ้น (58) แต่เมื่อพิจารณาพืชที่ปลูกรอบ ๆ ทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่แล้วจะเป็นไม้ผลยืนต้น เป็นพืชหลัก (ตารางที่ 1 ภาคผนวก ข) การชะล้างพังทลายย่อมน้อยลง ดังนั้นจากหลายสาเหตุดังกล่าว ปริมาณปุ๋ยจึงไม่ส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารในทะเลสาบสงขลา

จำนวนปศุสัตว์ บริเวณที่เลี้ยงสัตว์จะมีอยู่ 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การเลี้ยงสัตว์แบบรายย่อยนั้นจะพบกระจายทั่วไปมากบริเวณที่มีสภาพพื้นที่ที่เป็นที่ราบ ที่ลุ่ม และที่สูง คิดเป็นร้อยละ 66 18 และ 16 ตามลำดับ ซึ่งสัตว์ที่เลี้ยงส่วนใหญ่จะเป็น โค กระบือ สุกร เป็ด และไก่ เป็นการเลี้ยงภายในครัวเรือนซึ่งมีจำนวนไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาวะราคาและฤดูกาล สำหรับการเลี้ยงสัตว์เพื่อการค้า อยู่บริเวณพื้นที่ที่เป็นที่สูงและที่ราบ คิดเป็นร้อยละ 64 และ 36 ตามลำดับ โดยชนิดสัตว์เลี้ยงได้แก่ สุกร และ ไก่ เป็นหลัก (59) ซึ่งจะมีของเสียจากสัตว์ที่จะแพร่สู่สภาพแวดล้อมทั้งในแง่ลำน้ำไหลบ่าและการชะละลายจากดิน กลิ่นจากของเสียอันเนื่องมาจากแอมโมเนียและสารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่นที่ระเหยออกนับเป็นการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากของเสีย อีกทางหนึ่งคือการดูดซับของฝนไปสู่ลำน้ำและทะเลสาบสงขลา ซึ่งฝนจะเป็นตัวนำพาไปได้แม้ในที่ห่างไกล นอกจากนี้ของเสียจากสัตว์ยังสะสมบนพื้นผิวดิน เนื่องจากการถูกเหยียบย่ำจนเกิดชั้นมูลอัดแน่นจนน้ำไม่สามารถซาบซึมลงลึกได้ ฟาร์มเลี้ยงสัตว์หนาแน่นเมื่อสะสมมูลมากๆ ทำให้อากาศถ่ายเทไม่สะดวก จึงเกิดการสูญเสียไนเตรทในรูปแก๊สโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (12) จำนวนโคและกระบือในจังหวัดสงขลา



และพัสดุมีจำนวนลดลงเนื่องจาก เกษตรกรได้หันมาใช้เครื่องจักรทุ่นแรงมากขึ้น แต่จำนวน โคนม โคนี้ออกของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ได้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แสดงว่า เกษตรกรหันมานิยมการเลี้ยงโคนม โคนี้อย่างถูกวิธีมากขึ้น จำนวนสุกร ไก่ มีแนวโน้มลดลง ส่วนจำนวนเป็ดคงที่และบางพื้นที่ได้เพิ่มจำนวนเล็กน้อย สาเหตุคือ ความไม่แน่นอนของราคาผลผลิต ต้นทุนค่าอาหารแพงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นเกษตรกรหันมาสนใจเลี้ยงสัตว์กินหญ้าหรือสัตว์เคี้ยวเอื้อง (59) และพบว่ามูลโคมีปริมาณเนื้อธาตุไนโตรเจนน้อยกว่าและมีไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ในปริมาณที่ต่ำกว่ามูลสุกรและไก่ (12) ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสัตว์ด้วย เลี้ยงในรูปแบบและวิธีการที่หน่วยงานราชการแนะนำ เพื่อไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล มีการขยายตัวไม่มากนักจาก ปี พ.ศ. 2535 โดยเพิ่มปีละ 1,025 ไร่ และค่อย ๆ ลดลงปีละ 1,524 4,725 3,311 ไร่ ตามลำดับจนถึงปี พ.ศ. 2540 และเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2541 อีก 4,469 ไร่ ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากการอ่อนตัวของค่าเงินบาท ทำให้ราคากุ้งกุลาดำสูงขึ้นจึงเป็นแรงจูงใจทำให้มีการเพาะเลี้ยงมากขึ้น ประกอบกับกองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์พบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จากพื้นที่ที่อยู่หลังพื้นที่ป่าชายเลนซึ่งเรียกสภาพพื้นที่เหล่านี้ว่า “ ที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง ” เป็น “ พื้นที่ราบน้ำทะเลมิได้ท่วมถึง ” เนื่องจากสภาพดินแข็งตัวเป็นดินล่วนจึงไม่มีรากพืชสามารถสร้างคันบ่อได้ ไม่ทำลายป่าชายเลน และดินน้ำไม่มีสภาพเป็นกรด พื้นที่ที่เหมาะสมเช่นนี้คือ ที่ราบลุ่มพื้นที่บริเวณอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา และอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช (60) และจังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดที่มีการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลมากที่สุดของภาคใต้ตอนล่าง โดยเฉพาะในอำเภอสทิงพระ และอำเภอระโนด (61) ซึ่งเป็นอำเภออยู่ติดกับอ่าวไทย ดังนั้นในส่วนน้ำทิ้งหรือของเสียจากบ่อกุ้งจึงถูกระบายออกสู่อ่าวไทยด้วย และประการสำคัญคือ ข้อมูลพื้นที่การเลี้ยงกุ้งทะเลที่ผู้เลี้ยงกุ้งมาจดทะเบียนซึ่งจะเป็นผู้เลี้ยงรายใหญ่ที่ปฏิบัติตามระเบียบกรมประมงโดยมีบ่อบำบัดน้ำทิ้ง ส่วนผู้เลี้ยงรายย่อยซึ่งมีอยู่มากมายไม่ได้มาจดทะเบียนกับกรมประมงและมีการหมุนเวียนเปลี่ยนพื้นที่เลี้ยงอยู่ตลอดเวลาจึงยากแก่การตรวจสอบ

จำนวนประชากรและจำนวนนักท่องเที่ยว มีของเสียที่อยู่ในน้ำทิ้งหรือน้ำเสียจากบ้านเรือนแหล่งที่พักอาศัยซึ่งมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งจะพบปริมาณไนโตรเจนสูงในน้ำเสียจากท่อส้วม และพบฟอสฟอรัสสูงจากน้ำเสียที่มาจากครัวที่ไม่มีตะแกรงคัดอาหาร (62) แหล่งที่มาของของเสียส่วนใหญ่จะมาจากเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งเป็นศูนย์กลางการพัฒนาของภาคใต้มีประชากรมาก และมีความหนาแน่นของประชากรสูง มีสถานประกอบการขนาดใหญ่ตั้งอยู่จำนวนมาก สำหรับเทศบาลนครสงขลา เป็นเมืองศูนย์กลางการบริหารการปกครองและการศึกษา โดยมีประชากรจำนวนมากรองลงมาจากเทศบาลนครหาดใหญ่ และมีประชากรแฝง คือ นักเรียน ข้าราชการ แรง

งานจำนวนมาก ทั้งยังมีโรงงานขนาดใหญ่ประเภทที่มีมลพิษสูงตั้งอยู่ใกล้ชุมชน สำหรับเทศบาลเมืองพัทลุง ถึงแม้จะเป็นชุมชนระดับเทศบาลแต่มีการพัฒนาน้อยกว่าเทศบาลนครหาดใหญ่และสงขลา จึงทำให้มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษต่าง ๆ ในเขตเมืองน้อย และมีแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษเป็นรูปธรรม (5)

ปริมาณน้ำเสียในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ แบ่งได้เป็นน้ำเสียที่มาจากบ้านเรือน (Domestic flow) ซึ่งมีปริมาณน้ำเสีย 150 ลิตร /คน/วัน ร้านค้า,สถาบันขนาดเล็กในบริเวณ 50 ลิตร/คน/วัน น้ำเสียที่ไม่ได้มาจากบ้านเรือน (Non-domes flow) มีปริมาณน้ำเสียจากย่านธุรกิจการค้า เพื่อไว้ไม่เกิน 25 % ของ domestic flow และโรงงานอุตสาหกรรมแล้วแต่ชนิด น้ำซึมเข้าที่ระบายน้ำ (infiltration) 50 % ของปริมาณน้ำเสียทั้งหมด เป็นการแบ่งของวิศวกรที่ปรึกษา W.T. Mc Cabe อยู่ในแผนการจัดการน้ำเสียเทศบาลนครหาดใหญ่และสงขลา เนื่องจากเทศบาลนครสงขลาตั้งอยู่ติดกับปากทางออกของทะเลสาบและปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งมีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถของทะเลสาบในการรับน้ำเสีย (63) ดังนั้นของเสียจากเทศบาลนครสงขลาจึงไม่มีผลกระทบที่สำคัญต่อน้ำในทะเลสาบ ยกเว้นน้ำในทะเลสาบส่วนที่ติดกับตัวเมืองเท่านั้น (59) ซึ่งปริมาณน้ำเสียจากเทศบาลนครหาดใหญ่ น้ำเสียส่วนใหญ่มาจากที่พักอาศัย รองลงมาถึงกิจการโรงแรม สำหรับเทศบาลนครสงขลาจะมาจาก ที่พักอาศัย จากสถานที่ราชการ และการมีท่าเทียบเรือประมงใหม่ที่ท่าสะพาน อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ซึ่งมีระบบบำบัดน้ำเสียอย่างสมบูรณ์และมีมาตรการควบคุมมลพิษ ได้แก่ บ่อดักเพื่อคัดเศษปลา น้ำมันและไขมัน และยกเลิกกิจการท่าเทียบเรือประมงอื่น ๆ ทั้งหมด สามารถลดปริมาณของเสียที่ระบายลงสู่ทะเลสาบได้เกินครึ่งหนึ่ง (59)

จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมประเภทของอุตสาหกรรมซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ได้แก่ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปสัตว์น้ำและโรงงานผลิตภัณฑ์ยางพารา ซึ่งโรงงานเหล่านี้มีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแล้วทั้งสิ้น สำหรับจังหวัดพัทลุงโรงงานส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็กที่ทำการแปรรูปผลิตผลจากการเกษตร และมีปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าภาคอุตสาหกรรมของจังหวัดสงขลา (5)

จากข้อมูลของโครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (5) ยังพบอีกว่าเมื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาคุณภาพน้ำแม่น้ำลำคลองในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบพบว่าคลองที่ประสบปัญหาคุณภาพน้ำ ได้แก่ คลองอู่ตะเภาและคลองพะวง ทั้งนี้เนื่องจากคลองอู่ตะเภาเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่สำคัญของเทศบาลนครหาดใหญ่ก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา เช่นเดียวกับคลองพะวงที่เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก และจากชุมชนต่าง ๆ เช่น อบต.พะวง ซึ่งตั้งอยู่บริเวณริมฝั่งคลอง โดยเมื่อเทียบความสำคัญในการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำแล้วพบว่า คลองอู่ตะเภายังคงมีการใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งน้ำดิบเพื่อการประปา

การอุปโภคบริโภค การเกษตรกรรม และอื่น ๆ ขณะที่คลองพระเวียงยังมีการใช้ประโยชน์อยู่บ้างแต่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับคลองอู่ตะเภา ดังนั้น คลองอู่ตะเภาจึงถือว่าเป็นประสบปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำที่ค่อนข้างรุนแรงที่สุด คลองที่มีปัญหาคุณภาพน้ำรองลงมาได้แก่ คลองระโนด เนื่องจากคลองระโนดไม่มีพื้นที่รับน้ำ ทำให้มีปริมาณน้ำในคลองต่ำ ประกอบกับคลองระโนดเป็นคลองที่รองรับน้ำทั้งจากชุมชนสุขาภิบาลระโนด และจากสภาพที่มีการเพาะเลี้ยงกุ้งจำนวนมากในบริเวณอำเภอรโนด ทำให้มีการปนเปื้อนของน้ำเค็ม และส่งผลให้คุณภาพน้ำในคลองระโนดมีคุณภาพเสื่อมโทรมลงในที่สุด แต่ได้มีเขื่อนกั้น ดังนั้นน้ำในคลองระโนดจะไม่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาสำหรับคลองอื่น ๆ ได้แก่ คลองท่าแนะ คลองป่าพะยอม คลองนาท่อม และคลองรัตภูมิ แม้ว่าจากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำคลองป่าพะยอมและคลองท่าแนะจะมีคุณภาพน้ำในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อเทียบการใช้ประโยชน์ของชุมชนจากแหล่งน้ำแล้ว พบว่าส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์อยู่ทางด้านทำนํ้าและไม่มากนัก จึงไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในลำน้ำ

จำนวนพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลง เนื่องจากการเผาไหม้และการทำลายป่าเพื่อเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่การเกษตร พื้นที่อยู่อาศัย หรือการก่อสร้างในด้านการสื่อสารของหน่วยงาน ถนน ผลสืบเนื่องก็คือการชะล้างพังทลายและการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารใน ธารน้ำภายในเขตพื้นที่รับน้ำซึ่งเป็นปกติของการทำลายป่า (64) และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า จำนวนพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารพืช อาจจะเนื่องจากว่าจำนวนพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงเป็นปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด (non-point source) และมีปัจจัยภายนอกมีอิทธิพลร่วมด้วย และข้อมูลมีเพียง 4 ปี เท่านั้น

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTP กับปัจจัยการใช้ที่ดินการเกษตรและอื่น ๆ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันเลย เหตุผลแต่ละปัจจัยไม่แตกต่างจากที่ได้กล่าวมาในหัวข้อของปริมาณTN และอีกเหตุผลหนึ่งที่สามารสนับสนุนได้คือ ฟอสฟอรัสจะเกาะติดกับอนุภาคดิน เมื่อตะกอนดินถูกน้ำไหลบ่าพัดพาจะนำฟอสฟอรัสติดมาด้วย ถ้าหากว่าตะกอนดินนั้นถูกลดปริมาณลงก่อนที่จะถึงทะเลสาบ ปริมาณฟอสฟอรัสน้อยลงไปด้วยและฟอสฟอรัสจะถูกตรึงในดินที่มีสภาพเป็นกรด (65)

2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด แหล่งไม่ชี้ชัด และปริมาณธาตุอาหาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปัจจัยที่มาจากแหล่งชี้ชัด
ปัจจัยที่มาจากแหล่งไม่ชี้ชัด และปัจจัยปริมาณธาตุอาหาร เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่า จำนวนปศุสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a เท่านั้น แต่ในทิศทางตรงกันข้ามเป็นเพราะว่า เมื่อมีการเลี้ยงสัตว์บก

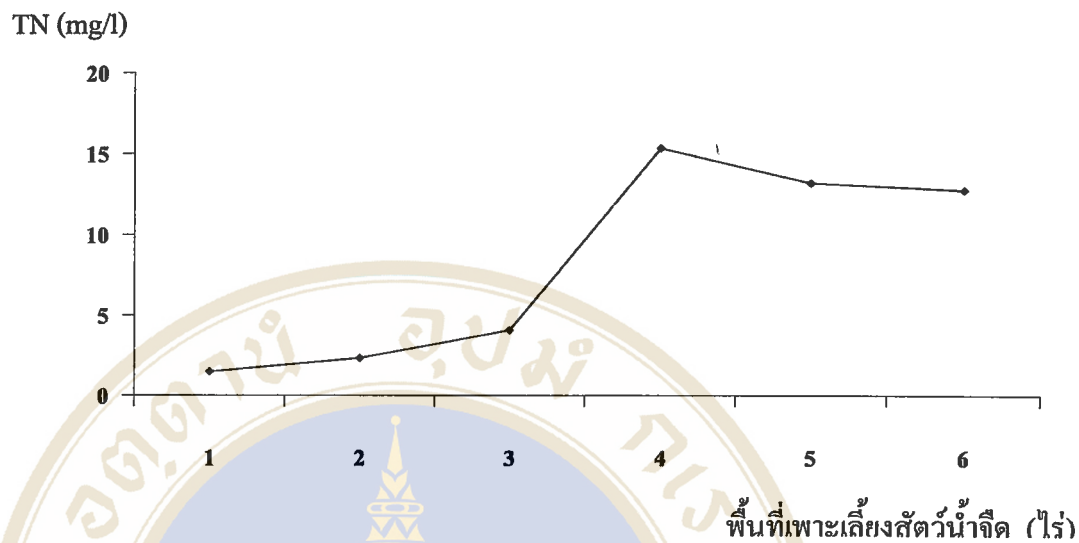
(ปศุสัตว์) จำนวนมากและเลี้ยงแบบเข้มข้น มีการสร้างโรงเรือนมีระบบบำบัดน้ำเสีย การเลี้ยงถูกสุขลักษณะมากขึ้นคือ มีบ่อเกรอะสำหรับรองรับของเสียจากการขับถ่ายของสุกรทุกฟาร์ม โดยเฉพาะที่อำเภอรัตนบุรี อำเภอลำทะเมนชัย อำเภอสีดา จังหวัดสกลนคร หรือมูลสัตว์ที่ถูกเหยียบย่ำอัดดินจนแน่นจนไม่สามารถถูกชะละลายออกมาได้รวมทั้งที่ตั้งของฟาร์มต่าง ๆ จะอยู่ห่างไกลจากทะเลสาบและลำคลองมาก อยู่บริเวณที่สูงซึ่งไม่มีปัญหาเรื่องน้ำท่วม การเลี้ยงสุกรแม้จะใช้น้ำเพื่อล้างคอกมากกว่าเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่น ๆ แต่ปริมาณของเสียจากสุกรก็ไม่ได้มากมายนักซึ่งประเมินจากปริมาณอุจจาระเฉลี่ยเพียง 2.65 กก./ตัว ตั้งแต่เริ่มเลี้ยงจนสุกรมีน้ำหนัก 90 กก. และปริมาณน้ำใช้ของฟาร์มประเมินจากความต้องการน้ำเฉลี่ยของสุกร 0.742 ลบ.ม./ตัว และเพิ่มให้อีกร้อยละ 20 เพื่อใช้ในการล้างคอกต่อครั้ง เกษตรกรรายย่อยเลี้ยงสุกรรายละ 20 ตัว ในบริเวณอำเภอปากพะยูน อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา ซึ่งมีบางส่วนอยู่บริเวณชายฝั่งของทะเลสาบสงขลา อีกลักษณะหนึ่งของการเลี้ยงแต่มีอยู่น้อยราย คือ เลี้ยงสุกรแบบปล่อย เป็นการเลี้ยงแบบดั้งเดิมและเลี้ยงไม่เกิน 5 ตัว ผู้เลี้ยงในลักษณะนี้ไม่มีเงินทุนมากพอในการขยายการเลี้ยง ประกอบกับพื้นที่มีอยู่อย่างจำกัด ราคาสุกรผันผวน ต้นทุนการผลิตสูง จึงต้องใช้เศษอาหารเพื่อเลี้ยงสุกรร่วมด้วยเพื่อลดต้นทุนการผลิต (59) และเกษตรกรนิยมการเลี้ยงแบบผสมผสาน กล่าวคือ เลี้ยงสุกรและไก่ไว้บนหรือข้างบ่อปลา บางรายก็เลี้ยงสัตว์บกแต่หันมาเลี้ยงปลากันมากขึ้นในการจัดการของเสียของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์นั้น เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เพื่อการค้า มีการจัดการของเสียโดยนำมูลสัตว์ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆกันไปได้แก่ ใช้ทำปุ๋ย นำไปผลิตแก๊สชีวภาพ ตากแห้งขายหรือขายมูลสดแก่เกษตรกรรายอื่น ๆ ซึ่งปริมาณมูลสัตว์เหล่านี้เป็นที่ต้องการมาก และมักจะมีไม่พอเพียงจึงทำให้มูลสัตว์มีราคาแพง ดังนั้นฟาร์มเลี้ยงสัตว์ได้รับผลประโยชน์อีกทางหนึ่ง ส่วนผู้เลี้ยงรายย่อยนั้นมีการนำมูลสัตว์มาใช้ประโยชน์เพื่อปลูกพืช ใส่อบเลี้ยงปลา ปลูกหญ้า มักจะได้แก่ผู้ที่เลี้ยงไก่และสุกร มีสัตว์เลี้ยงไม่มากนัก เช่น เลี้ยงสุกรรายละไม่เกิน 20 ตัว ไก่ 30-50 ตัว จึงทำให้ปริมาณของเสียไม่มากและมักจะไม่พอใช้ ส่วนที่ปล่อยของเสียออกตามธรรมชาตินั้น มักจะเป็นการเลี้ยงสัตว์แบบปล่อยไม่มีคอก ปล่อยให้สัตว์หากินเอง ได้แก่ โคและกระบือ ซึ่งจะปล่อยเลี้ยงบริเวณทุ่งนา ประกอบกับการเลี้ยงแบบนี้จะอยู่ในสภาพพื้นที่ที่เป็นที่ราบลุ่ม และที่สูง ไม่น่าที่จะก่อให้เกิดปัญหาเพราะทุ่งนาจะเป็นบริเวณที่รองรับของเสียเหล่านี้ไว้ก่อน ประกอบกับจำนวนสัตว์เลี้ยง ไม่ได้มีจำนวนมากนักและเนื่องจากการเลี้ยงสัตว์บกจะมีปัญหาเรื่องกลิ่น จึงมีการร้องเรียน (5) ดังนั้นผู้เลี้ยงต้องมีความเข้มงวดในการจัดการของเสียที่มีปริมาณมากอย่างรวดเร็วและถูกวิธี

ดังนั้นเป็นไปได้ว่า เมื่อมีการเลี้ยงสัตว์จำนวนน้อย ยังไม่มีการพัฒนาและยังไม่ได้ใช้เทคโนโลยี จึงมีของเสียซึ่งมีธาตุอาหารพืชไหลลงสู่ทะเลสาบ Chlo.a จึงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีการเลี้ยงมากขึ้น มีการพัฒนาและใช้เทคโนโลยี สามารถลดปริมาณของเสีย ธาตุอาหารพืชจากของเสียสัตว์

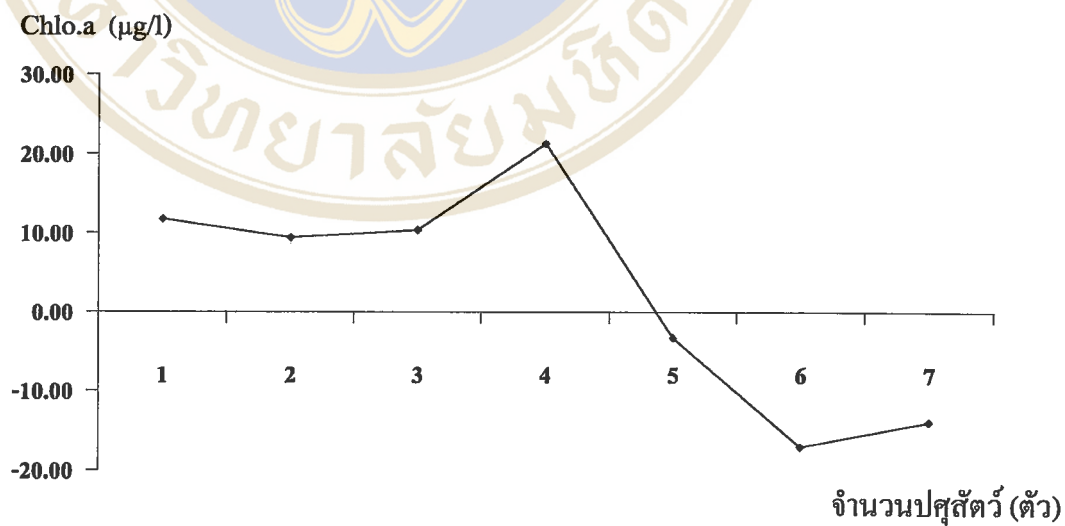
บก จึงถูกใช้ไปเสียก่อน ปริมาณ Chlo.a จึงลดลง เป็นเหตุผลที่จะอธิบายผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้

ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณ Chlo.a ได้ เหตุผลคงที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ตอนต้น และเนื่องจากความขุ่นของน้ำบดบังการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ปริมาณน้ำฝนและลมซึ่งมีความเร็วและทิศทางสามารถเจอจางและพัดพาแพลงก์ตอนพืชให้มีการไหลเวียน ที่สำคัญคือ ทะเลสาบสงขลาเป็นทะเลสาบเปิด มีการหมุนเวียนถ่ายเทไม่ได้เป็นแหล่งน้ำนิ่งที่ค่อนข้างคงตัว ได้รับอิทธิพลน้ำขึ้น น้ำลง ดังนั้นจึงมีการผันแปรของสภาพแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา





ภาพที่ 4 – 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTNกับพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด



ภาพที่ 4 – 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับจำนวนปลุสัตว์

4.3 ผลการศึกษาในเชิงฤดูกาล

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในทะเลสาบสงขลาโดยแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 3 ส่วน และศึกษาเป็นรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-พ.ศ.2542

1.1 ในปีพ.ศ. 2535 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในส่วนของทะเลสาบตอนในและตอนกลางไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ทะเลสาบตอนนอกมีความสัมพันธ์กันดังนี้

- ทะเลสาบตอนนอกเฉพาะปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณChlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.700 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ขณะปริมาณน้ำฝนมีค่ามาก จะพบปริมาณChlo.a มีค่าน้อย ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อย จะพบปริมาณChlo.a มีค่ามาก (ภาพที่ 4-20) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณChlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$Y = 16.837 - 1.4228 \times 10^{-3} X$$

เมื่อ Y = ปริมาณChlo.a ($\mu\text{g/l}$)
 X = ปริมาณน้ำฝน (mm.)

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, r^2) = 0.489 หรือ ปริมาณน้ำฝนพยากรณ์ปริมาณChlo.a ได้ 48.9 เปอร์เซนต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 4.52555

1.2 ในปี พ.ศ. 2536 ในส่วนของทะเลสาบตอนในและตอนกลางไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ในทะเลสาบตอนนอกมีความสัมพันธ์กันดังนี้

- ทะเลสาบตอนนอกเฉพาะปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณChlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.652 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ขณะปริมาณน้ำฝนมีค่ามากจะพบปริมาณChlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยจะพบปริมาณChlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-21) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณChlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$Y = 4.969 + 5.094 \times 10^{-4} X$$

เมื่อ Y = ปริมาณChlo.a ($\mu\text{g/l}$)
 X = ปริมาณน้ำฝน (mm.)

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.425 หรือปริมาณน้ำฝน พยากรณ์ปริมาณChlo.a ได้ 42.5 เปอร์เซนต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 3.20700

1.3 ในปีพ.ศ. 2537 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณน้ำฝนไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

1.4 ในปีพ.ศ. 2538 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณน้ำฝนไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

1.5 ในปีพ.ศ. 2539 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณน้ำฝนไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

1.6 ในปีพ.ศ. 2540 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.aกับปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณน้ำฝนในส่วนของทะเลสาบตอนใน ไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ทะเลสาบตอนกลางและ ทะเลสาบตอนนอกมีความสัมพันธ์กันดังนี้

- ทะเลสาบตอนกลางเฉพาะปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณChlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.728 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ขณะปริมาณน้ำฝนมีค่ามากจะพบปริมาณChlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยจะพบปริมาณChlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-22) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณChlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$\begin{array}{lcl} Y & = & 5.255 + 2.123 \times 10^{-3} X \\ \text{เมื่อ } Y & = & \text{ปริมาณ Chlo.a} \quad (\mu\text{g/l}) \\ X & = & \text{ปริมาณน้ำฝน} \quad (\text{mm.}) \end{array}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.530 หรือปริมาณน้ำฝน พยากรณ์ปริมาณChlo.a ได้ 53 เปอร์เซนต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 9.56315

- ทะเลสาบตอนนอก เฉพาะปริมาณTPมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณChlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.693 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ขณะปริมาณTPมีค่ามากจะพบปริมาณChlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณTPมีค่าน้อยจะพบปริมาณChlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-23) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTPกับปริมาณChlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$Y = 4.215 + 203.617 X$$

$$\begin{array}{lll} \text{เมื่อ } Y & = & \text{ปริมาณChlo.a} \quad (\mu\text{g/l}) \\ X & = & \text{ปริมาณTP} \quad (\text{mg-P/l}) \end{array}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.480 หรือปริมาณTP พยากรณ์ปริมาณChlo.a ได้ 48 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 3.73003

1.7 ในปีพ.ศ. 2541 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณน้ำฝนในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกไม่มีความสัมพันธ์กันแต่ในส่วน ของทะเลสาบตอนใน มีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

- ทะเลสาบตอนใน เฉพาะปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณChlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.826 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ขณะปริมาณน้ำฝนมีค่ามากจะพบปริมาณChlo.a มีค่าน้อย ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยจะพบปริมาณChlo.a มีค่ามาก (ภาพที่ 4-24) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับChlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$\begin{array}{lll} Y & = & 47.829 - 3.088 \times 10^{-3} X \\ \text{เมื่อ } Y & = & \text{ปริมาณChlo.a} \quad (\mu\text{g/l}) \\ X & = & \text{ปริมาณน้ำฝน} \quad (\text{mm.}) \end{array}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.682 หรือปริมาณน้ำฝน พยากรณ์ปริมาณChlo.a ได้ 68.2 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 7.50734

1.8 ในปีพ.ศ. 2542 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณน้ำฝนไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

2. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝน ในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ.2542 พบว่า

2.1 ในปี พ.ศ. 2535 ความสัมพันธ์ระหว่างChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอก

2.2 ในปี พ.ศ. 2536 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

2.3 ในปี พ.ศ. 2537 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

2.4 ในปี พ.ศ. 2538 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

2.5 ในปี พ.ศ. 2539 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

2.6 ในปี พ.ศ. 2540 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

2.7 ในปี พ.ศ. 2541 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก แต่ในทะเลสาบตอนในมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

- ทะเลสาบตอนใน ปริมาณTPมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ Chlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.967 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ขณะที่ปริมาณTPมีค่ามากจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณTPมีค่าน้อยจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-25) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTP กับปริมาณ Chlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$Y = 29.215 + 798.069 X$$

เมื่อ $Y =$ ปริมาณ Chlo.a ($\mu\text{g/l}$)

$X =$ ปริมาณTP (mg-P/l)

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.963 หรือปริมาณTP พยากรณ์ปริมาณ Chlo.a ได้ 96.3 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 2.97847

2.8 ในปี พ.ศ. 2542 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม ไม่มีความสัมพันธ์กันในทะเลสาบตอนใน แต่ทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกมีความสัมพันธ์กันดังนี้

- ทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ Chlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.963 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ขณะที่ปริมาณน้ำฝนมีค่ามากจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-26) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณ Chlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$Y = 2.113 + 5.511 \times 10^{-4} X$$

เมื่อ Y = ปริมาณ Chlo.a ($\mu\text{g/l}$)
 X = ปริมาณน้ำฝน (mm.)

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, r^2) = 0.927 หรือปริมาณน้ำฝนพยากรณ์ปริมาณ Chlo.a ได้ 92.7 เปอร์เซนต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate, $Sy-x$) เป็น 0.65501

- ทะเลสาบตอนนอก ปริมาณTPมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ Chlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.968 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ขณะที่ปริมาณTPมีค่ามากจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณTPมีค่าน้อยจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-27) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTP กับปริมาณ Chlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$Y = 4.611 + 40.911 X$$

เมื่อ Y = ปริมาณ Chlo.a ($\mu\text{g/l}$)
 X = ปริมาณTP (mg-P/l)

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, r^2) = 0.937 หรือปริมาณTPพยากรณ์ปริมาณ Chlo.a ได้ 93.7 เปอร์เซนต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate, $Sy-x$) เป็น 0.35546

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือนมิถุนายน – กันยายน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-พ.ศ.2542 พบว่า

3.1 ในปี พ.ศ. 2535 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือน มิถุนายน – กันยายน ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

3.2 ในปี พ.ศ. 2536 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือน มิถุนายน – กันยายน ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

3.3 ในปี พ.ศ. 2537 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือน มิถุนายน – กันยายน ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

3.4 ในปี พ.ศ. 2538 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือน มิถุนายน – กันยายน ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

3.5 ในปี พ.ศ. 2539 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือน มิถุนายน – กันยายน ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

3.6 ในปี พ.ศ. 2540 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือน มิถุนายน – กันยายน ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

3.7 ในปี พ.ศ. 2541 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือน มิถุนายน – กันยายน ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

3.8 ในปี พ.ศ. 2542 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือน มิถุนายน – กันยายน ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน และตอนนอก แต่มีความสัมพันธ์กันในทะเลสาบตอนกลาง ดังนี้

- ทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ Chlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.981 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ กล่าวคือ ขณะที่ปริมาณน้ำฝนมีค่ามากจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อย จะพบปริมาณ Chlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-28) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณ Chlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$Y = 0.441 + 1.516 \times 10^{-3} X$$

เมื่อ

Y	=	ปริมาณ Chlo.a	($\mu\text{g/l}$)
X	=	ปริมาณน้ำฝน	(mm.)

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.944 หรือปริมาณน้ำฝน พยากรณ์ปริมาณ Chlo.a ได้ 94.4 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 0.33724

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือนตุลาคม – มกราคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-พ.ศ.2542 พบว่า

4.1 ในปี พ.ศ. 2535 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือน ตุลาคม - มกราคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

4.2 ในปี พ.ศ. 2536 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือน ตุลาคม - มกราคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

4.3 ในปี พ.ศ. 2537 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือน ตุลาคม - มกราคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

4.4 ในปี พ.ศ. 2538 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือน ตุลาคม - มกราคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

4.5 ในปี พ.ศ. 2539 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือน ตุลาคม - มกราคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

4.6 ในปี พ.ศ. 2540 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือน ตุลาคม - มกราคม ไม่มีความสัมพันธ์กันในทะเลสาบตอนใน แต่ทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกมีความสัมพันธ์กันดังนี้

- ทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณTNมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ Chlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.969 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ขณะที่ปริมาณTNมีค่ามากจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณTNมีค่าน้อยจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-29) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTNกับปริมาณ Chlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

Y

= -9.498 + 33.729 X

Copyright by Mahidol University

$$\begin{array}{lcl} \text{เมื่อ } Y & = & \text{ปริมาณ Chlo.a} \quad (\mu\text{g/l}) \\ X & = & \text{ปริมาณTN} \quad (\text{mg-N/l}) \end{array}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.940 หรือปริมาณ TN พยากรณ์ปริมาณ Chlo.a ได้ 94 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , S_{y-x}) เป็น 3.41927

- ทะเลสาบตอนนอก ปริมาณTPมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณ Chlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.959 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ขณะที่ปริมาณTPมีค่ามากจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่ามาก ขณะเดียวกันเมื่อปริมาณTPมีค่าน้อยจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่าน้อย (ภาพที่ 4-30) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณTPกับปริมาณ Chlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$\begin{array}{lcl} Y & = & 6.010 + 195.064 X \\ \text{เมื่อ } Y & = & \text{ปริมาณ Chlo.a} \quad (\mu\text{g/l}) \\ X & = & \text{ปริมาณTP} \quad (\text{mg-P/l}) \end{array}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.920 หรือปริมาณTP พยากรณ์ปริมาณ Chlo.a ได้ 92 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะประมาณ (The standard error of estimate , S_{y-x}) เป็น 1.74933

4.7 ในปี พ.ศ. 2541 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือนตุลาคม - มกราคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนกลางและตอนนอกแต่ในทะเลสาบตอนในมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

- ทะเลสาบตอนใน ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณ Chlo.a มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) = 0.957 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ขณะที่ปริมาณน้ำฝนมีค่ามากจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่าน้อย ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนมีค่าน้อยจะพบปริมาณ Chlo.a มีค่ามาก (ภาพที่ 4-31) โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณ Chlo.a อาจประมาณได้ด้วยสมการ

$$\begin{array}{lcl} Y & = & 46.441 - 2.807 \times 10^{-3} X \\ \text{เมื่อ } Y & = & \text{ปริมาณ Chlo.a} \quad (\mu\text{g/l}) \\ X & = & \text{ปริมาณน้ำฝน} \quad (\text{mm.}) \end{array}$$

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination , r^2) = 0.916 หรือปริมาณน้ำฝน พยากรณ์ปริมาณ Chlo.a ได้ 91.6 เปอร์เซนต์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและการกะ ประมาณ (The standard error of estimate , $Sy-x$) เป็น 4.36388

4.8 ในปี พ.ศ. 2542 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือนตุลาคม - มกราคม ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

วิจารณ์ผล

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝน โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น 3 ส่วน ศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535-2542

1.1 ปี พ.ศ.2535 ในส่วนของทะเลสาบตอนนอก และ พ.ศ.2541 ทะเลสาบตอนใน ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศตรงกันข้าม เป็นเพราะว่า ปริมาณน้ำฝนเนื่องจากปริมาณ Chlo.a จากการที่มีฝนตกและน้ำไหลบ่าจากแผ่นดิน (run off) ทำให้ เกิดความขุ่น ความขุ่นที่เกิดจากอนุภาคดินตะกอนจะจำกัดปริมาณ และความเข้มแสงที่จะผ่านลง ไปในน้ำ การสังเคราะห์แสงของพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชจะถูกจำกัดไปด้วย (66)

ความขุ่นใต้อุณหภูมิ	ฤดูฝนช่วงแรก	ฤดูฝนช่วงหลัง	และฤดูร้อน	
ปีพ.ศ. 2535 ทะเลสาบตอนนอก	0.66	0.52	0.51	m. ตามลำดับและ
ในปีพ.ศ. 2541 ทะเลสาบตอนใน	0.42	0.51	0.29	m. ตามลำดับ

โดยที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย และออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยในแต่ละฤดูไม่แตกต่างกันนัก

1.2 ในปี พ.ศ. 2536 ในส่วนของทะเลสาบตอนนอก และ พ.ศ. 2540 ทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศเดียวกันเป็นเพราะว่า

ความขุ่นใต้อุณหภูมิ	ฤดูฝนช่วงแรก	ฤดูฝนช่วงหลัง	และฤดูร้อน	
ปี พ.ศ. 2536 ทะเลสาบตอนนอก	0.69	0.39	0.71	m. ตามลำดับ
และในปี 2540 ทะเลสาบตอนกลาง	0.77	0.46	0.77	m. จะเห็นได้ว่าเมื่อ

เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2535 และ 2541 แล้วน้ำจะใสกว่าแสงส่องผ่านได้มากกว่าจึงเกิดการ สังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชปริมาณ Chlo.a จึงสูง ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยและออกซิเจนละลายน้ำ เฉลี่ยในแต่ละฤดูไม่แตกต่างกันนัก และอีกสาเหตุหนึ่งอาจเป็นเพราะว่า ทะเลสาบได้รับน้ำจืดจาก แผ่นดิน น้ำจืดมีความหนาแน่นน้อยกว่าจึงอยู่บนน้ำกร่อย มีปริมาณธาตุอาหารสูงในน้ำจืดแพลงก์ ตอนพืชจึงใช้ธาตุอาหารเหล่านั้น

1.3 ในปี พ.ศ.2540 ทะเลสาบตอนนอก ปริมาณTPมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ทะเลสาบตอนนอกอยู่ใกล้ตัวเมืองสงขลาและจัดว่าเป็นแหล่งท่องเที่ยว มีประชากรอาศัยบนเกาะข่อยซึ่งอยู่ในทะเลสาบตอนนอกมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการคมนาคมสะดวก เพราะมีสะพานติณสูลานนท์ ดังนั้น จึงมีบ้านเรือน ร้านอาหาร กระชังเลี้ยงปลากะพงขาว โรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปริมาณฟอสฟอรัสที่มาจากครัวที่ไม่มีตะแกรงดักอาหาร (62) และตะกอนดินที่ดูดซับฟอสฟอรัสที่ถูกชะละลายมาจากแผ่นดิน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อน คือ เดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542

2.1 ในปี พ.ศ. 2535 ทะเลสาบตอนนอก ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศทางตรงกันข้าม เป็นเพราะว่า บริเวณทะเลสาบตอนนอกในฤดูร้อนคลื่นลมสงบ ปริมาณแสงแดด (คาลอรี/ตร.ซม./วัน) ความยาวนานแสงแดด (ชม./วัน) สูงกว่าฤดูฝนช่วงแรกและฤดูฝนช่วงหลัง (7) ทำให้แพลงก์ตอนพืชได้รับปริมาณแสงสว่างมากกว่าในฤดูฝน และปริมาณน้ำฝนถึงแม้จะน้อยกว่าในฤดูฝน แต่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในปี พ.ศ.2535 ชุมชนยังไม่ขยาย ปริมาณของเสียจากชุมชน อาทิเช่น บ้านเรือน ร้านอาหาร ยังมีไม่มาก ทำให้ทะเลสาบตอนนอกได้รับธาตุอาหารพืชจากปริมาณน้ำฝนชะละลาย(erosion) มากกว่า

2.2 ในปี พ.ศ.2541 ทะเลสาบตอนใน ปริมาณTPมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศทางเดียวกัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ย 8.44 โดยมีค่าสูงสุด 9.25 ค่าต่ำสุด 7.77 ซึ่งแสดงว่ามีสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ เป็นไปได้ว่า การที่มีพีชีน้ำที่ขึ้นปกคลุมอยู่ทั่วไป (67) ความหนาแน่นของพีชีได้น้ำและพีชีลอยน้ำ จะทำให้น้ำไหลช้าลง เร่งการตกตะกอนของสารแขวนลอยซึ่งดูดซับฟอสฟอรัส และเมื่อพีชีน้ำตายลงและถูกย่อยสลายปริมาณธาตุอาหารบางส่วนจะกลับสู่ทะเลสาบอีกครั้ง และบางส่วนของมวลชีวภาพจะถูกฝังลงไปใตตะกอนและพีชีน้ำเหล่านี้เองเป็นตัวใช้ฟอสฟอรัสเกิดการใช้ฟอสฟอรัสอย่างหนาแน่น ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้TPสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a อีกสาเหตุอาจเป็นเพราะว่า ฤดูร้อนมีฝนน้อย น้ำใต้ดินซึ่งมีTPสูงระบายออกมา จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้นของTPสูงตามไปด้วย (68) ประกอบกับปริมาณน้ำฝนน้อยจึงไม่เจือจางและระดับวิกฤตของฟอสเฟตในน้ำอยู่ประมาณ 10 $\mu\text{g-P/l}$ ถ้าค่าต่ำกว่านี้แล้วการแบ่งเซลล์จะถูกจำกัด โดยเซลล์ที่สร้างขึ้นใหม่จะขาดแคลนฟอสฟอรัส ในที่สุดการสังเคราะห์แสงจะหยุดลง แต่ถ้าเติมฟอสเฟตให้เซลล์ก็จะดูดซึมไปใช้อย่างรวดเร็ว ในธรรมชาติจะไม่เคยขาดแคลนฟอสฟอรัส (2)

2.3 ในปี พ.ศ.2542 ทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศเดียวกัน อาจเป็นเพราะว่า ปริมาณน้ำฝนเป็นตัวนำพาธาตุอาหารมาโดยการชะละลายจากแผ่นดิน ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 189.5 mm. เมื่อเปรียบเทียบกับ ฤดูฝนช่วงแรก มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 124.48 mm. และฤดูฝนช่วงหลังมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 428.35 mm. จะเห็นได้ว่า ฤดูร้อนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่าฤดูฝนช่วงแรก ซึ่งฤดูร้อนเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนถึง 467.1 mm. ส่วนปริมาณน้ำฝนในเดือนกุมภาพันธ์ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535-พ.ศ. 2541 มีปริมาณ 21.2 0 7.6 10.1 65.3 45.8 และ 0.7 mm. ตามลำดับ (7) ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก

- ทะเลสาบตอนนอก ปริมาณTPมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศเดียวกัน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนน้อยที่จะเจือจางปริมาณน้ำที่จากชุมชนที่อยู่โดยรอบทะเลสาบตอนนอก ซึ่งมีทั้งร้านอาหารที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นบริเวณริมชายฝั่ง เมื่อปริมาณน้ำฝนน้อย น้ำใต้ดินซึ่งมีTPสูงระบายออกมา จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้นของTPสูงตามไปด้วย (68) จากปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2541 ทะเลสาบตอนนอกค่อยๆตื้นเขิน และในปีพ.ศ. 2542 มีความลึกเฉลี่ย 1.53 m. ค่าสูงสุด 2.75 m. ค่าต่ำสุด 0.80 m. มีทิศทางและความเร็วลมเฉลี่ย 2.7 นอต (5.4 m./s) โดยมีทิศทางและความเร็วลมสูงที่สุด 19.75 นอต (39.5 m./s) (ตารางที่ 4 ภาคผนวก ค) และกนก (58) กล่าวไว้ว่า ลมที่มีความเร็วมากกว่า 5-6 m. /s จะรบกวนมวลน้ำทั้งหมดในเขตนํ้าตื้นของฝั่งที่มีความลึกประมาณ 2-3 เมตร ทำให้อนุภาคของโคลนกลับไปเป็นสารแขวนลอย และการกระเพื่อมของน้ำอาจส่งผลถึงตะกอนในบริเวณพื้นล่างลึกลงไปหลายมิลลิเมตร สารแขวนลอยและตะกอนที่ฟุ้งนี้ส่งผลให้ธาตุอาหารในดินตะกอนกลับไปสู่นํ้า บริเวณดินตะกอนพื้นล่างจะมีสภาพไร้อากาศเนื่องจากอากาศถูกนำไปใช้สำหรับย่อยสลายอินทรีย์สาร ปฏิกริยาจากสภาพที่ไร้ออกซิเจนจะทำให้ฟอสฟอรัสซึ่งไม่ละลายน้ำในสภาพที่มีอากาศจะเปลี่ยนรูปแบบเป็นแบบที่ละลายน้ำได้ แล้วปล่อยลงสู่พื้นล่างของทะเลสาบ จึงเป็นไปได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นนี้มาจากการกระเพื่อมของน้ำรวมทั้งฟอสเฟตที่ละลายน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีการปลดปล่อยฟอสเฟตออกจากตะกอนดินมากขึ้น (37)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงแรก คือ เดือนมิถุนายน-กันยายน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535-พ.ศ. 2542 พบว่า ในปี พ.ศ.2542 เฉพาะทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศทางเดียวกัน ส่วนปีอื่นๆ ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ในปี พ.ศ.2542 ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ Chlo.a เป็นเพราะว่า ปริมาณน้ำฝนช่วงแรกเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีเทือกเขาตะนาวศรีทางด้านตะวันตกกั้นกระแสลมไว้ ทำให้บริเวณจังหวัดสงขลาและพัทลุง ซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกได้รับ

ฝนน้อยกว่าฤดูฝนช่วงหลัง ซึ่งรับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าความชุ่มชื้นเฉลี่ยในฤดูฝนช่วงแรก 0.73 m. ซึ่งสูงกว่าฤดูฝนช่วงหลังมีค่าความชุ่มชื้นเฉลี่ย 0.61 m. รวมทั้งปริมาณน้ำจืดจากแผ่นดินชะละลายธาตุอาหารผ่านพื้นที่การเกษตร และพบว่า ปี พ.ศ.2542 ในฤดูฝนช่วงแรก มีปริมาณแสงแดด (แคลอรี/ตร.ซม./วัน) สูงกว่าปีอื่นๆ (7) เหล่านี้เป็นสาเหตุให้แพลงก์ตอนพืชสามารถใช้ธาตุอาหารและสังเคราะห์แสงได้มาก

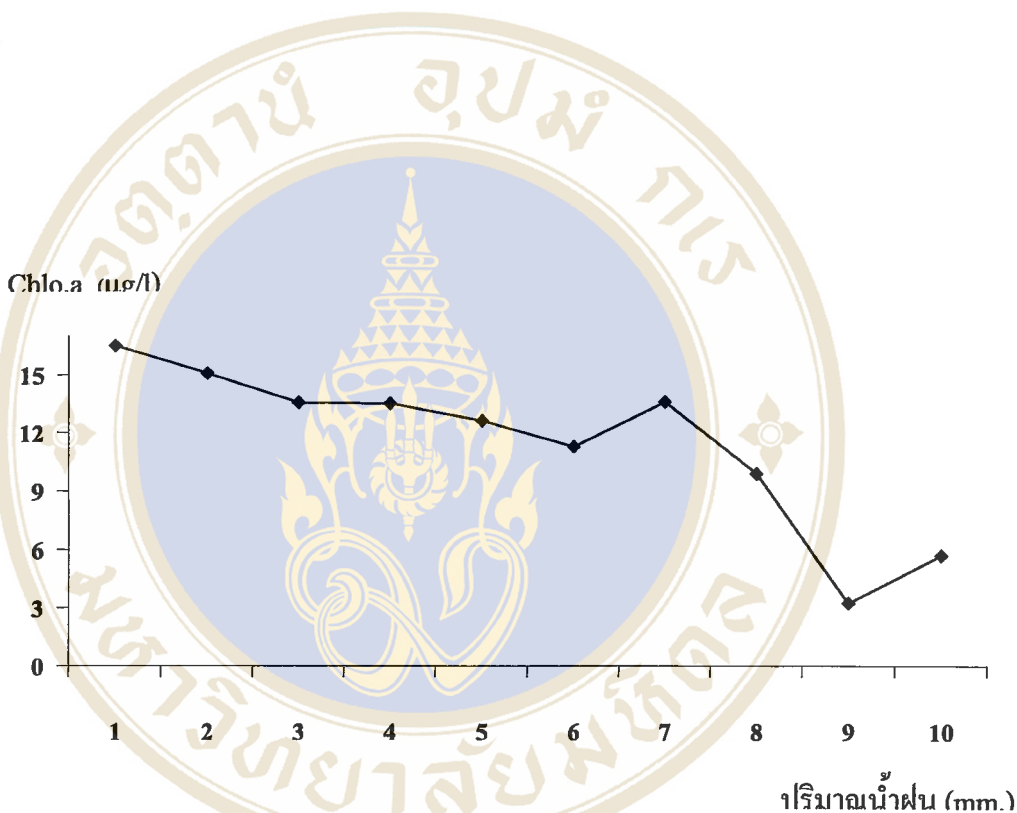
4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลัง คือ เดือนตุลาคม-มกราคม ตั้งแต่ปี พ.ศ.2535-พ.ศ. 2542 พบว่า

4.1 ในปี พ.ศ.2540 ทะเลสาบตอนกลาง ปริมาณTNมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศทางเดียวกัน เป็นเพราะว่า ปริมาณธาตุอาหารTNเป็นปัจจัยจำกัดอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการผลิตในแหล่งน้ำ ถ้าหากธาตุอาหารไนโตรเจนมีมากและมีระดับของแสงสว่างพอเพียงแล้ว จะทำให้แพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อน เนื่องจากไม่มีปัจจัยจำกัดในเรื่องแสงสว่าง (69) จากการศึกษาของโสภณา (70) พบว่า ในบริเวณที่มีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนสูงโดยเฉพาะไนเตรท ถ้าตรวจพบในน้ำมีมากแล้ว จะพบปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากด้วย และมนูดี (2) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและการกระจายของไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในน้ำทะเลระดับผิวหน้า เกิดขึ้นเนื่องจากแพลงก์ตอนพืชในน้ำ การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่ชัดเจนในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย เพราะความแตกต่างในเรื่องอุณหภูมิของน้ำระหว่างฤดูมีไม่มากนัก และปริมาณแสงแดดต่างฤดูก็ต่างกันเพียงเล็กน้อย

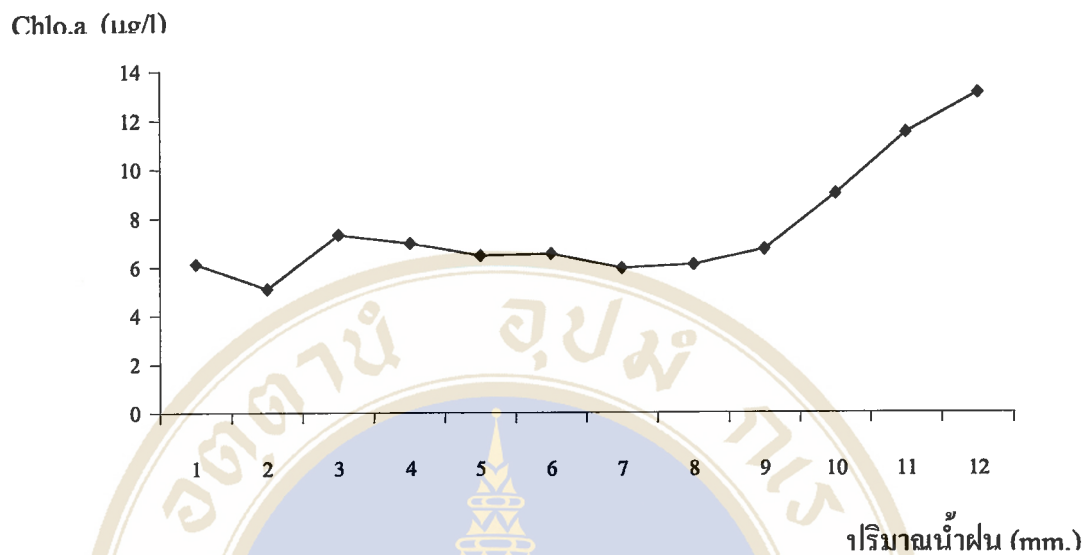
- ทะเลสาบตอนนอก ปริมาณTPมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศทางเดียวกัน เป็นเพราะว่า ปริมาณน้ำฝนในฤดูฝนช่วงหลังมากกว่าปริมาณน้ำฝนช่วงแรกจึงพัดพาตะกอนดินที่มีฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำได้มากกว่าซึ่งสอดคล้องกับสุภาภรณ์(71) และ Fogg (1) ที่พบว่าปริมาณความเข้มข้นของฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสผันแปรตามฤดูกาลและปริมาณน้ำไหลและฤดูที่มีปริมาณน้ำมากเป็นสาเหตุให้ฟอสฟอรัสถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำได้ง่าย (20)

4.2 ในปี พ.ศ.2541 ทะเลสาบตอนใน ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ในทิศทางตรงกันข้ามเป็นเพราะว่า บริเวณทะเลสาบตอนในมีความลึกเฉลี่ย 1.98 m. และน้ำมีความชุ่มชื้นเฉลี่ยเพียง 0.51 m.เท่านั้น จึงเป็นไปได้ว่า ความชุ่มชื้นที่เกิดการไหลของน้ำจากแผ่นดิน และปริมาณน้ำฝนที่มาก รวมถึงการไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น น้ำลง จึงทำให้บริเวณผิวน้ำมีความชุ่มชื้น จึงยับยั้งการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งสอดคล้องกับ De-Seve, Marshall and Alden อ้างใน (66) ที่กล่าวไว้ว่า ความชุ่มชื้นสูงที่เกิดจากการกวนตะกอนในอ่างน้ำตื้นจะเป็นปัจจัยควบคุมองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช และจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงใน

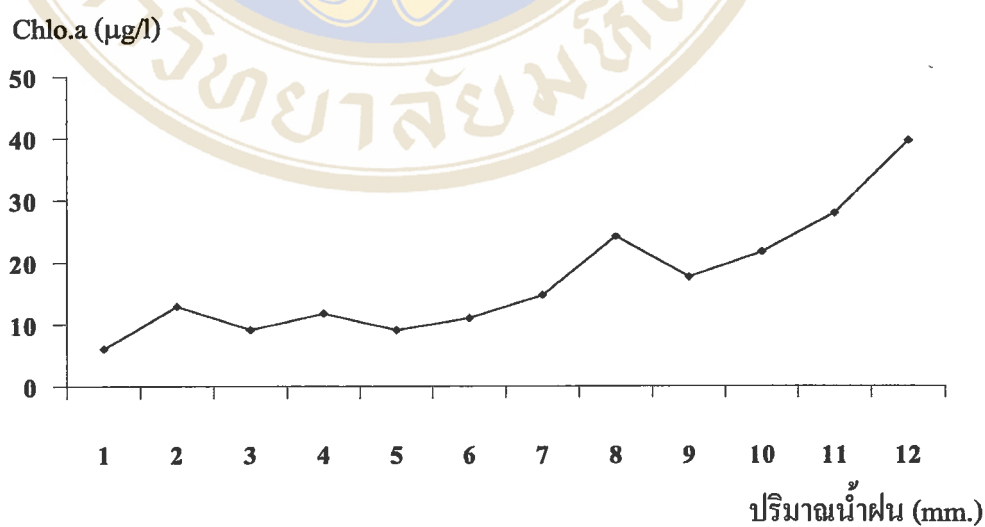
บริเวณที่น้ำมีความขุ่นสูงสุด (72) ส่วนมณฑล (2) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและการกระจายของฟอสฟอรัสตามฤดูกาล ในน้ำทะเลอ่าวไทยตอนบน ความแตกต่างตามฤดูกาลของปริมาณความเข้มข้นของฟอสเฟตไม่ได้มีผลมาจากการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำและปริมาณแสงสว่างแทบจะไม่แตกต่างกันในรอบปี แต่เกิดขึ้นเนื่องจากการเจือจางโดยน้ำจืดในฤดูน้ำมาก



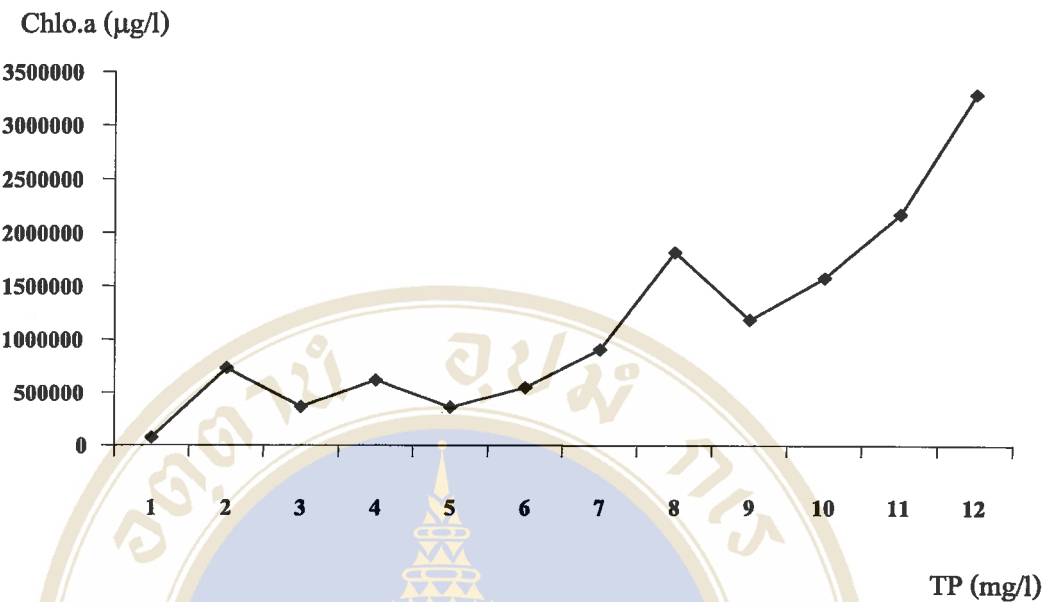
ภาพที่ 4 – 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปริมาณน้ำฝน



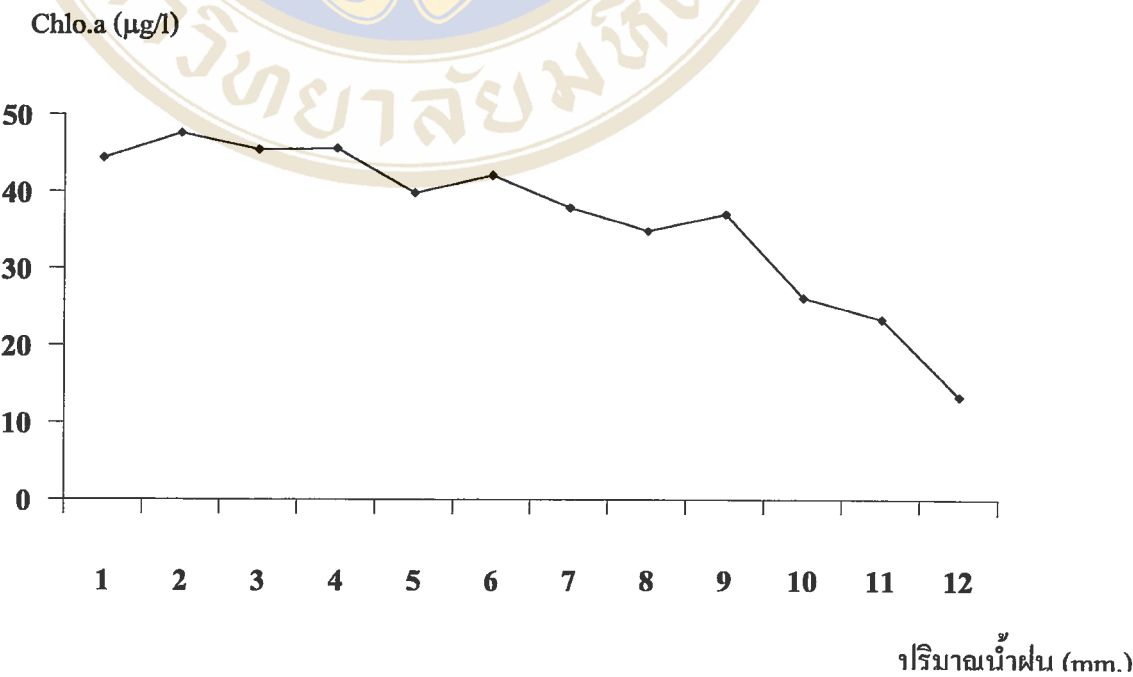
ภาพที่ 4 – 21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปริมาณน้ำฝน



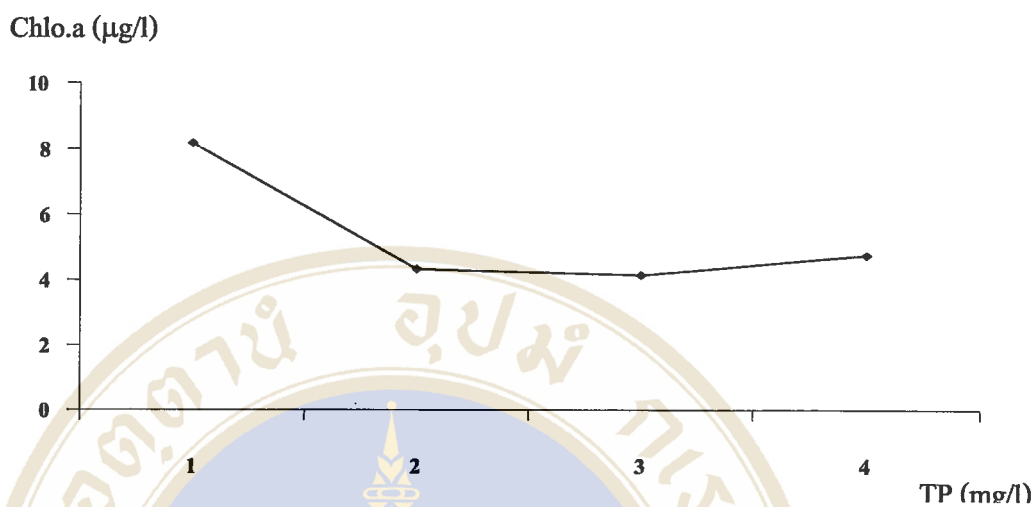
ภาพที่ 4 - 22 ความสัมพันธ์ระหว่างChlo.a กับปริมาณน้ำฝน



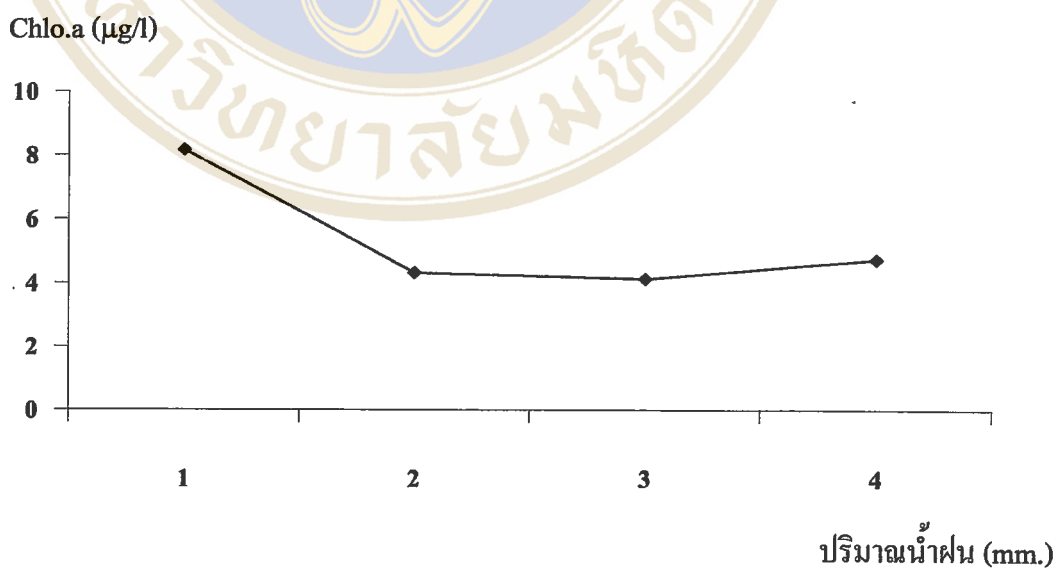
ภาพที่ 4-23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณTP



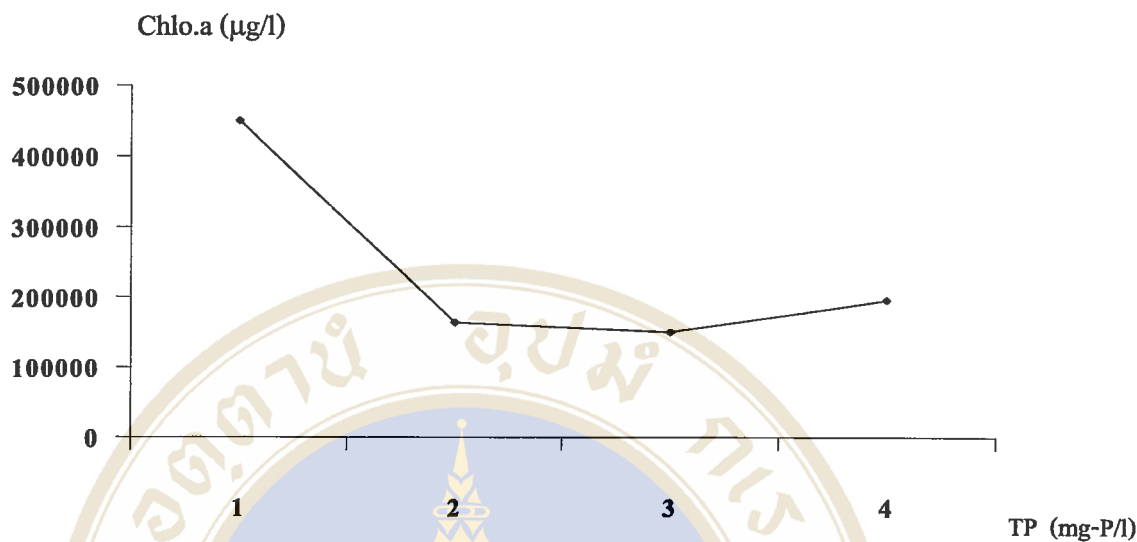
ภาพที่ 4-24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณน้ำฝน



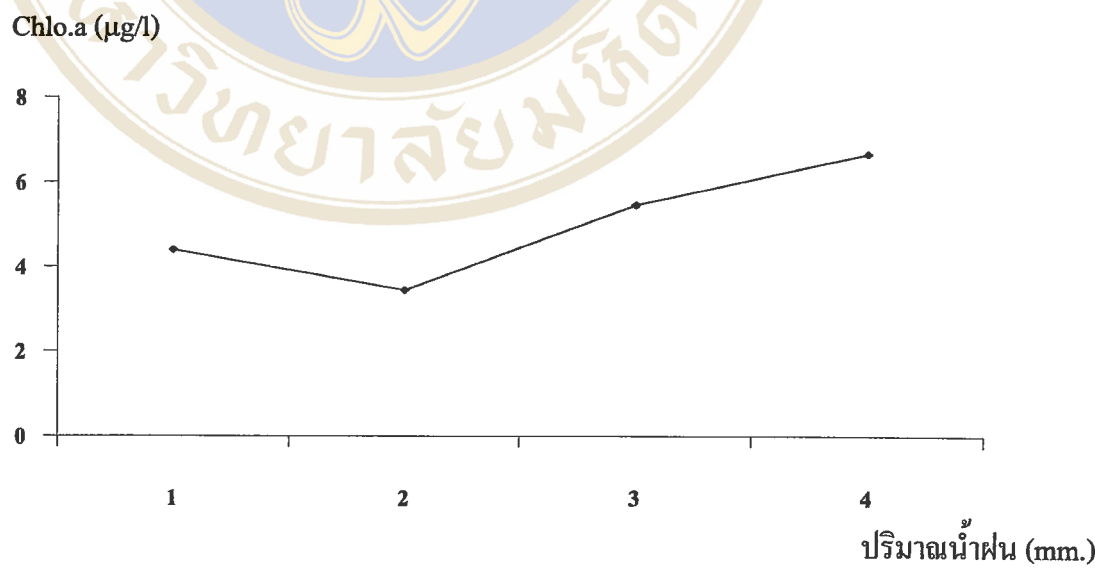
ภาพที่ 4 – 25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปริมาณTP



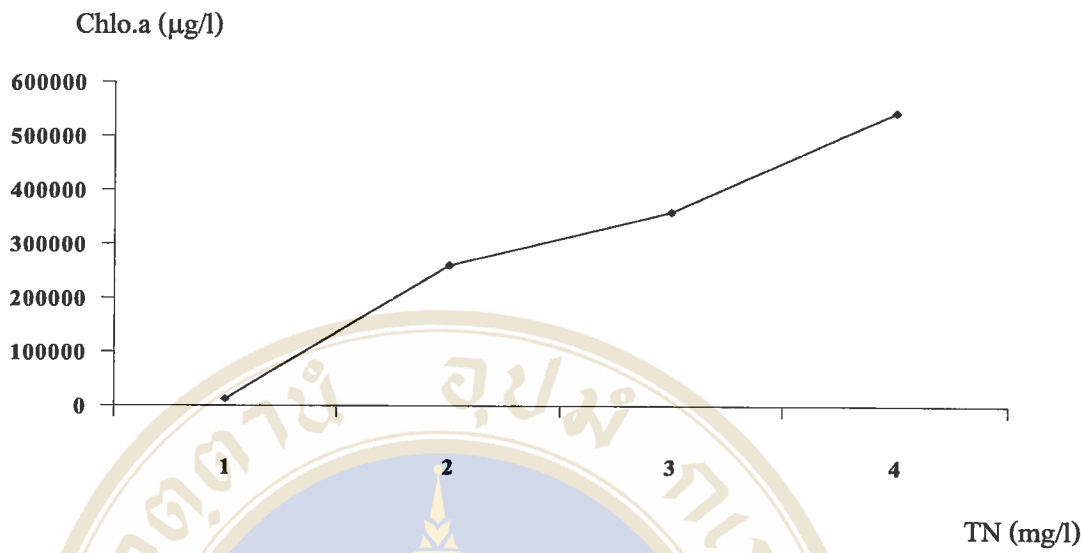
ภาพที่ 4 – 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณน้ำฝน



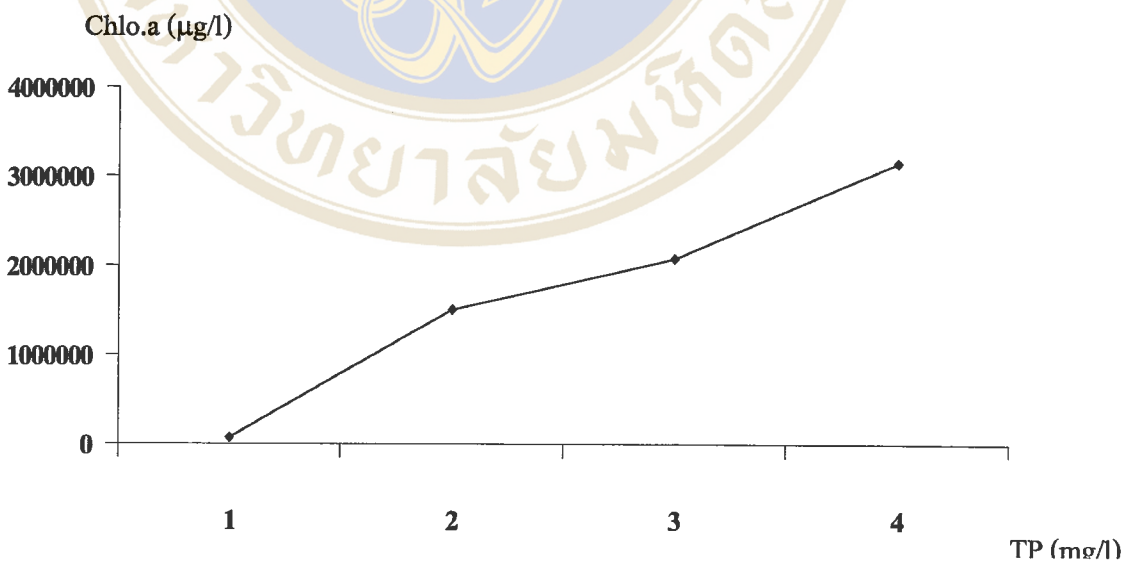
ภาพที่ 4 – 27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณ TP



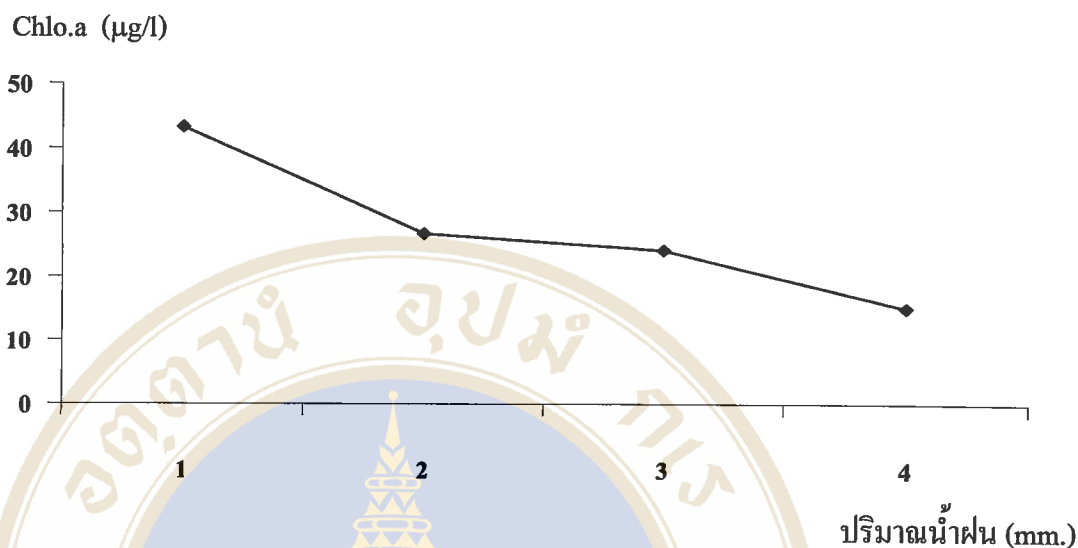
ภาพที่ 4 – 28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับปริมาณน้ำฝน



ภาพที่ 4 – 29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับ ปริมาณTN



ภาพที่ 4 – 30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Chlo.a กับ ปริมาณTP



ภาพที่ 4 – 31 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณChlo.a กับ ปริมาณน้ำฝน

4.4 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำตามฤดูกาลได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝนช่วงแรก และฤดูฝนช่วงหลัง ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก คุณภาพน้ำในแต่ละปี (ภาคผนวก ค) มีดังนี้

1. คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2535 ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1.82 m. 2.87 m. และ 2.45 m. ตามลำดับ ความขุ่นใตในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.39 m. 0.59 m. และ 0.56 m. ตามลำดับ ความเค็มในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 3.25 ppt 13.43 ppt และ 19.99 ppt ตามลำดับ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 6.18 mg/l 6.09 mg/l และ 5.59 mg/l ตามลำดับ อุณหภูมิในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 29.82 °C 30.12 °C และ 29.44 °C ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 7.99 7.62 และ 7.62 ตามลำดับ

2. คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2536 ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1.84 m. 2.84 m. และ 1.99 m. ตามลำดับ ความขุ่นใตในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.35 เมตร 0.49 เมตร และ 0.60 m. ตามลำดับ ความเค็มในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 3.73 ppt 6.17 ppt และ 17.91 ppt ตามลำดับ ออกซิเจนละลายน้ำ

(DO) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 6.46 mg/l 6.48 mg/l และ 6.25 mg/l ตามลำดับ อุณหภูมิในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 29 °C 28.84 °C และ 28.77 °C ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 7.54 7.66 และ 7.55 ตามลำดับ

3. คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2537 ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1.82 m. 2.27 m. และ 3.10 m. ตามลำดับ ความขุ่นใสในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.2 m. 0.3 m. และ 0.5 m. ตามลำดับ ความเค็มในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.5 ppt 3.86 ppt และ 15.52 ppt ตามลำดับ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 6.91 mg/l 6.34 mg/l และ 6.09 mg/l ตามลำดับ อุณหภูมิในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 29.61 °C 29.12 °C และ 29.09 °C ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 8.04 7.26 และ 7.39 ตามลำดับ

4. คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2538 ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1.74 m. 2.15 m. และ 1.72 m. ตามลำดับ ความขุ่นใสในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.25 m. 0.75 m. และ 0.64 m. ตามลำดับ ความเค็มในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 10.84 ppt 6.95 ppt และ 18.09 ppt ตามลำดับ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 8.37 mg/l 7.24 mg/l และ 6.83 mg/l ตามลำดับ อุณหภูมิในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 29.47 °C 29.57 °C และ 29 °C ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 8.09 7.65 และ 7.88 ตามลำดับ

5. คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2539 ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1.96 m. 2.59 m. และ 1.65 m. ตามลำดับ ความขุ่นใสในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.3 m. 0.56 m. และ 0.65 m. ตามลำดับ ความเค็มในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.41 ppt 5.83 ppt และ 14.37 ppt ตามลำดับ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 9.18 mg/l 7.31 mg/l และ 6.64 mg/l ตามลำดับ อุณหภูมิในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 29.83 °C 29.75 °C และ 29.17 °C ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 8.0 7.58 และ 7.74 ตามลำดับ

6. คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2540 ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย

1.87 m. 3.11 m. และ 1.6 m. ตามลำดับ ความขุ่นใสในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.88 m. 0.66 m. และ 0.73 m. ตามลำดับ ความเค็มในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.42 ppt 8.3 ppt และ 17.58 ppt ตามลำดับ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 8.93 mg/l 6.86 mg/l และ 5.81 mg/l ตามลำดับ อุณหภูมิในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 30.29 °C 29.91 °C และ 29.36 °C ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 8.12 7.63 และ 7.64 ตามลำดับ

7. คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2541 ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1.24 m. 3.03 m. และ 1.62 m. ตามลำดับ ความขุ่นใสในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.41 m. 0.85 m. และ 0.73 m. ตามลำดับ ความเค็มในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 2.87 ppt 17.21 ppt และ 23.15 ppt ตามลำดับ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 7.29 mg/l 6.20 mg/l และ 5.39 mg/l ตามลำดับ อุณหภูมิในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 30.91 °C 30.94 °C และ 30.04 °C ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 8.00 7.63 และ 7.77 ตามลำดับ

8. คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2542 ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1.85 m. 2.89 m. และ 1.42 m. ตามลำดับ ความขุ่นใสในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.38 m. 0.57 m. และ 0.57 m. ตามลำดับ ความเค็มในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 0.41 ppt 4.66 ppt และ 13.92 ppt ตามลำดับ ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในทะเลสาบ ตอนใน ตอนกลาง และตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 7.3 mg/l 6.66 mg/l และ 5.88 mg/l ตามลำดับ อุณหภูมิในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 29.02 °C 29.56 °C และ 28.79 °C ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และ ตอนนอก มีค่าเฉลี่ย 8.05 7.45 และ 7.59 ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

พ.ศ. 2535 เป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดในระหว่าง 8 ปีที่ศึกษา คือ 1,389.9 mm. / ปี ส่วน พ.ศ. 2542 เป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด คือ 2,969.3 mm./ ปี ซึ่งมีผลต่อการเหือดจาก ความเค็ม ไม่ค่อยมีผลต่อความขุ่นใสเท่าใดนัก

ทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก มีความลึกเฉลี่ย 1.77 m. 3.00 m. และ 1.74 m. ตามลำดับ ส่วนความเค็มเฉลี่ย 2.75 ppt. 7.26 ppt. และ 17.57 ppt. ตามลำดับ อุณหภูมิไม่แตกต่าง

กัมมันต์ ส่วนออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 5.39 – 9.18 mg/l pH ค่อนข้างเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย ตลอดทั้งทะเลสาบ

ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะภูมิประเทศของทะเลสาบสงขลา ซึ่งมีทางเปิดออกสู่อ่าวไทย ประกอบกับสภาพภูมิอากาศที่มีลมมรสุม 2 ชนิดพัดผ่าน ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และอิทธิพลของ น้ำขึ้น-น้ำลงของอ่าวไทย จึงทำให้คุณภาพน้ำทางกายภาพมีการเปลี่ยนแปลง และผันแปรตาม สภาพภูมิอากาศ นอกเหนือจากคุณภาพดินและลักษณะนิเวศน์ในทะเลสาบสงขลา



บทที่ 5

สรุปและเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. การผันแปรของปริมาณธาตุอาหารและปริมาณChlo.a จะผันแปรตามปริมาณ TN ส่วนปริมาณ TP ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักและมีการผันแปรของปริมาณChlo.a มากในฤดูร้อน โดยเฉพาะทะเลสาบตอนใน ปริมาณChlo.a จะมีการเปลี่ยนแปลงมากโดยเฉพาะในเดือนที่ติดกัน เนื่องมาจากมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศจากค่าสูงสุดและต่ำสุด

2. เจริญการใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่น ๆ

ธาตุอาหารTNมีแหล่งกำเนิดมากมายแต่การถูกน้ำชะละลายจากแผ่นดินมาสู่ทะเลสาบนั้นมีการไหลซึม (leak) ดังนั้นธาตุอาหารTNที่ถูกชะละลายในน้ำปริมาณมาก ๆ ปริมาณธาตุTNไหลซึมน้อยลงเพราะถูกเจือจาง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด เป็นการกระทำกิจกรรมในน้ำตลอดเวลา จึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารTNที่ไหลลงทะเลสาบ เมื่อพื้นที่ทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดมากปริมาณTNมาก ถ้าหากพื้นที่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดน้อยปริมาณTNย่อมน้อยไปด้วย และจำนวนปศุสัตว์ที่มีปริมาณมากขึ้นแต่ทำให้ปริมาณChlo.a ในทะเลสาบน้อยลง เพราะธาตุอาหารจากมูลสัตว์ไม่ได้ไหลลงทะเลสาบเป็นเพราะมีวิธีการเลี้ยงที่ถูกสุขลักษณะมากขึ้น มีการนำภูมิปัญญามาใช้และการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการของเสียให้เกิดประโยชน์โดยไม่เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม

3. เจริญฤดูกาล

เมื่อพิจารณาจากปริมาณน้ำฝนทั้งปีและปริมาณธาตุอาหารหาความสัมพันธ์กับปริมาณ Chlo.a ส่วนใหญ่แล้วทะเลสาบส่วนที่ปริมาณน้ำฝนและปริมาณTPมีความสัมพันธ์กับปริมาณChlo.aจะเป็นทะเลสาบตอนนอกมีแหล่งชุมชนรายล้อมมากที่สุด

ในฤดูร้อน ปริมาณTPและปริมาณน้ำฝน มีความสัมพันธ์กับChlo.a ในปี พ.ศ. 2541 และ พ.ศ.2542 ทั้งทะเลสาบตอนในและตอนกลาง

ในฤดูฝนช่วงแรกปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณChlo.a เฉพาะปีพ.ศ. 2542 เฉพาะทะเลสาบตอนกลางเท่านั้น

ในฤดูฝนช่วงหลังซึ่งมีปริมาณน้ำฝนมาก ปริมาณTN ปริมาณTP และปริมาณน้ำฝน มีความสัมพันธ์กับปริมาณChlo.a ในช่วงปี พ.ศ. 2540 – พ.ศ. 2541 ทั้งทะเลสาบตอนใน ตอนกลาง และตอนนอก

ดังนั้นสรุปได้ว่าปริมาณน้ำฝนเป็นตัวชะละลายปริมาณTNจากแผ่นดิน โดยที่ ปริมาณTPยังคงมีอยู่ในทะเลสาบโดยไม่ขาดแคลน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลทุติยภูมิที่นำมาใช้ศึกษาในครั้งนี้ นำมาจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ เนื่องจากหน่วยงานย่อยที่ดำเนินการเก็บข้อมูล ไม่มีคอมพิวเตอร์เก็บข้อมูล โดยเฉพาะก่อนหน้าปี พ.ศ. 2538 ข้อมูลจึงสูญหายกระจัดกระจาย ถูกยืมไปแล้วไม่ได้คืน และหน่วยงานที่เก็บข้อมูลซ้ำกับหน่วยงานที่มีลักษณะงานใกล้เคียงกัน มีวิธีเก็บที่แตกต่างกัน จึงได้ข้อมูลที่แตกต่างกันมาก ดังนั้น การจัดเก็บข้อมูลควรทำให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน
2. ในการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลทุติยภูมิของสำนักงานสถิติแห่งชาติเป็นข้อมูลรายปีของทั้งจังหวัด จึงเป็นภาพรวม ควรที่จะศึกษาคุณภาพน้ำเฉพาะแต่ละคลองหลักที่ไหลลงทะเลสาบ โดยเฉพาะคลองอู่ตะเภา คลองพะวง ซึ่งเป็นคลองรับน้ำทั้งจากชุมชนและมีความสำคัญต่อชุมชนขนาดใหญ่ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยใช้ข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงพื้นที่ระดับหมู่บ้าน
3. การปลูกจิตสำนึกและการปลูกสำนึกของผู้ประกอบการต่อสภาวะแวดล้อมของสังคม การให้ความรู้แก่ชุมชน การออกระเบียบกฎหมาย กฎหมายให้เกิดการป้องกันจะให้ผลดีกว่าการแก้ไขเมื่อสภาวะแวดล้อมเริ่มเสื่อมลง
4. ทะเลสาบตอนในซึ่งมีปริมาณ Chlo.a สูงกว่าทะเลสาบตอนกลางและตอนนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน จึงควรมีการศึกษาถึงการเกิดภาวะ Eutrophication เพื่อการจัดการทะเลสาบสงขลา
5. ศึกษา Carrying capacity บริเวณคลองในแหล่งชุมชนรอบทะเลสาบสงขลาที่อาจส่งผลกระทบต่อสภาพแปรปรวนของธาตุอาหารในทะเลสาบสงขลา



รายการอ้างอิง

- 1.Fogg GE. Algal cultures and phytoplankton ecology. The university of Wisconsin Press. 1971; 126 p.
- 2.มนูดี หังสพฤกษ์. สมุทรศาสตร์เคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.
- 3.นิวัต เรืองพานิช. นิเวศวิทยาทรัพยากรธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ริ้วเขียว, 2541.
- 4.ฝ่ายข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและจัดการสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.สารสนเทศทรัพยากรธรรมชาติลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. ทรัพยากรธรรมชาติลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ชุดที่ 1. 2537; 1-25.
- 5.VKI ร่วมกับ DHI PEM consulf A/S COWI A/S มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ บริษัทซีเทคอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด. รายงานด้านเทคนิคฉบับที่ 28 การวิเคราะห์สภาพปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาภายใต้โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (The Emsong Project). DANCED(Danish Cooperation For Environment and development) และสำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, 2541.
- 6.สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12. สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมภาคใต้ตอนล่าง ปี 2542. 2543; 3-5.
- 7.กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม. ภูมิอากาศน่ารู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: 2532.
- 8.Lewis WM. Effect of fire on nutrient movement in South Carolina pine forest ecology. J. of Forest. 1974; 55 : 1120 – 1127.
- 9.บุญปลูก นาประกอบ เกษม จันทรแก้ว และ นฤตย์ พันธุ์บุรณะ. รายงานวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2519; 28 หน้า
- 10.Uttormark PD, Chapin JD, Green KM. Estimate nutrient loading of lake from non-point source EPA-660/3-74-020. Washington, D.C. : U.S.Govt. printing off. 1971; 63 p.
- 11.Reid GK. Ecology of inland water and estuaries. New York: Reinhold publishing cooperation Chapman and Hall. Ltd. 1961; 405 p.
- 12.ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา. ถาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

- 13.Cooke GW, Williams RJB. Significance of man-made sources of phosphate: fertilizers and farming. The phosphorus involved in agricultural system and possibilities of its movement in to natural water. In: Progress in water technology. Vol. 2 phosphorus in fresh water and the marine environment. Great Britain: Pergamon press; Ltd. 1975; 83-94.
- 14.Hynes HBC. The ecology of running water. Liverpool: Liverpool Univ. Press. 1970; 367 p.
- 15.Golterman HL. Vertical movement of phosphate in fresh water. In: Environment phosphorus handbook. New York: John Wiley & Sons. 1975; 131 – 139.
- 16.Burwell RE, Timmons DR, Holt RF. Nutrient transport in surface runoff as influenced by soil cover and seasonal period. Soil. Sci. Soc. Amer. 1975; 39: 523 – 528.
- 17.Armitage ER. The run off of fertilizers from agricultural land effect on the natural environment. In: Pollution and the use of chemicals agriculture. Aylesburg: Hazell Watson & Viney Ltd., 1974; 115 – 122.
- 18.Miller MH. Contribution of nitrogen and phosphorus to subsurface drainage water from intensively cropped mineral and organic soil in Ontario. J. Environ. Gual. 1979; 8: 42 – 48.
- 19.Jackson WA, Asmussen LE, Hauser EW, White AW. Nitrate in subsurface flow from a small agricultural watershed. J. Environ. Gual. 1973; 2: 480 – 485.
- 20.Bradford RR. Nitrogen and phosphorus loss form agronomy plots in North Alabama. Washington: U.S. Govt. printing off. 1974; 125 p.
- 21.Roger HT. Losses of surface – applied phosphate and limestone through runoff from pasture land. Socil. Sci. Soc. Amer. 1942; 7: 69 – 76.
- 22.Hewlett JD, Nutter WL. An outline forest hydrology. Geogia: Univ. Geogia. Press. 1969; 137 p.
- 23.Huetle PJ, Wendt RC, Corey RB. Prediction of algal available phosphorus in runoff suspension. J. Environ. Gual. 1979; 8: 130 – 132.
- 24.Committee on water quality criteria. Water quality criteria. Washington, D.C., 1972.
- 25.Aston SR. Nutrient dissolved gas and general biogeochemistry in estuaries. In : Olausson E and I , Cato , eds. Chemistry and biogeochemistry. New york: John Wiley And Sons press. 1980; 243-248.
- 26.Furumai H , Kawasaki T, Futawatari T, Kasuda T. Effect of salinity on nitrification in a Tidal River 1988; 20: 165-174.
- 27.กรรณิการ์ สิริสิงห. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัย

มหิดล กรุงเทพมหานคร, 2522.

- 28.สุภาพร รักเขียว. การกระจายและฟลักซ์ของธาตุอาหาร ในป่าชายเลนคลองหวาง จังหวัดระนอง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.
- 29.Siripong A. The variation and distribution of nutrient in the Phang-Nga Bay in the South West Monsoon. Chula. Res. J. 1981; 170-188.
- 30.วิไลวรรณ อุทุมพุกภัยพร มนุวดี หังสพุกภัยและศิริชัย ธรรมวานิช. รายงานผลการวิจัยการกระจาย และการนำพาของสารมลพิษบางชนิดในเอสทูรี. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533. ศูนย์วิจัยรัชดาภิเษกสมโภช.
- 31.อนเนก จูศิริพงษ์กุล. การแปรผันในรอบปีของสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้ ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- 32.Coots AR, Yeats PA. Distribution of nutrient in the gulf of St. Lawrence. J.Fish Res. 1979; 36: 122-131.
- 33.Lee GF. Role of phosphorus in eutrophication and diffuse source control. Water research pergamon press. 1973; 7: 111-128.
- 34.เพราพรรณ แสงสกุล. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของฟอสฟอรัสที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้ทะเลสาบสงขลา [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล]. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
- 35.Armstrong FAJ. Phosphorus. In: Riley JP Skirrow G, editors. Chemical oceanography volume I. London: Academic press Inc., 1965; 323-364.
- 36.Day JW, Hall CAS, Kemp WM, Yanez-Arancibia A. Estuarine chemistry. In: Estuarine ecology. New York: Wiley Interscience. 1989; 147-187.
- 37.Kunushi HM, Glotfelty DE. Sediment season and salinity effect on phosphorus concentrations in an estuary. J. Environ Qual. 1985; 14: 292-296.
- 38.Bulter ET, Tibbetts S, Chemical survey of the Tamar Estuary I. Properties of the waters. J. Mar Biol. Ass. UK. 1972; 52: 681-699.
- 39.Pomeroy OR, Smith EE, Grant CM. The exchange of phosphate between estuarine water and sediments. Limnol. Oceanogr. 1965; 10: 167-172.
- 40.Steffanson V, Richard FA. Processes contributing to the nutrient distributions of the Columbia River

- and Strait of Juan de Fuca. *Limnol. Oceanogr.* 1963; 15: 394-410.
41. ถัดดา วงศ์รัตน์. แพลงก์ตอนพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.
42. Pennock JR. Chlorophyll distribution in the Delaware estuary: regulation by light-limitation. *Est. Coast. Shelf. Sci.* 1985; 21: 711 – 725.
43. Laws EA, Bannister TT. Nutrient and light-limited growth of *Thalassiosira fluviatilis* in continuous culture, with implications for phytoplankton growth in the ocean. *Limnol. Oceanogr.* 1980; 457 – 473.
44. Cadée GC, Hegeman J. Phytoplankton primary production chlorophyll and composition in an inlet of the Wadden Sea (Marsdiep). *Neth. J. Sea. Res.* 1979; 13: 224 - 241.
45. Roman MR., Tenore KR. Tidal Resuspension in Buzzards bay, Massachusetts: seasonal change in the resuspension of organic carbon and chlorophyll a. *Est. Coast. Mar. Sci.* 1978; 6: 37–46.
46. Merlon EJ, Marty JC, Denant V, Saliot A. Phytoplankton sources of volatile aldehydes in the river Rhone estuary, *Est. Coast. Shelf. Sci.* 1991; 32: 463 – 482.
47. Malline MA, Paerl HW, Rudek J. Seasonal phytoplankton composition productivity and biomass in the Neuse river estuary, North Carolina. *Est. Coast. Shelf. Sci.* 1991; 32: 609 – 627.
48. Wofsy SC. A simple model to predict extinction coefficient and phytoplankton biomass in eutrophic waters. *Limnol. Oceanogr.* 1983; 28: 1144 - 1155.
49. Anderson GC. Subsurface chlorophyll maximum in the northeast Pacific ocean *Limnol. Oceanogr.* 1969; 14: 386-391.
50. Uno S. Distribution and standing stock of chlorophyll a in the Antarctic ocean from December 1980 to January 1981. *Mem Nat Inst. Polar Res., Spec. Issue.* 1982; 23: 20-27.
51. Jackson. CA. Nutrient and proction of Giant Kelp, *Macrocystis pyrifera*, off Southern California. *J. Limnol and Occanog.* 1977; 22: 979 – 995.
52. Carpenter EJ, Remsen CC, Watson SW. Uptake and assimilation of amino acids by *Platymonas*. *Biol. Bull.* 1972; 140: 241 – 254.
53. Keeney DR. Nitrates in plants and waters. *J. of Milk and Food Technology.* 1970; 33: 425 – 432.
54. วรณา รัดนโกสีกิจย์. ธาตุอาหารบริเวณแหล่งเลี้ยงกุ้งทะเล. การสัมมนาเรื่องผลกระทบในทางบวก

ของอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อระบบนิเวศน์วิทยา ความอุดมสมบูรณ์ของชายฝั่ง และสภาพเศรษฐกิจสังคมในประเทศไทย. วันที่ 31 มกราคม 2536; ณ โรงแรมหาดแก้ว รีสอร์ท จังหวัดสงขลา: กรมประมง, 2536.

55. คณิต ไชยคำ สิริ ทุกข์วินาศ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร พุทธ ส่องแสงจินดา และดุสิต ตันวิไลย. คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ความรู้เบื้องต้นและวิธีวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สงขลา: มงคลการพิมพ์, 2537.
56. ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์. การวิเคราะห์เส้นทางทางสังคมและพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2527.
57. Möller RE, Burkholder JM, Wetzel RG. Singification of sedimentary phosphorus to a submersed freshwater macrophyte (*Najas flexilis*) and its algal epiphyte. *Aquatic Botany*. 1988; 32: 261 - 281.
58. กนก จันทร์ทอง(แปล). การจัดการชายฝั่งทะเลสาบ. ใน: S.E. Jørgensen และ H.Löffler, editors. แนวทางในการจัดการทะเลสาบ เล่ม 3. พิมพ์ครั้งที่ 1. จังหวัดปัตตานี: โรงพิมพ์มิตรภาพ, 2543: 1 – 191.
59. สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. การติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. รายงานฉบับสุดท้ายเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2533.
60. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แผนการใช้ที่ดินภาคใต้. 2536.
61. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการประมงแห่งประเทศไทยปี พ.ศ. 2539. เอกสารฉบับที่ 5/2542.
62. ฝ่ายจัดการกากของเสีย กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. แนวโน้มการใช้ประโยชน์ของเสีย. 2532.
63. Hatyai/Songkhla water supply master plan, Songkhla Lake basin planning study (SLBPS). Final report Vol.5. 1985.
64. Lidens GE. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed – ecosystem. *Ecol. Mongr*. 1970; 40: 23 – 47.
65. สมชาย อ่อนภาษา ชลดา เต็มคุณธรรม บุญมา ดีแสง และแสงจันทร์ ศรีสายเชื้อ. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการทำลายป่าเพื่อใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในพื้นที่ต้นน้ำ อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ครั้งที่ 37 สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. 3–5 กุมภาพันธ์ 2542; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.
- 66.เริงชัย ดันสกุล และคณะ. บรรณาธิการ. รายงานการศึกษาการฟื้นฟูทะเลสาบสงขลาตอนกลาง. เสนอต่อผู้ว่าราชการจังหวัดสงขลา. โครงการจัดตั้งคณะกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2538.
- 67.อับดุลเลาะ เบ็ญนัย. การวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2536.
- 68.Taylor AW, Edwards WM, Simpson EC. Nutrients in streams draining woodland and farmland near coshocton, Ohio. *Water Resource Research*. 1971; 7: 81-89.
- 69.Eppley RW, Ranger EH, Harrison WG. Nitrate and phytoplankton production in Southern California coastal waters. *Limnol. Oceanogr*. 1979; 24: 483-494.
- 70.โสภณา บุญญาภิวัฒน์. การศึกษาดัชนีความแตกต่างและความชุกชุมของไมโครแพลงก์ตอนในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6 กองสำรวจแหล่งประมง กรมประมง. 2521.
- 71.สุภาภรณ์ สิริโสภณา. การศึกษาธาตุอาหารในน้ำและในตะกอนที่มาจากการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2524.
- 72.Schuchardt B, Scirmer M. Phytoplankton maxima in the tidal freshwater redches of two coastal plain estuaries. *Estuar. Coast. Shelf Sci*. 1991; 32: 187-206.



ตารางที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ไนโตรเจนรวม (TN) ฟอสฟอรัสรวม (TP)

พ.ศ	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ug/l)	ไนโตรเจนรวม (TN) (mg-N/l)	ฟอสฟอรัสรวม (TP) (mg-P/l)
2535	11.449	0.76	0.138
2536	9.62	0.6	0.066
2537	24.02	0.572	0.185
2538	21.36	2.06	0.116
2539	18.55	1.593	0.054
2540	22.29	1.023	0.029
2541	14.11	1.335	0.024
2542	13.67	0.727	0.046

ที่มา : สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา

**ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหาร (TN, TP) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chlo.a) ในทะเลสาบสงขลา
พ.ศ. 2535 - พ.ศ. 2542 (ค.ศ. 1992 - ค.ศ. 1999)**

พ.ศ. 2535 ทะเลสาบตอนใน				ทะเลสาบตอนกลาง				ทะเลสาบตอนนอก			
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
มีค.	13.27	0.031	0.457	มีค.	10.112	0.036	0.494	มีค.	18.59	0.023	0.55
เมย.	6.753	0.683	0.09	เมย.	20.461	0.153	0.629	เมย.	21.057	0.056	0.53
พค.	36.353	0.206	0.877	พค.	9.9	0.131	0.612	พค.	14.533	0.219	0.497
มิย.	19.53	0.156	2.947	มิย.	4.912	0.042	0.42	มิย.	10.37	0.083	2.925
กค.	12.48	0.075	0.313	กค.	3.972	0.036	0.442	กค.	5.097	0.193	0.587
สค.	11.79	0.017	0.57	สค.	5.772	0.126	0.304	สค.	6.478	0.076	0.192
กย.	6.23	0.881	0.313	กย.	12.04	0.018	0.348	กย.	13.208	0.076	0.302
ตค.	7.317	0.021	1.373	พย.	13.708	0.054	0.43	ตค.	15.348	0.029	0.38
พย.	16.987	0.03	0.877	ธค.	12.522	0.16	0.39	พย.	5.005	0.021	1.35
ธค.	14.63	0.034	0.713	มค.	14.798	0.142	0.634	ธค.	4.963	0.049	0.328
มค.	11.285	0.037	0.827					มค.	4.22	0.066	0.627

พ.ศ.2536 ทะเลสาบตอนใน				ทะเลสาบตอนกลาง				ทะเลสาบตอนนอก			
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
กพ.	13.2	0.027	0.96	กพ.	5.906	0.107	1.06	กพ.	11.7	0.066	0.688
มีค.	15.913	0.077	1.297	มีค.	2.655	0.046	1.296	มีค.	6.688	0.058	1.565
เมย.	11.73	0.122	0.583	เมย.	2.888	0.123	0.444	เมย.	2.63	0.027	0.428
พค.	10.923	0.09	1.097	พค.	2.213	0.05	0.54	พค.	5.363	0.06	0.287
มิย.	25.343	0.038	0.493	มิย.	4.912	0.042	0.42	มิย.	7.677	0.064	0.54
กค.	18.503	0.085	0.36	กค.	3.972	0.036	0.442	กค.	3.992	0.025	0.377
สค.	27.783	0.043	0.33	สค.	5.772	0.126	0.304	สค.	5.943	0.148	0.36
กย.	0	0.017	0.35	กย.	12.04	0.018	0.348	พย.	14.427	0.052	0.64
พย.	19.777	0.041	0.493	พย.	13.708	0.054	0.43	ธค.	12.288	0.146	0.59
มค.	21.27	0.09	0.84	ธค.	12.522	0.16	0.39				
				มค.	14.798	0.142	0.634				

พ.ศ.2537 ทะเลสาบตอนใน

ทะเลสาบตอนกลาง

ทะเลสาบตอนนอก

	Chlo.a	TP	TN
กพ.	16.743	0.065	0.513
มีค.	22.35	0.055	0.68
มิย.	75.24	0.213	0.747
กค.	111.82	0.037	0.773
สค.	56.833	0.352	0.66
กย.	52.99	0.216	0.66
ตค.	42.13	0.131	
พย.	56.607	0.188	

	Chlo.a	TP	TN
กพ.	14.374	0.106	0.372
มีค.	5.668	0.193	0.55
มิย.	21.07	0.205	0.656
กค.	24.036	0.081	0.578
สค.	31.24	0.313	0.7

	Chlo.a	TP	TN
กพ.	23.085	0.127	0.412
เมย.	7.17	0.143	0.348
มิย.	13.58	0.174	0.772
กค.	6.575	0.255	0.588
สค.	4.817	0.41	0.575

พ.ศ. 2538 ทะเลสาบตอนใน

ทะเลสาบตอนกลาง

ทะเลสาบตอนนอก

	Chlo.a	TP	TN
สค.	23.86	0.148	2.937
กย.	65.35	0.097	1.787
ตค.	49.427	0.074	2.12
พย.	36.307	0.043	1.86
ธค.	14.21	0.096	1.917
มค.	7.007	0.061	2.123

	Chlo.a	TP	TN
สค.	14.884	0.122	1.858
กย.	24.992	0.113	2.174
ตค.	16.71	0.096	1.93
พย.	22.15	0.046	2.3
ธค.	12.39	0.084	1.946
มค.	5.216	0.063	2.545

	Chlo.a	TP	TN
สค.	10.93	0.095	2.297
กย.	5.892	0.143	2.008
ตค.	15.193	0.112	2.238
พย.	8.825	0.073	2.062
ธค.	3.937	0.077	1.942
มค.	6.18	0.092	2.203

พ.ศ. 2539 ทะเลสาบตอนใน

ทะเลสาบตอนกลาง

ทะเลสาบตอนนอก

	Chlo.a	TP	TN
มีค.	13.65	0.075	2.347
เมย.	18.173	0.053	1.807
พค.	44.087	0.028	1.807
มิย.	31.753	0.062	1.077
กค.	68.263	0.018	1.423
สค.	85.067	0.041	1.173
กย.	162.853	0.128	1.18
ตค.	73.38	0.055	1.143
พย.	60.06	0.043	0.77

	Chlo.a	TP	TN
มีค.	15.254	0.051	2.696
เมย.	9.084	0.039	2.34
พค.	10.174	0.022	2.34
มิย.	6.316	0.059	1.458
กค.	6.066	0.015	1.312
สค.	13.288	0.047	1.25
กย.	14.16	0.083	1.118
ตค.	0.713	0.045	1.228
พย.	11.154	0.049	0.88

	Chlo.a	TP	TN
มีค.	8.79	0.042	2.352
เมย.	5.105	0.047	2.013
พค.	4.633	0.028	2.013
มิย.	9.968	0.053	2.082
กค.	4.478	0.023	1.37
สค.	14.84	0.035	1.13
กย.	15.485	0.07	1.127
ตค.	5.028	0.057	1.19
พย.	11.373	0.074	1.003

ธค.	49.9	0.016	1.54	ธค.	17.563	0.03	1.416	ธค.	12.228	0.034	1.163
มค.	14.493	0.047	0.9	มค.	15.29	0.053	0.718	มค.	14.025	0.036	0.719
พ.ศ. 2540 ทะเลสาบตอนใน				ทะเลสาบตอนกลาง				ทะเลสาบตอนนอก			
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
กพ.	24.747	0.018	1.387	กพ.	3.09	0.022	0.996	กพ.	5.738	0.021	0.785
มีค.	31.897	0.027	0.49	มีค.	13.774	0.03	0.494	มีค.	6.27	0.031	0.557
เมย.	57.38	0.028	0.89	เมย.	12.816	0.033	1.15	เมย.	9.688	0.037	1.4
พค.	71.317	0.025	0.527	พค.	5.03	0.036	0.484	พค.	2.107	0.017	0.572
มิย.	47.463	0.027	0.65	มิย.	3.098	0.017	0.734	มิย.	9.51	0.018	0.743
กค.	60.927	0.019	1.197	กค.	4.036	0.009	0.616	กค.	13.907	0.013	0.668
สค.	16.028	0.029	1.48	สค.	16.028	0.017	1.044	สค.	4.663	0.013	0.95
ตค.	10.023	0.016	1.35	กย.	23.253	0.022	1.798	กย.	11.78	0.025	1.21
พย.	9.603	0.029	1.285	ตค.	41.644	0.024	1.414	ตค.	10.023	0.016	1.35
ธค.	20.495	0.073	1.348	พย.	31.098	0.033	1.3	พย.	9.603	0.029	1.285
มค.	14.827	0.053	1.293	ธค.	36.282	0.057	1.38	ธค.	20.495	0.073	1.348
				มค.	15.418	0.044	1.19	มค.	14.827	0.053	1.293
พ.ศ. 2541 ทะเลสาบตอนใน				ทะเลสาบตอนกลาง				ทะเลสาบตอนนอก			
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
กพ.	40.547	0.019	1.323	กพ.	10.61	0.014	1.24	กพ.	8.867	0.017	1.275
มีค.	59.247	0.037	1.127	มีค.	2.85	0.02	1.132	มีค.	3.862	0.024	1.218
เมย.	47.453	0.021	1.407	เมย.	4.442	0.01	1.144	เมย.	6.788	0.016	1.037
พค.	37.713	0.009	1.5	พค.	5.21	0.008	0.948	พค.	8.525	0.045	1.625
มิย.	45.827	0.014	1.843	มิย.	7.608	0.01	1.27	มิย.	16.455	0.014	1.975
กค.	39.443	0.013	1.2	กค.	4.63	0.008	1.05	กค.	6.332	0.027	1.052
สค.	36.98	0.02	1.217	สค.	3.994	0.015	1.206	สค.	6.105	0.039	1.285
กย.	21.19	0.025	1.377	กย.	3.846	0.019	1.176	กย.	4.692	0.05	1.373
ตค.	22.68	0.024	1.47	ตค.	4.358	0.028	1.246	ตค.	15.872	0.014	1.488
พย.	22.4	0.019	1.603	พย.	9.4	0.018	1.498	พย.	10.927	0.021	1.735
ธค.	18.727	0.023	1.5	ธค.	11.454	0.02	1.486	ธค.	3.063	0.026	1.445
				มค.	31.508	0.054	1.33	มค.	32.045	0.057	1.382

พ.ศ. 2542 ทะเลสาบตอนใน				ทะเลสาบตอนกลาง				ทะเลสาบตอนนอก			
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
กพ.	15.27	0.038	1.283	มีย.	24.757	0.076	0.657	ตค.	31.633	0.044	0.45
มีค.	31	0.064	1.377	กค.	26.863	0.105	0.807	พย.	40.357	0.074	0.433
เมย.	42.477	0.059	1.87	สค.	42.663	0.089	0.48	ธค.	27.9	0.05	0.69
พค.	32.51	0.033	0.22	กย.	26.74	0.043	0.393	ตค.	5.034	0.014	0.427
กพ.	8.072	0.057	1.342	มีย.	4.358	0.053	0.578	พย.	10.12	0.032	0.23
มีค.	3.928	0.089	1.262	กค.	3.322	0.036	0.472	ธค.	6.592	0.028	0.762
เมย.	3.848	0.044	1.328	สค.	5.856	0.021	0.378	ตค.	7.378	0.038	0.125
พค.	5.524	0.03	0.074	กย.	6.444	0.018	0.206	พย.	4.752	0.029	0.323
กพ.	8.042	0.087	1.362	มีย.	4.34	0.037	0.485	ธค.	4.14	0.057	0.682
มีค.	7.34	0.056	1.275	กค.	4.9	0.02	0.463				
เมย.	6.655	0.055	1.345	สค.	18.327	0.017	0.372				
พค.	5.333	0.02	0.125	กย.	6.585	0.034	0.39				

ตารางที่ 3 ปริมาณธาตุอาหาร (TN, TP) และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Chlo.a) ตามฤดูกาล
พ.ศ. 2535 - 2542 (ค.ศ. 1992 - ค.ศ. 1999)

พ.ศ. 2535				ฤดูฝนช่วงแรก				ฤดูฝนช่วงหลัง			
ฤดูร้อน											
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
มีค.	13.27	0.031	0.457	มีย.	19.53	0.156	2.947	ตค.	7.317	0.021	1.373
เมย.	6.753	0.683	0.09	กค.	12.48	0.075	0.313	พย.	16.987	0.03	0.877
พค.	36.353	0.206	0.877	สค.	11.79	0.017	0.57	ธค.	14.63	0.034	0.713
				กย.	6.23	0.881	0.313	มค.	11.285	0.037	0.827
มีค.	10.112	0.036	0.494								
เมย.	20.461	0.153	0.629	มีย.	4.912	0.042	0.42	พย.	13.708	0.054	0.43
พค.	9.9	0.131	0.612	กค.	3.972	0.036	0.442	ธค.	12.522	0.16	0.39
				สค.	5.772	0.126	0.304	มค.	14.798	0.142	0.634
มีค.	18.59	0.023	0.55	กย.	12.04	0.018	0.348				
เมย.	21.057	0.056	0.53					ตค.	15.348	0.029	0.38
พค.	14.533	0.219	0.497	มีย.	10.37	0.083	2.925	พย.	5.005	0.021	1.35
				กค.	5.097	0.193	0.587	ธค.	4.963	0.049	0.328
				สค.	6.478	0.076	0.192	มค.	4.22	0.066	0.627
				กย.	13.208	0.076	0.302				
พ.ศ.2536				ฤดูฝนช่วงแรก				ฤดูฝนช่วงหลัง			
ฤดูร้อน											
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
กพ.	13.2	0.027	0.96	มีย.	25.343	0.038	0.493	พย.	19.777	0.041	0.493
มีค.	15.913	0.077	1.297	กค.	18.503	0.085	0.36	มค.	21.27	0.09	0.84
เมย.	11.73	0.122	0.583	สค.	27.783	0.043	0.33				
พค.	10.923	0.09	1.097	กย.	0	0.017	0.35	พย.	21.27	0.09	0.84
								ธค.	13.708	0.054	0.43
กพ.	5.906	0.107	1.06	มีย.	4.912	0.042	0.42	มค.	12.522	0.16	0.39
มีค.	2.655	0.046	1.296	กค.	3.972	0.036	0.442				
เมย.	2.888	0.123	0.444	สค.	5.772	0.126	0.304	ธค.	14.427	0.052	0.64
พค.	2.213	0.05	0.54	กย.	12.04	0.018	0.348	มค.	12.288	0.146	0.59

พ.ศ. 2537 ถดุดร่อน				ถดุดร่นช่วงแรก			
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
กพ.	16.743	0.065	0.513	มีย.	75.24	0.213	0.747
มีย.	22.35	0.055	0.68	กค.	111.82	0.037	0.773
				สค.	56.833	0.352	0.66
กพ.	14.374	0.106	0.372	กย.	52.99	0.216	0.66
มีย.	5.668	0.193	0.55				
				มีย.	21.07	0.205	0.656
กพ.	23.085	0.127	0.412	กค.	24.036	0.081	0.578
เมย.	7.17	0.143	0.348	สค.	31.24	0.313	0.7
				มีย.	13.58	0.174	0.772
				กค.	6.575	0.255	0.588
				สค.	4.817	0.41	0.575
พ.ศ. 2538 ถดุดร่นช่วงแรก				ถดุดร่นช่วงหลัง			
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
สค.	23.86	0.148	2.937	คค.	49.427	0.074	2.12
กย.	65.35	0.097	1.787	พย.	36.307	0.043	1.86
				รค.	14.21	0.096	1.917
สค.	14.884	0.122	1.858	มค.	7.007	0.061	2.123
กย.	24.992	0.113	2.174				
				คค.	16.71	0.096	1.93
สค.	10.93	0.095	2.297	พย.	22.15	0.046	2.3
กย.	5.892	0.143	2.008	รค.	12.39	0.084	1.946
				มค.	5.216	0.063	2.545
				คค.	15.193	0.112	2.238
				พย.	8.825	0.073	2.062
				รค.	3.937	0.077	1.942
				มค.	6.18	0.092	2.203

พ.ศ. 2539				ฤดูร้อน				ฤดูฝนช่วงแรก				ฤดูฝนช่วงหลัง			
				Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN	
มีค.	13.65	0.075	2.347				มีย.	31.753	0.062	1.077		ตค.	73.38	0.055	1.143
เมย.	18.173	0.053	1.807				กค.	68.263	0.018	1.423		พย.	60.06	0.043	0.77
พค.	44.087	0.028	1.807				สค.	85.067	0.041	1.173		ธค.	49.9	0.016	1.54
							กย.	162.853	0.128	1.18		มค.	14.493	0.047	0.9
มีค.	15.254	0.051	2.696				มีย.	6.316	0.059	1.458		ตค.	0.713	0.045	1.228
เมย.	9.084	0.039	2.34				กค.	6.066	0.015	1.312		พย.	11.154	0.049	0.88
พค.	10.174	0.022	2.34				สค.	13.288	0.047	1.25		ธค.	17.563	0.03	1.416
มีค.	8.79	0.042	2.352				กย.	14.16	0.083	1.118		มค.	15.29	0.053	0.718
เมย.	5.105	0.047	2.013				มีย.	9.968	0.053	2.082		ตค.	5.028	0.057	1.19
พค.	4.633	0.028	2.013				กค.	4.478	0.023	1.37		พย.	11.373	0.074	1.003
							สค.	14.84	0.035	1.13		ธค.	12.228	0.034	1.163
							กย.	15.485	0.07	1.127		มค.	14.025	0.036	0.719
พ.ศ. 2540				ฤดูร้อน				ฤดูฝนช่วงแรก				ฤดูฝนช่วงหลัง			
				Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN	
กพ.	24.747	0.018	1.387				มีย.	47.463	0.027	0.65		ตค.	10.023	0.016	1.35
มีค.	31.897	0.027	0.49				กค.	60.927	0.019	1.197		พย.	9.603	0.029	1.285
เมย.	57.38	0.028	0.89				สค.	16.028	0.029	1.48		ธค.	20.495	0.073	1.348
พค.	71.317	0.025	0.527									มค.	14.827	0.053	1.293
							มีย.	3.098	0.017	0.734					
กพ.	3.09	0.022	0.996				กค.	4.036	0.009	0.616		ตค.	41.644	0.024	1.414
มีค.	13.774	0.03	0.494				สค.	16.028	0.017	1.044		พย.	31.098	0.033	1.3
เมย.	12.816	0.033	1.15				กย.	23.253	0.022	1.798		ธค.	36.282	0.057	1.38
พค.	5.03	0.036	0.484									มค.	15.418	0.044	1.19
							มีย.	9.51	0.018	0.743					
กพ.	5.738	0.021	0.785				กค.	13.907	0.013	0.668		ตค.	10.023	0.016	1.35
มีค.	6.27	0.031	0.557				สค.	4.663	0.013	0.95		พย.	9.603	0.029	1.285

เมย.	9.688	0.037	1.4	กย.	11.78	0.025	1.21	ธค.	20.495	0.073	1.348
พค.	2.107	0.017	0.572					มค.	14.827	0.053	1.293
พ.ศ 2541	ฤดูร้อน				ฤดูฝนช่วงแรก				ฤดูฝนช่วงหลัง		
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
กพ.	40.547	0.019	1.323	มีย.	45.827	0.014	1.843	ตค.	22.68	0.024	1.47
มีค.	59.247	0.037	1.127	กค.	39.443	0.013	1.2	พย.	22.4	0.019	1.603
เมย.	47.453	0.021	1.407	สค.	36.98	0.02	1.217	ธค.	18.727	0.023	1.5
พค.	37.713	0.009	1.5	กย.	21.19	0.025	1.377				
								ตค.	4.358	0.028	1.246
กพ.	10.61	0.014	1.24	มีย.	7.608	0.01	1.27	พย.	9.4	0.018	1.498
มีค.	2.85	0.02	1.132	กค.	4.63	0.008	1.05	ธค.	11.454	0.02	1.486
เมย.	4.442	0.01	1.144	สค.	3.994	0.015	1.206	มค.	31.508	0.054	1.33
พค.	5.21	0.008	0.948	กย.	3.846	0.019	1.176				
								ตค.	15.872	0.014	1.488
กพ.	8.867	0.017	1.275	มีย.	16.455	0.014	1.975	พย.	10.927	0.021	1.735
มีค.	3.862	0.024	1.218	กค.	6.332	0.027	1.052	ธค.	3.063	0.026	1.445
เมย.	6.788	0.016	1.037	สค.	6.105	0.039	1.285	มค.	32.045	0.057	1.382
พค.	8.525	0.045	1.625	กย.	4.692	0.05	1.373				
พ.ศ. 2542	ฤดูร้อน				ฤดูฝนช่วงแรก				ฤดูฝนช่วงหลัง		
	Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN		Chlo.a	TP	TN
กพ.	15.27	0.038	1.283	มีย.	24.757	0.076	0.657	ตค.	31.633	0.044	0.45
มีค.	31	0.064	1.377	กค.	26.863	0.105	0.807	พย.	40.357	0.074	0.433
เมย.	42.477	0.059	1.87	สค.	42.663	0.089	0.48	ธค.	27.9	0.05	0.69
พค.	32.51	0.033	0.22	กย.	26.74	0.043	0.393				
								ตค.	5.034	0.014	0.427
กพ.	8.072	0.057	1.342	มีย.	4.358	0.053	0.578	พย.	10.12	0.032	0.23
มีค.	3.928	0.089	1.262	กค.	3.322	0.036	0.472	ธค.	6.592	0.028	0.762
เมย.	3.848	0.044	1.328	สค.	5.856	0.021	0.378				
พค.	5.524	0.03	0.074	กย.	6.444	0.018	0.206	ตค.	7.378	0.038	0.125
								พย.	4.752	0.029	0.323
กพ.	8.042	0.087	1.362	มีย.	4.34	0.037	0.485	ธค.	4.14	0.057	0.682

มีค.	7.34	0.056	1.275	กค.	4.9	0.02	0.463
เมย.	6.655	0.055	1.345	สค.	18.327	0.017	0.372
พค.	5.333	0.02	0.125	กย.	6.585	0.034	0.39





ตารางที่1 จำนวนเนื้อที่ปลูกพืช จำแนกตามชนิดพืช ในจังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2535 - พ.ศ.2542

ชนิดพืช ปี พ.ศ	เนื้อที่ปลูก (ไร่)			
	พืชไร่	ไม้ผล+ ไม้ยืนต้น	พืชผัก+ ไม้ดอก	ข้าว
2535	12611	1938749	6663	915567
2536	11701	1952197	8137	899994
2537	23586	1671624	18065	922342
2538	12409	2085157	15245	887998
2539	11649	2189591	13330	857067
2540	.	.	.	924378
2541	19831	2180241	25085	896374
2542	.	.	.	.

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ตารางที่ 2 อัตราการใช้ปุ๋ยต่อไร่

ชนิดพืช	สูตรปุ๋ย	อัตราการใช้ (กิโลกรัมต่อไร่)	จำนวน (ครั้งต่อปี)
พืชไร่	13 13 21 หรือ 15 15 15	50	2
ไม้ผล, ไม้ยืนต้น, ยางพารา	12 24 12 หรือ 15 15 15	100	2
พืชผัก	13 13 21 หรือ ใช้ปุ๋ยยูเรีย	50	2
จำนวนปี	ชนิดเมล็ดหรือปุ๋ยคอก	30	1
	16 20 0 และ ปุ๋ยแอม โมเนียมซัลเฟต	15	1

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา

ตารางที่ 3 การใช้ที่ดินทางการเกษตรและอื่นๆ

ประเภท พ.ศ	ปริมาณปุ๋ยจาก การเกษตร (ตัน)	จำนวนปศุสัตว์ (ตัว)	พื้นที่เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำจืด (ไร่)*	พื้นที่เพาะเลี้ยง กุ้งทะเล (ไร่)*	จำนวนประชากร (คน)	จำนวนนักท่องเที่ยว (คน)**	จำนวนโรงงาน (โรง)	จำนวนเนื้อที่ ป่าไม้ (ไร่)
2535	430877.7	3090147	248.65	19441	1604637	1249318	2039	678980
2536	432922.9	3275359	447.83	20466	1611673	1631039	2163	666250
2537	379995.3	3197769	855.59	21625	1635436	1721771	2247	.
2538	459756.7	2327399	3505.76	20101	1650998	1826454	2338	656250
2539	478984.1	4285619	2997.35	15376	1661264	1755476	2562	.
2540	.	5378706	2896.08	12065	1690038	1785744	2810	.
2541	480876.6	5129938	.	16534	1713630	1832304	2835	631250
2542	.	.	.	.	1726495	1884122	.	.

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ

* กรมประมง

** สำนักงานการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยได้ เขต 1 สงขลา



ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2535 - พ.ศ.2542											
พ.ศ. เดือน	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	รวม	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	
มกราคม	1073.1	2264.9	433.8	2177.1	2505.3	371.5	1117.7	9322.2	19265.6	1204.1	
กุมภาพันธ์	1257.4	239.4	978.5	623.6	1724.9	3601.7	79.9	10994.3	19499.7	1218.73	
มีนาคม	239.84	4596.6	9056.7	2549.4	258.1	1813.6	768	4007.8	23290.04	1455.63	
เมษายน	1245.3	3911.1	4317.1	970.1	5595.1	3043.8	717.8	3672.8	23473.1	1467.07	
พฤษภาคม	2303.3	2926.8	2523	2776.2	3824.2	1787.8	2591.6	4772.8	23505.7	1469.11	
มิถุนายน	2339.8	3039.4	3876	2521	3423.1	2702.4	1849.7	2607.2	22358.6	1397.41	
กรกฎาคม	2979.5	1874.3	1909.8	5408.6	3208.3	4451	3212.1	1981.1	25024.7	1564.04	
สิงหาคม	3928.1	2163.8	3166.2	5268.1	4619.4	8920.9	4183	3310.9	35560.4	2222.52	
กันยายน	2307.4	3377.2	3636.8	4424.5	3697.5	5825.7	3481.8	4114	30864.9	1929.06	
ตุลาคม	4894	7816.9	8529.3	5445.5	5988.8	7740.1	7016.4	7680.2	55111.2	3444.45	
พฤศจิกายน	9558.3	12686.4	19845.5	16096.3	11293.5	10667.3	7913.5	12334.6	100395.4	6274.71	
ธันวาคม	7828.2	15842.6	2516.5	7712.1	20506.6	16148.5	11161.6	14515.8	96231.9	6014.49	

ที่มา : กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 2 ข้อมูลภูมิอากาศรายปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2542 (ค.ศ. 1992 – ค.ศ. 1999)

ข้อมูลภูมิอากาศ	2535 1992	2536 1993	2537 1994	2538 1995	2539 1996	2540 1997	2541 1998	2542 1999
ปริมาณน้ำฝน (มม.) (รวม)	1389.9	2355.7	1820.1	2311.4	2363.1	2192	1698.6	2969.3
จำนวนวันที่ฝนตก (รวม)	156	160	160	151	140	152	125	202
ความกดอากาศ (มบ.) (เฉลี่ย)	1010.08	1010.23	1009.85	1009.718	1009.43	10.68	1009.67	1009.04
อุณหภูมิอากาศ (ซ.) (เฉลี่ย)	27.74	27.51	27.67	27.73	27.7	27.87	28.22	27.55
อุณหภูมิสูงสุด (ซ.) (สูง)	33.41	33.75	33.62	33.29	32.93	33.39	33.66	36.3
	(ม.ย)	(ส.ค)	(พ.ค)	(มิ.ย)	(ก.ย)	(พ.ค)	(พ.ค)	(พ.ค)
อุณหภูมิต่ำที่สุด (ซ.) (ต่ำ)	23.65	23.83	23.91	23.76	23.54	24.39	24.03	20.8
	(ต.ค)	(ก.ย)	(ต.ค)	(พ.ย)	(ธ.ค)	(ส.ค)	(ธ.ค)	(ม.ค)
ความชื้นสัมพัทธ์ (%) (เฉลี่ย)	77.03	78.8	79.28	79.38	78.21	77.62	77.61	78.7
ปริมาณแสงแดด(กิโลวัตต์/ตร.ชม./วัน)(เฉลี่ย)	205.2	200.89	186.39	198.94	200.98	206.38	205.58	192.31
ความยาวนานแสงแดด (ชม./วัน) (เฉลี่ย)	7.08	6.9	6.84	6.75	6.58	7	6.95	6.31
ปริมาณน้ำระเหยแบบปกติ (มม./วัน) (เฉลี่ย)	4.74	4.47	4.64	4.76	4.06	4.78	4.96	4.57
ทิศทางและความเร็วลม (มอต) (เฉลี่ย)	4.5	4.2	3.55	3.3	3.5	3.3	3.3	3.41
ทิศทางและความเร็วลมสูงสุดที่พัด (มอต) (เฉลี่ย)	24	22.4	19.67	20.8	23	20.67	22.7	23

ที่มา : ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก จ. สงขลา

ตารางที่ 3 ข้อมูลภูมิอากาศในแต่ละฤดู พ.ศ. 2535 - พ.ศ.2542 (ค.ศ. 1992 - 1999ค.ศ.)

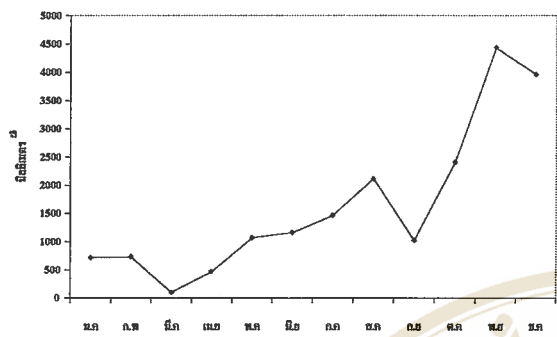
ข้อมูลภูมิอากาศ	2535 (1992)			2536 (1993)			2537 (1994)			2538 (1995)		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ปริมาณน้ำฝน	101.125	199.4	46.95	100.05	417.4	94	133.5	256.13	408.4	136.43	376.53	64.9
จำนวนวันที่ฝนตก	14.5	17.75	6.75	12.75	20	7.25	15.25	15.5	9.25	16.25	16.75	4.75
ความกดอากาศ	1008.59	1011.54	1010.21	1009.31	1010.87	1011	1008.94	1011.14	1009.49	1008.48	1010.76	1010
อุณหภูมิอากาศ	28.02	26.64	28.56	28.05	26.77	27.73	27.74	27.13	28.13	27.99	26.81	28.38
อุณหภูมิสูงสุด	32.79	30.62	33.41	33.75	30.55	32.68	32.88	30.55	33.62	33.29	30.87	33.17
อุณหภูมิต่ำที่สุด	(มี.ย)	(ต.ค)	(เม.ย)	(ส.ค)	(ต.ค)	(พ.ค)	(ก.ค)	(ต.ค)	(พ.ค)	(มิ.ย)	(ต.ค)	(พ.ค)
ความชื้นสัมพัทธ์	24.11	23.65	25.06	23.83	24.08	23.95	24.04	23.91	24.35	24.44	23.76	30.04
ความชื้นสัมพัทธ์	(ก.ย)	(ต.ค)	(ก.พ)	(ก.ย)	(ต.ค)	(ก.พ)	(ก.ย)	(ต.ค)	(ก.พ)	(ส.ค)	(พ.ย)	(ก.พ)
ปริมาณแสงแดด	76.17	79.78	75.14	76.36	82.56	77.5	77.69	80.12	80.02	78.75	83.04	76.36
ความยาวนานแสงแดด	197.82	185.45	232.2	200.07	175.96	224.2	187.44	149.31	222.42	193.94	171.29	231.59
ปริมาณน้ำระเหยแบบภาค	6.61	3.53	9.05	6.8	5.47	8.45	5.79	6.96	7.78	6.11	5.18	8.97
ทิศทางและความเร็วลม	7.69	3.82	5.72	4.89	3.19	5.35	4.26	4.29	5.35	4.44	3.97	5.87
ทิศทางและความเร็วลมสูงสุด	3.75	5.88	3.98	3.45	4.98	4.13	2.7	4.28	3.68	2.45	3.63	3.93
ทิศทางและความเร็วลมสูงสุด	28.75	23.25	20	25.5	22.5	18.5	23.5	17.25	18.25	24.25	19.5	18.75

ที่มา : ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก จ. สงขลา

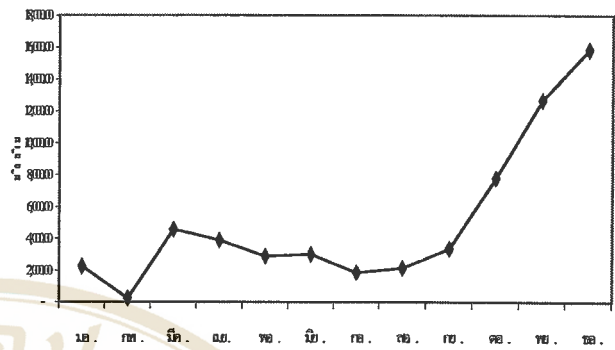
ตารางที่ 3 ข้อมูลภูมิอากาศในแต่ละฤดู พ.ศ. 2535- พ.ศ.2542 (ต่อ)

ข้อมูลภูมิอากาศ	2539 (1996)			2540(1997)			2541(1998)			2542(1999)		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ปริมาณน้ำฝน	58.93	422.63	109.23	130.48	351.5	59.28	112.28	284.13	28.25	124.48	428.35	189.5
จำนวนวันที่ฝนตก	11	17.5	6.5	13.25	18	6.75	18.5	18.75	5	16.5	22.25	11.75
ความกดอากาศ	1008.43	1010.29	1009.6	1009.91	1011.86	1010	1008.69	1009.96	1010.36	1008.79	1009.52	1008.82
อุณหภูมิอากาศ	28.09	26.49	28.06	28.12	27.18	28.33	28.48	26.67	29.51	26.87	26.59	27.94
อุณหภูมิสูงสุด	32.93	31.04	32.88	33.16	31.02	33.39	33.49	28.99	33.66	36.3	34.2	36.3
	(ก.ย)	(ต.ค)	(เม.ย)	(มิ.ย)	(ต.ค)	(พ.ค)	(มิ.ย)	(ธ.ค)	(พ.ค)	(ก.ค)	(ต.ค)	(พ.ค)
อุณหภูมิต่ำที่สุด	24.67	23.54	24.43	24.39	24.41	24.45	25.09	24.03	25.8	20.8	20.8	22.6
	(ส.ค)	(ธ.ค)	(ก.พ)	(ส.ค)	(ต.ค)	(ก.พ)	(ก.ย)	(ธ.ค)	(ก.พ)	(ค)	(ม.ค)	(ก.พ)
ความชื้นสัมพัทธ์	76.56	81.51	76.56	77.43	79.91	75.51	77	81.85	73.99	75.02	82.78	78.31
ปริมาณแสงแดด	197.19	174.94	230.81	190.4	198.79	229.9	195.73	176.01	244.39	207.82	153.55	215.56
ความยาวนานแสงแดด	5.94	5.38	8.42	6.14	6.56	8.31	6.18	5.26	9.42	6.7	5.07	7.17
ปริมาณน้ำระเหยแบบภาค	4.37	4.14	5.2	4.42	4.3	19.19	4.5	4.15	6.23	4.92	3.81	4.96
ทิศทางและความเร็วลม	2.65	3.1	4.8	2.3	4.13	3.38	2.23	3.48	4.2	3.12	4.4	2.7
ทิศทางและความเร็วลมสูงสุด	30	19.75	19.25	22.75	21.25	18	25.75	24.25	17.75	25.25	24	19.75

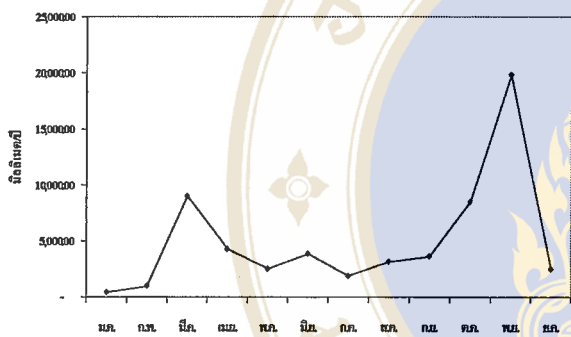
ที่มา : ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก จ. สงขลา



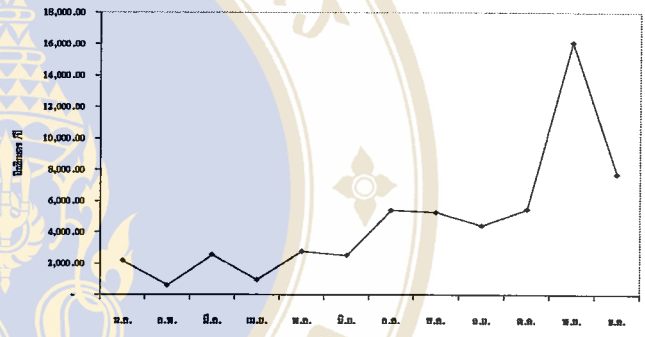
เดือน
ภาพที่ 1 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2535



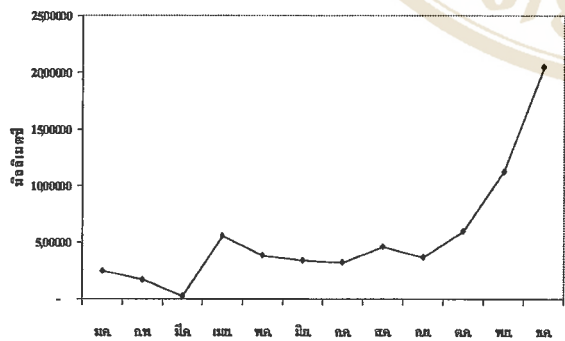
เดือน
ภาพที่ 2 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2536



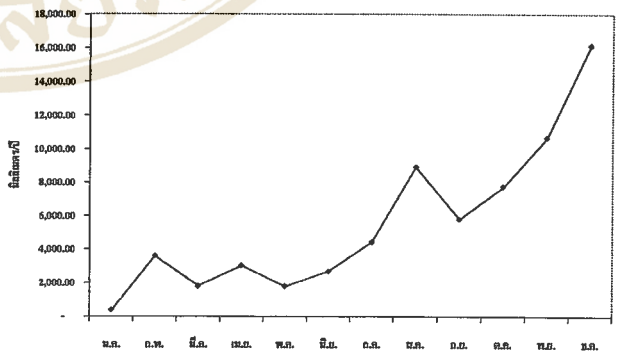
เดือน
ภาพที่ 3 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2537



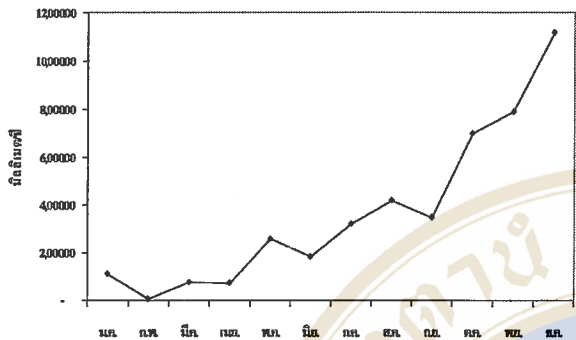
เดือน
ภาพที่ 4 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2538



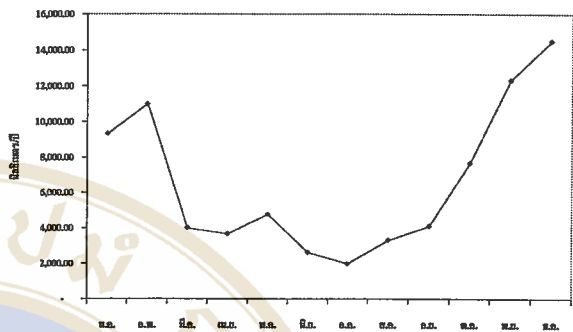
เดือน
ภาพที่ 5 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2539



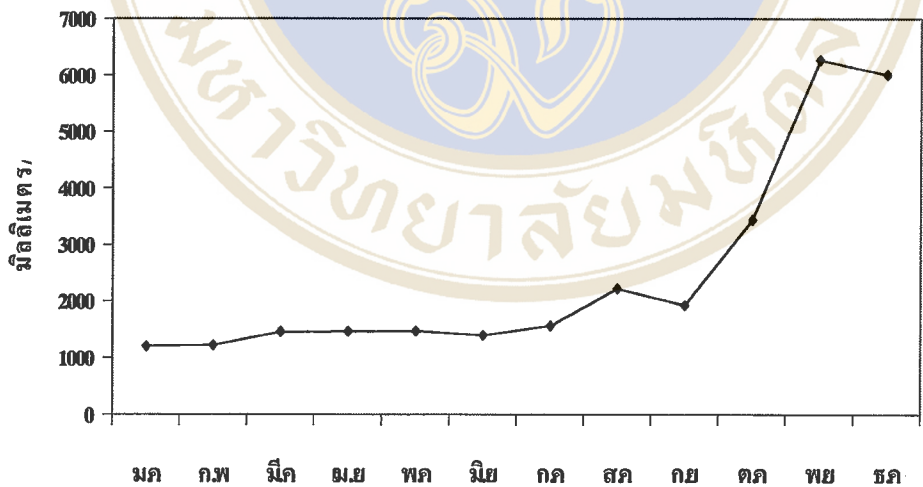
เดือน
ภาพที่ 6 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2540



เดือน
ภาพที่ 7 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2541



เดือน
ภาพที่ 8 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2542



เดือน
ภาพที่ 9 แสดงปริมาณน้ำฝนปี 2535-2542



ตารางผนวกที่ 1 คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2535

พารามิเตอร์ \ ฤดู	ทะเลสาบตอนใน			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ความลึก (m.)									
ค่าเฉลี่ย	1.61	2.15	1.71	2.63	3.11	2.88	2.00	2.67	2.67
ค่าสูงสุด	2.50	3.25	2.30	7.20	7.65	7.30	6.00	7.50	7.90
ค่าต่ำสุด	0.95	1.50	1.30	0.45	1.00	0.90	0.50	0.90	0.95
ความขุ่นใส (m.)									
ค่าเฉลี่ย	0.37	0.40	0.41	0.55	0.68	0.56	0.66	0.52	0.51
ค่าสูงสุด	0.60	0.60	0.55	1.10	1.40	1.00	1.60	0.85	1.10
ค่าต่ำสุด	0.15	0.05	0.20	0.30	0.20	0.20	0.05	0.35	0.30
ความเค็ม (ppt.)									
ค่าเฉลี่ย	3.75	4.11	1.89	17.70	11.27	11.33	27.67	5.25	27.04
ค่าสูงสุด	11.00	7.00	2.00	29.00	24.00	23.00	36.00	8.00	32.00
ค่าต่ำสุด	0.00	2.00	1.00	8.00	3.00	2.00	2.00	0.00	14.00
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ค่าเฉลี่ย	5.62	6.46	6.64	5.70	6.33	6.23	5.26	5.60	5.90
ค่าสูงสุด	7.60	7.00	8.10	7.20	7.20	7.80	6.80	7.10	7.40
ค่าต่ำสุด	4.20	5.90	5.10	4.30	5.10	5.10	1.90	3.20	3.80
อุณหภูมิ (°C)									
ค่าเฉลี่ย	30.08	28.22	31.17	30.89	28.34	31.13	29.67	27.74	30.92
ค่าสูงสุด	31.50	30.00	32.00	32.20	30.00	32.00	31.50	29.00	32.00
ค่าต่ำสุด	28.90	27.00	30.00	29.00	26.20	30.00	27.50	26.30	29.50
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าเฉลี่ย	8.04	7.59	8.35	7.75	7.50	7.61	7.89	6.97	8.01
ค่าสูงสุด	8.82	8.39	9.15	8.75	8.08	7.80	8.38	7.72	8.40
ค่าต่ำสุด	7.30	7.13	7.57	6.91	7.01	7.26	7.25	6.32	7.30

ตารางผนวกที่ 2 คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2536

พารามิเตอร์ \ ฤดู	ทะเลสาบตอนใน			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ความลึก (m.)									
ค่าเฉลี่ย	1.57	2.03	1.93	2.56	2.98	2.99	1.87	2.14	1.97
ค่าสูงสุด	2.10	2.70	2.50	7.50	8.20	8.60	5.00	6.70	4.80
ค่าต่ำสุด	1.20	1.50	1.40	0.70	1.10	0.90	0.40	1.00	0.56
ความขุ่นใส (m.)									
ค่าเฉลี่ย	0.32	0.32	0.41	0.45	0.38	0.65	0.69	0.39	0.71
ค่าสูงสุด	0.50	0.60	0.55	1.20	0.90	1.20	1.20	0.85	1.80
ค่าต่ำสุด	0.15	0.18	0.20	0.20	0.10	0.35	0.10	0.10	0.20
ความเค็ม (ppt.)									
ค่าเฉลี่ย	2.00	1.44	1.50	6.25	5.95	6.30	22.96	13.38	17.38
ค่าสูงสุด	4.00	4.00	2.00	22.00	20.00	15.00	34.00	31.00	34.00
ค่าต่ำสุด	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ค่าเฉลี่ย	6.33	6.61	6.43	6.09	6.48	6.86	5.96	6.38	6.42
ค่าสูงสุด	7.20	8.10	7.20	7.40	10.00	8.20	7.60	7.50	8.10
ค่าต่ำสุด	5.20	5.20	5.30	5.00	4.20	5.40	2.30	5.40	4.30
อุณหภูมิ (°C)									
ค่าเฉลี่ย	29.13	29.39	28.48	29.30	28.60	28.63	29.27	28.58	28.45
ค่าสูงสุด	30.50	31.00	30.50	31.50	30.50	31.00	30.50	31.00	30.00
ค่าต่ำสุด	28.00	28.00	27.00	28.00	25.00	26.00	28.00	25.00	27.00
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าเฉลี่ย	7.65	7.36	7.61	7.83	7.31	7.84	7.95	7.20	7.49
ค่าสูงสุด	8.42	8.14	8.11	9.53	8.26	8.68	8.37	8.01	8.34
ค่าต่ำสุด	7.09	6.67	6.67	7.27	6.55	7.20	7.22	6.29	4.89

ตารางผนวกที่ 3 คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2537

พารามิเตอร์ \ จุด	ทะเลสาบตอนใน			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ความลึก (m.)									
ค่าเฉลี่ย	1.65	2.03	1.78	1.86	2.21	2.73	1.90	2.29	2.10
ค่าสูงสุด	2.15	2.70	2.20	4.40	5.70	6.50	6.00	6.50	6.50
ค่าต่ำสุด	1.20	1.50	1.20	0.75	0.95	1.00	0.45	0.80	0.90
ความขุ่นใส (m.)									
ค่าเฉลี่ย	0.15	0.20	0.26	0.32	0.28	0.41	0.64	0.35	0.55
ค่าสูงสุด	0.30	0.50	0.45	0.70	0.80	1.50	1.10	0.80	1.10
ค่าต่ำสุด	0.05	0.07	0.05	0.10	0.07	0.05	0.30	0.10	0.15
ความเค็ม (ppt.)									
ค่าเฉลี่ย	0.25	0.78	0.58	3.65	4.53	3.40	21.63	8.50	16.42
ค่าสูงสุด	1.00	2.00	3.00	13.00	15.00	14.00	34.00	31.00	32.00
ค่าต่ำสุด	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ค่าเฉลี่ย	6.93	6.57	7.24	6.17	6.49	6.37	5.52	6.49	6.26
ค่าสูงสุด	8.00	7.80	9.50	7.50	7.10	7.70	7.70	7.90	8.00
ค่าต่ำสุด	4.90	4.50	5.50	4.20	5.20	5.50	4.00	5.20	4.70
อุณหภูมิ (°C)									
ค่าเฉลี่ย	29.88	28.28	30.67	29.49	27.93	29.95	29.43	27.75	30.08
ค่าสูงสุด	33.50	31.00	33.00	31.50	31.00	34.00	30.80	30.00	33.00
ค่าต่ำสุด	28.00	25.00	27.50	28.00	25.50	25.00	28.00	26.00	28.50
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าเฉลี่ย	8.09	7.52	8.51	7.36	6.89	7.52	7.68	6.91	7.57
ค่าสูงสุด	8.83	8.63	9.80	7.95	7.85	9.65	8.10	8.01	8.40
ค่าต่ำสุด	7.50	6.70	7.39	7.10	5.24	5.16	7.15	4.46	6.03

ตารางผนวกที่ 4 คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2538

พารามิเตอร์ / ฤดู	ทะเลสาบตอนใน			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ความลึก (m.)									
ค่าเฉลี่ย	1.68	1.84	1.70	2.05	2.49	1.92	1.68	1.73	1.75
ค่าสูงสุด	2.10	2.40	2.00	5.00	5.50	4.00	4.00	4.50	5.00
ค่าต่ำสุด	1.30	1.45	1.40	0.70	0.90	0.90	0.70	0.90	0.60
ความขุ่นใส (m.)									
ค่าเฉลี่ย	0.20	0.33	0.23	0.95	0.57	0.74	0.75	0.40	0.77
ค่าสูงสุด	0.40	0.50	0.30	1.80	1.20	1.40	1.70	0.80	1.20
ค่าต่ำสุด	0.10	0.10	0.20	0.30	0.25	0.20	0.30	0.10	0.50
ความเค็ม (ppt.)									
ค่าเฉลี่ย	0.58	1.44	30.50	10.65	4.80	5.40	23.44	8.00	22.83
ค่าสูงสุด	5.00	5.00	32.00	25.00	10.00	8.00	35.00	24.00	32.00
ค่าต่ำสุด	0.00	0.00	29.50	3.00	1.00	0.00	1.00	1.00	12.00
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ค่าเฉลี่ย	8.10	8.67	8.33	7.48	7.97	6.26	6.82	7.06	6.60
ค่าสูงสุด	10.80	10.20	8.50	10.20	10.00	7.60	8.30	9.60	7.80
ค่าต่ำสุด	5.60	5.20	8.00	6.00	6.70	3.50	3.50	5.60	6.10
อุณหภูมิ (°C)									
ค่าเฉลี่ย	29.24	28.67	30.50	30.07	28.55	30.10	29.17	28.24	29.58
ค่าสูงสุด	31.00	29.50	32.00	33.00	29.00	30.50	32.00	29.50	31.00
ค่าต่ำสุด	27.50	28.00	29.50	27.00	27.50	29.50	26.80	27.00	28.00
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าเฉลี่ย	8.55	7.57	8.14	7.87	7.37	7.72	7.90	7.39	8.34
ค่าสูงสุด	9.00	7.83	8.25	8.57	7.93	7.96	9.00	8.04	8.75
ค่าต่ำสุด	7.50	7.09	8.00	7.20	7.00	7.59	6.65	6.73	8.05

ตารางผนวกที่ 5 คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2539

พารามิเตอร์ \ ฤดู	ทะเลสาบตอนใน			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ความลึก (m.)									
ค่าเฉลี่ย	1.79	2.29	1.81	2.62	2.76	2.38	1.62	1.78	1.54
ค่าสูงสุด	2.10	3.00	2.20	5.70	5.00	5.50	5.00	5.20	5.00
ค่าต่ำสุด	1.50	1.50	1.40	0.95	1.10	1.00	0.60	0.75	0.40
ความขุ่นใส (m.)									
ค่าเฉลี่ย	0.26	0.39	0.25	0.76	0.50	0.43	0.79	0.42	0.73
ค่าสูงสุด	0.40	0.60	0.50	1.20	1.45	0.80	2.50	1.30	1.50
ค่าต่ำสุด	0.05	0.20	0.10	0.15	0.05	0.10	0.05	0.10	0.20
ความเค็ม (ppt.)									
ค่าเฉลี่ย	0.42	0.55	0.25	6.40	4.90	6.20	21.13	11.90	20.08
ค่าสูงสุด	5.00	2.00	3.00	17.00	18.00	23.00	38.00	35.00	32.00
ค่าต่ำสุด	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ค่าเฉลี่ย	8.50	10.86	8.18	7.19	7.99	6.74	6.52	7.17	6.22
ค่าสูงสุด	10.10	15.00	10.50	8.90	10.20	10.00	9.10	13.60	8.20
ค่าต่ำสุด	4.50	8.50	6.50	5.30	6.60	4.00	4.00	3.10	4.20
อุณหภูมิ (°C)									
ค่าเฉลี่ย	30.29	29.20	30.00	30.48	28.70	30.08	29.90	28.19	29.42
ค่าสูงสุด	33.00	32.00	31.00	32.00	33.00	32.00	32.00	32.00	33.00
ค่าต่ำสุด	29.00	27.00	29.00	28.00	27.00	29.00	28.00	26.00	25.00
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าเฉลี่ย	8.00	8.00	8.00	7.70	7.59	7.46	7.80	7.65	7.76
ค่าสูงสุด	8.97	8.66	8.70	8.26	8.45	7.99	8.34	8.68	8.21
ค่าต่ำสุด	7.17	7.73	7.42	7.09	6.92	7.25	6.77	6.42	7.05

ตารางผนวกที่ 6 คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2540

พารามิเตอร์ / ฤดู	ทะเลสาบตอนใน			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ความลึก (m.)									
ค่าเฉลี่ย	1.43	2.20	1.99	2.89	3.06	3.39	1.38	1.84	1.59
ค่าสูงสุด	1.80	3.20	2.50	7.50	7.90	7.65	3.30	3.50	4.50
ค่าต่ำสุด	0.80	1.65	1.60	0.90	1.25	1.15	0.50	0.90	1.00
ความขุ่นใส (m.)									
ค่าเฉลี่ย	0.19	0.31	0.38	0.77	0.46	0.77	0.72	0.56	0.90
ค่าสูงสุด	0.50	0.43	0.55	1.50	5.00	1.80	2.15	5.00	2.00
ค่าต่ำสุด	0.10	0.20	0.20	0.15	0.10	0.15	0.10	0.10	0.50
ความเค็ม (ppt.)									
ค่าเฉลี่ย	0.58	0.00	0.25	9.30	0.00	7.30	22.08	7.88	22.79
ค่าสูงสุด	7.00	0.00	2.00	20.00	0.00	24.00	35.00	24.00	35.00
ค่าต่ำสุด	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	5.00
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ค่าเฉลี่ย	9.44	8.27	9.07	6.53	7.16	6.90	5.05	6.37	6.00
ค่าสูงสุด	13.20	10.10	11.25	10.50	9.50	10.90	6.60	9.00	9.80
ค่าต่ำสุด	6.90	2.10	7.55	4.80	4.70	4.70	3.25	4.00	3.45
อุณหภูมิ (°C)									
ค่าเฉลี่ย	30.71	29.33	30.83	29.50	29.62	30.61	29.05	28.86	29.73
ค่าสูงสุด	33.00	32.20	34.95	31.50	32.50	35.00	31.80	32.00	33.00
ค่าต่ำสุด	27.20	27.00	28.00	26.50	26.00	28.00	26.00	26.00	27.00
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าเฉลี่ย	8.10	7.94	8.32	7.52	7.61	7.76	7.54	7.54	7.85
ค่าสูงสุด	9.18	8.91	8.82	7.88	8.08	8.20	8.13	8.10	8.18
ค่าต่ำสุด	6.80	7.05	7.81	7.13	7.15	7.39	3.41	6.74	7.09

ตารางผนวกที่ 7 คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2541

พารามิเตอร์ \ ฤดู	ทะเลสาบตอนใน			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ความลึก (m.)									
ค่าเฉลี่ย	1.52	1.98	1.73	3.02	3.22	2.84	1.46	1.73	1.67
ค่าสูงสุด	1.90	2.60	2.00	7.60	8.10	8.00	3.30	4.00	5.00
ค่าต่ำสุด	1.40	1.50	1.40	0.85	1.00	0.90	0.60	0.90	0.70
ความขุ่นใส (m.)									
ค่าเฉลี่ย	0.42	0.51	0.29	1.02	0.71	0.83	0.79	0.57	0.84
ค่าสูงสุด	0.65	0.85	0.50	1.75	2.60	1.40	1.70	1.50	1.75
ค่าต่ำสุด	0.28	0.10	0.20	0.15	0.10	0.30	0.10	0.20	0.95
ความเค็ม (ppt.)									
ค่าเฉลี่ย	5.00	1.79	1.83	23.85	6.97	20.80	27.25	12.94	29.25
ค่าสูงสุด	11.00	8.00	8.00	30.00	22.00	32.00	33.00	33.00	34.00
ค่าต่ำสุด	2.00	0.00	0.00	13.00	0.00	0.00	5.00	0.00	10.00
ออกซิเจนละลายน้ำ									
(mg/l) ค่าเฉลี่ย	7.34	7.07	7.47	6.01	6.72	5.86	5.40	5.56	5.20
ค่าสูงสุด	9.70	8.50	8.60	7.50	8.15	8.50	10.20	10.80	6.80
ค่าต่ำสุด	6.10	4.74	5.80	4.90	5.70	4.20	2.80	2.50	3.90
อุณหภูมิ (°C)									
ค่าเฉลี่ย	31.83	29.34	31.57	31.86	29.30	31.65	30.98	28.50	30.64
ค่าสูงสุด	35.00	31.80	33.50	35.50	31.90	33.80	35.00	31.30	32.90
ค่าต่ำสุด	29.80	27.60	29.50	29.90	26.60	29.50	29.20	25.90	29.00
ความเป็นกรด-ด่าง									
(pH) ค่าเฉลี่ย	7.84	7.73	8.44	7.60	7.47	7.82	7.74	7.56	8.02
ค่าสูงสุด	8.75	8.07	9.25	8.15	7.86	8.27	8.21	8.21	8.23
ค่าต่ำสุด	7.25	7.29	7.77	7.01	6.99	7.64	6.93	6.58	7.61

ตารางผนวกที่ 8 คุณภาพน้ำในปี พ.ศ. 2542

พารามิเตอร์ \ จุด	ทะเลสาบตอนใน			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน	ฝนแรก	ฝนหลัง	ร้อน
ความลึก (m.)									
ค่าเฉลี่ย	1.53	1.97	2.04	2.97	3.60	2.10	1.20	1.54	1.53
ค่าสูงสุด	1.90	2.50	3.30	7.60	9.00	2.10	2.90	2.75	2.75
ค่าต่ำสุด	1.25	1.60	1.50	0.80	1.10	2.10	0.50	0.90	0.80
ความขุ่นใส (m.)									
ค่าเฉลี่ย	0.30	0.43	0.40	0.73	0.61	0.38	0.65	0.50	0.55
ค่าสูงสุด	0.50	1.00	0.90	1.75	1.25	1.05	1.50	1.50	1.60
ค่าต่ำสุด	0.10	0.10	0.15	0.15	0.20	0.15	0.20	0.20	0.10
ความเค็ม (ppt.)									
ค่าเฉลี่ย	0.08	1.14	0.02	7.76	5.88	0.35	21.85	10.26	9.65
ค่าสูงสุด	1.00	6.00	0.20	17.50	19.90	2.30	32.90	30.20	29.80
ค่าต่ำสุด	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ค่าเฉลี่ย	7.25	6.41	8.24	6.48	6.68	6.82	5.61	5.90	6.12
ค่าสูงสุด	8.34	8.25	9.08	7.74	8.01	8.07	6.78	7.14	7.71
ค่าต่ำสุด	4.81	2.82	7.41	5.38	5.65	5.84	3.07	2.62	4.40
อุณหภูมิ (°C)									
ค่าเฉลี่ย	28.79	28.51	29.76	29.43	29.22	30.02	28.65	28.43	29.39
ค่าสูงสุด	30.80	31.00	31.70	31.10	32.20	32.90	30.60	30.60	32.10
ค่าต่ำสุด	26.50	27.10	27.60	26.80	27.10	27.40	27.10	25.90	27.00
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าเฉลี่ย	8.12	7.48	8.54	7.51	7.39	7.44	7.72	7.44	7.60
ค่าสูงสุด	9.04	8.74	8.96	8.09	8.90	8.59	8.15	8.19	8.33
ค่าต่ำสุด	7.06	6.83	7.58	7.01	6.70	6.84	6.50	6.41	6.40



1. การวัดคุณภาพน้ำ

วัดพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) วัดด้วย DO meter YSI model 57

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดด้วย pH meter (KNJCK 752)

ความเค็ม วัดด้วย Refractro salinometer

อุณหภูมิ วัดด้วย DO meter YSI model 57

ความลึก วัดด้วย ลูกดิ่ง (Depth)

ความโปร่งใส (Transparence) วัดด้วยแผ่นขาว-ดำ (Secchi disc)

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ก. ปริมาณไนโตรเจนรวม (ตามวิธีของ APHA , AWWA , WPCF 1980)

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen)

1. Kjeldahl Nitrogen (KN)

ปริมาณไนโตรเจนรวม = อินทรีย์ไนโตรเจน + ปริมาณแอมโมเนีย + ปริมาณไนไตรท์+ปริมาณไนเตรทโดยที่อินทรีย์ไนโตรเจนและปริมาณแอมโมเนียได้มาจากวิธีวิเคราะห์ Kjeldahl Nitrogen (KN)

สารเคมีที่ใช้

1. สารเคมีที่ใช้ย่อย (digestion reagent) ละลาย K_2SO_4 134 กรัม ในน้ำกลั่น 650 มิลลิลิตรและเติมกรด H_2SO_4 200 มิลลิลิตรจนสารละลายในขณะกวนเดิม 6N H_2SO_4 25 มิลลิลิตร และใส่ Hgo. 2 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2. Phenolphthaleine indicator Solution

3. Sodium hydroxide-Sodium thiosulfate reagent ละลาย NaOH 500 กรัม และ $Na_2 S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 25 กรัม ในสารละลาย 1 ลิตร

4. Mixed indicator Solution

ละลายเมทิลเรคอินดิเคเตอร์ 0.2 กรัม ใน เอทิลอัลกอฮอล์ 95% 100 มิลลิลิตร

ละลาย Methylene blue 0.1 กรัม ใน เอทิลอัลกอฮอล์ 95% 50 มิลลิลิตร ผสม

เข้าด้วยกัน

5. Indication boric acid ละลาย H_3BO_3 20 กรัมในน้ำกลั่น เติม Mixed Indicator Solution 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

6. Standard sulfuric acid titrat 0.02 N ไปเปตกรด H_2SO_4 เข้มข้น 3 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น ปรับเป็น 1 ลิตรแล้วดูด H_2SO_4 จากที่เตรียมได้ 200 มิลลิลิตร ปรับกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

วิธีการวิเคราะห์

การย่อย

เติมน้ำตัวอย่างลงในขวดเจดาห์ล 100 มิลลิลิตร และเติม digestion reagent 500 มิลลิลิตร ย่อยสารละลายสีน้ำตาลอ่อนๆ ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร และใส่ glass bead 5 มิลลิลิตรเพื่อป้องกันการ bump

การกลั่น

1. นำสารละลายที่ย่อยแล้วมาเติม phenolphthalene indicator solution เขย่าเบาๆ ใส่ hydroxide thiosulfate reagent 50 มิลลิลิตรต่อสารละลาย digestion 50 มิลลิลิตร เห็นเป็นชั้นสารละลายต่างสีชมพู

2. ต่อเข้าเครื่องกลั่น เอา flask ที่มีสารละลาย Boric acid 50 มิลลิลิตรไปรองรับสารละลายที่กลั่นได้ 150 มิลลิลิตร

3. นำสารละลายแอมโมเนียที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับสารละลาย 0.01 N. H_2SO_4 ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนสีของ Boric acid ซึ่งมีสีม่วงแดง

4. ปริมาณกรดที่ใช้กับตัวอย่างน้ำ ให้เป็น A ทำอย่างเดียวกับน้ำกลั่น เพื่อหาปริมาณกรดที่ใช้สำหรับ Blank ให้เป็น B

วิธีการคำนวณ

สูตรคำนวณคือ ปริมาณ Kjeldahl Nitrogen (mg N/l) = $\frac{(A-B) \times 140}{\text{ปริมาณสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$

4. ไนไตรท์ (Nitrite – Nitrogen)

1. การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

เมื่อเก็บน้ำแล้วควรวิเคราะห์ทันทีหรือสามารถเก็บไว้ได้ 1 – 2 วัน โดยแช่น้ำ

ตัวอย่างที่ – 20 องศาเซลเซียส (APHA 1980) หรือเก็บไว้ 4 – 5 ชั่วโมง โดยการแช่เย็น ก่อนการวิเคราะห์ทั้งในน้ำตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

2. การเตรียมน้ำยาตามวิธี Grasshoff, 1976

2.1 Sulphanilamide solution ละลาย Sulphanilamide 5 กรัม ในกรด HCl เข้มข้น 50 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2.2 N- (1 – Naphthyl) ethylenideamine dihydrochloride solution (NED) ละลาย NED 0.5 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรควรเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลแช่ตู้เย็น

2.3 Nitrite standard solution (1 มล. เท่ากับ 70 μgN (0.07 mg N) ชั่ง NaNO_2 ที่อบแห้งที่ 110 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง จำนวน 0.345 กรัมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หยด chloroform 2-3 หยดเพื่อเก็บรักษาสารละลายเนื่องจาก Nitrite standard solution 10 มิลลิลิตร ให้ได้ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (สารละลายนี้ 1 มล. เท่ากับ 0.07×10^{-2} mgN หรือมีความเข้มข้น 0.7 mg/l)

3. วิเคราะห์ตามวิธี Grasshoff 1976

3.1 กรองน้ำตัวอย่างด้วย Polycarbonate filters (Nuclepore) ล้างกระดาดกรองด้วยน้ำกลั่นก่อน

3.2 ตวงน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายข้อ 2.1 และ 2.2 อย่างละ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ ทิ้งไว้ 20 – 30 นาที วัดค่า Absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ใช้ photo cell กว้าง 5 เซนติเมตร ที่ Wavelength 540 นาโนเมตร โดยใช้น้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร เติมสารข้อ 2.1 1 มิลลิลิตรเป็น Reference solution

4. วิธีทำกราฟมาตรฐาน

4.1 เจือจางสารละลายข้อ 2.4 จำนวน 0.1 0.5 1.0 2.0 5.0 10.0 20.0 มิลลิลิตร ลงใน Elrenmeyer flask 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ 50 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น 0.0014 0.007 0.014 0.028 0.070 0.14 0.28 mg N/l ตามลำดับ

4.2 วัดค่า Absorbance ตามข้อ 3 โดยใช้ reagent blank เป็น reference solution

4.3 Reagent blank เตรียมโดยใช้น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายข้อ 2.1 และ 2.2 อย่างละ 1 มิลลิลิตร

3. ไนเตรท (Nitrate – Nitrogen)

1. การเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง

น้ำตัวอย่างแช่ที่ 4 องศาเซลเซียส เก็บในที่มืด ไม่เกิน 12 ชั่วโมงถ้าเกิน 12 ชั่วโมง ต้องแช่แข็งที่ -20 องศาเซลเซียส

2. การเตรียมน้ำยา (วิธี Strickland and Parson 1972)

2.1 สารละลาย Ammonium chloride

- ละลาย NH_4Cl 125 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จะได้ NH_4Cl เข้มข้น

- นำ NH_4Cl เข้มข้น 50 มิลลิลิตรละลายกับน้ำกลั่นให้ได้ ปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร จะได้ NH_4Cl เจือจาง

2.2 สารละลาย Sulphanilamide เตรียมเหมือนการหา ไนไตรท์

2.3 สารละลาย NED เตรียมเหมือนการหา ไนไตรท์

2.4 Cadmium – copper fillings

- ละลายโลหะ cadmium ใน Beaker ทูบหรือบดให้มีขนาดประมาณ 0.5 – 2.0 มม.

- นำโลหะ cadmium 100 กรัม (ใช้ได้ 2 column) ผสมกับ 2 % W/V สารละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 500 มิลลิลิตร กวน 5 นาที จะได้ตะกอนทองแดง หรือผง cadmium – copper ล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 10 ครั้ง

- บรรจุผง cadmium – copper ลงใน column ดังนี้
- อุดด้านใน column ด้วย copper wool เติม NH_4Cl เจือจางให้เต็ม column

- บรรจุผง cadmium – copper ให้เต็ม column ซึ่งยาว 300 มิลลิเมตร ล้างด้วย NH_4Cl เจือจางอัตราการไหล 100 มิลลิลิตรต่อ 8 – 12 นาที ถ้าช้ากว่านี้แสดงว่าผงเล็กกว่า 0.5 มม. หรือบรรจุแน่นไป

- เก็บรักษา column ด้วยสารละลาย NH_4Cl เจือจาง โดยเติมสารละลาย NH_4Cl เจือจางให้เต็ม column

2.5 น้ำทะเลเทียม

1. ละลาย NaCl 310 กรัม กับ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 100 กรัม

2. เติม NaHCO_3 0.05 กรัมในน้ำกลั่น 10 ลิตร

2.6 สารละลาย Standard Nitrate

1. สารละลาย KNO_3 1.02 กรัมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตรได้ KNO_3 เข้มข้น 0.14 mg-N/ml

2. ละลาย 10 มิลลิลิตร ของ KNO_3 เข้มข้นกับน้ำทะเลเทียมให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตรได้ KNO_3 เจือจาง ซึ่งมีความเข้มข้น 0.014 mg N/l

วิธีวิเคราะห์

1. ผสม NH_4Cl เข้มข้น 2 มิลลิลิตร กับน้ำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร
2. เติมสาร ข้อ 1 5 มิลลิลิตร ลงใน column เปิดสารละลายทิ้ง
3. เติมสารข้อ 1 ที่เหลือลง column ค่อยๆ เปิดให้ออกอัตรา 100 มิลลิลิตร/ 10 นาที เปิดออกประมาณ 40 มิลลิลิตร ค่อยเก็บสารละลายที่เปิดออกช่วงหลัง 50 มิลลิลิตร
4. เติม sulfanilamide 1 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้ 2 – 8 นาที

5. เติม NED 1 มิลลิกรัม เขย่าทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง
 6. วัด Nitrate ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่มี photocell กว้าง 1 เซนติเมตรที่ Wave length 543 นาโนเมตร ใช้น้ำกลั่นเป็น Reference Solution
 7. ถ้าค่า Absorbance มากกว่า 1.25 ควรเจือจางน้ำตัวอย่างผ่าน cadmium – copper ด้วยน้ำกลั่น และควรทวีก่อนค่า Absorbance ก่อนนำไปแปลค่าจากกราฟมาตรฐาน
 8. ถ้าน้ำตัวอย่างขุ่นมาก ควรจะใช้น้ำตัวอย่างผ่าน column เป็น Reference Solution ตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 6 หรือกรองน้ำตัวอย่างก่อนนำตัวอย่างผ่าน cadmium – copper column
- วิธีการทำกราฟเทียบมาตรฐาน**
1. เจือจางสารละลาย Standard Nitrate KNO_3 เจือจาง (ความเข้มข้น 0.014 mg N/l) 1.0 5.0 10.0 20.0 40.0 80.0 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่นหรือน้ำทะเลเทียมให้ได้ 100 มิลลิลิตร สารละลายจะมีความเข้มข้น 0.014 0.07 0.14 0.28 0.56 1.12 mg N/l ตามลำดับ
 2. วิเคราะห์โดยใช้สารละลาย Standard Nitrate ผ่าน cadmium copper column ใช้น้ำกลั่นผสมสารละลาย Sulfanilamide และ NED อย่างละ 1 มิลลิลิตร เป็น Reference Solution (น้ำกลั่นไม่ต้องผ่าน column)

ข. ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (ตามวิธีของ APHA , AWWA , WPCF 1980)

ฟอสฟอรัสรวมในน้ำ (TP)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ปรากฏในแหล่งน้ำจะอยู่ในรูปต่างๆ ดังนี้ คือ Orthophosphate Condensed Phosphate cpyrometa และ polyphosphates) และ Organically bound phosphates

สารเคมีที่ใช้

1. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ Reactive Phosphorus
 - 1.1 Ammonium molybdate solution , $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ละลาย 15 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายด้วยขวดพลาสติกในที่มืด
 - 1.2 H_2SO_4 เติม H_2SO_4 เข้มข้น 140 มิลลิลิตรในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดแก้ว
 - 1.3 Ascorbic acid solution ละลาย 27 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดพลาสติกแช่แข็งในตู้เย็น
 - 1.4 Potassium antimonyl-tartrate solution ละลาย 0.34 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร อุณหภูมิช่วยให้ละลายดีขึ้น เก็บสารละลายในขวดพลาสติก
 - 1.5 Mixed reagent ผสมสารละลาย Ammonium molybdate 100 มิลลิลิตร H_2SO_4 250

มิลลิลิตร Ascorbic acid 100 มิลลิลิตร และ Potassium antimonyl – tartrate 50 มิลลิลิตร ใช้งานภายใน 6 ชั่วโมง

2. สารละลายต่าง NaOH 1 N ชั่ง NaOH 40 กรัม ละลายน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

3. Phenolphthaleine indicator ละลาย phenolphthaleine disodium salt 5 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

4. กรดกำมะถันเข้มข้น (concentrated H_2SO_4)

5. กรดไนตริก (HNO_3)

ขั้นตอนการย่อย

1. ตวงน้ำตัวอย่างที่กรองแล้ว 20 มิลลิลิตร ใส่ใน Microkjeldahl Flask
2. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4) 1 มิลลิลิตร และกรดไนตริก (HNO_3) 5 มิลลิลิตร (ทำในตู้ควัน)
3. นำไปย่อยบนเตาไฟฟ้า จนเหลือ 1 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น

ขั้นตอนการวัดปริมาณ reactive phosphate

1. เติมน้ำกลั่นลงใน flask ดังกล่าว 20 มิลลิลิตร หยด Phenolphthaleine 1 หยด
2. เติม NaOH 1 N จนสารละลายเกือบจะมีสีชมพูอ่อนๆ ปรับ pH ประมาณ 7
3. เทสารละลายลงใน Volumetric Flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

4. หาปริมาณ reactive phosphate ด้วยวิธี Ascorbic Acid Method

การคำนวณความเข้มข้น

คำนวณความเข้มข้น สูตร Total Phosphorus (mg/l) = reactive phosphorus (mg/l)

ค. คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a)

วิธีการวัดคลอโรฟิลล์ ใช้วิธีการแบบ Spectrophotometric Determination (ตามวิธีของ APHA , AWWA , WPCF 1980)

เครื่องมือและสารเคมี

1. Spectrophotometer มีคลื่นสั้น คือ 0.5-2.0 นาโนเมตร
2. cuvettes มีความกว้าง 1 , 4 และ 10 เซนติเมตร (path length)
3. clinical centrifuge
4. tissue grinder ประกอบด้วย grinding tube กับก้ามและตัวบดอัด (pestle)

5. centrifuge tube เป็น test tube ที่มีเกลียวสำหรับปิดฝา (screw – cap tube) มีความจุ 15 มิลลิลิตร
6. filtration equipment (ชุดกรอง) ประกอบด้วย vacuum pump และกระดาษกรองชนิดที่เป็น membrane (ขนาดรู 0.45 ไมโครเมตรและมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร) หรืออาจจะใช้กระดาษกรองที่ทำด้วย fiber เช่น GF/C หรือ GF/A ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิลิตร
7. Magnesium carbonate suspension ชั่ง $MgCO_3$ 1 กรัม ลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
8. Aqueous acetone solution ผสม acetone 9 ส่วน ต่อน้ำกลั่น 1 ส่วน (V/V) (ใช้ acetone grade BP 56 C)

วิธีการวิเคราะห์

1. รวบรวมแพลงก์ตอนโดยการ centrifuge หรือกรอง เติมน้ำยา $Mg CO_3$ 0.2 มิลลิลิตร ก่อน centrifuge หรือ ระหว่างกรองเก็บตัวอย่างโดยใช้กระดาษ foil ห่อกระดาษกรองเก็บในช่องเหยือกแข็ง
2. นำกระดาษกรองใส่ใน tissue grinder เติมน้ำยา aqueous acetone ใช้ TFE/glass สำหรับกระดาษกรอง fiber (GF/C และ GF/A) และใช้ glass/glass grinder สำหรับ membrane filter
3. ข้ายลงในหลอดฝาเกลียวหลังจากบดละเอียดแล้ว เติมน้ำยา aqueous acetone 90 % ปรับให้ได้ปริมาตร 5-10 มิลลิลิตร เก็บในที่มืด อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน
4. นำสารละลายมา centrifuge 20 นาที ที่ 500 กรัม (โดยการเอาสารละลายส่วนใสมาวัดปริมาตร)
5. วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer แล้ววัดค่า Optical density (OD) ที่ 750,663,645 และ 630 มิลลิลิตร ใช้ aqueous acetone 90 % ทำเป็น Blank
6. การคำนวณใช้คลื่น 663 นาโนเมตร เชื้อจากตัวอย่างเพื่อให้มีค่า OD 663 อยู่ในช่วง 0.2-1.0 ในการวิเคราะห์คลอโรฟิลล์เอ OD คลื่น 750 นาโนเมตรใช้ปรับค่าเนื่องจากการรบกวนของความขุ่นสามารถแก้ไขความขุ่นโดยใช้ swing – out centrifuge และเติม $MgCO_3$ ก่อนที่จะนำไป centrifuge

การคำนวณความเข้มข้น

1. การคำนวณค่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์เอ

$$\text{chlorophyll a (mg/l)} = 11.64 (\text{OD } 663) - 2.16 (\text{OD } 645) + 0.10 (\text{OD } 630)$$
2. การคำนวณปริมาณเม็ดสีต่อหน่วยปริมาตรน้ำมาตรฐาน

$$\text{chlorophyll a (mg/m}^3\text{)} = \frac{\text{chlorophyll a concentration} \times \text{extract volume, l}}{\text{Volume of sample, m}^3}$$



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางโสมลดา (จินดาประเสริฐ) ประเสริฐสม
วัน เดือน ปีเกิด	8 กรกฎาคม 2508
สถานที่เกิด	จังหวัดนราธิวาส ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พ.ศ. 2531 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2544
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตำแหน่ง : นักวิชาการประมง 5