

### บทที่ 3

#### ผลการศึกษา

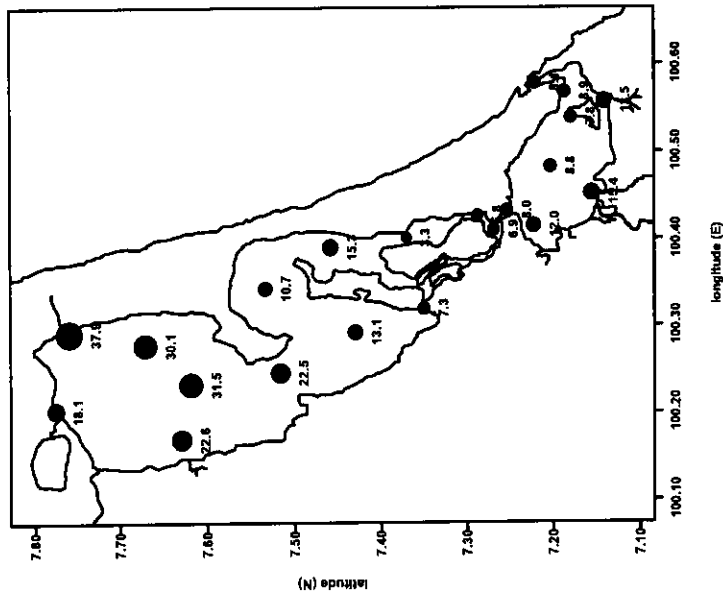
#### 1. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบสงขลา

ค่าคลอโรฟิลล์เอในระหว่างปี 2535 ถึง 2546 เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงกว้าง 0.1 - 186.4 มกค./ล. ในทะเลหลวงพบสูงสุด เฉลี่ย  $36.0 \pm 27.8$  มกค./ล. ซึ่งสูงกว่าทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอกที่มีค่าเฉลี่ย  $10.5 \pm 10.7$  และ  $11.0 \pm 13.0$  มกค./ล. ตามลำดับ (ตาราง 3 - 1)

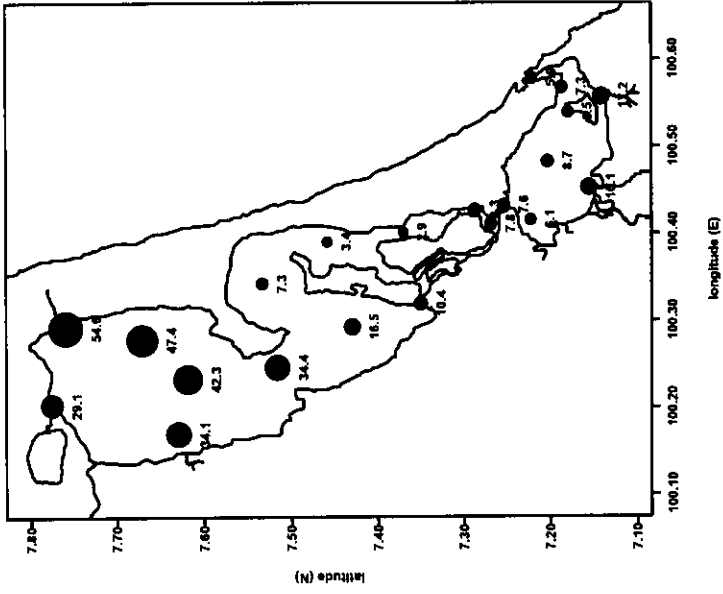
ภาพประกอบ 3 - 1 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์เอแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีค่าเฉลี่ย 14.1 - 54.6 มกค./ล. ส่วน สถานีในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีค่าต่ำกว่า เฉลี่ย 2.9 - 18.6 และ 6.1 - 21.1 มกค./ล. ตามลำดับ ซึ่งสถานีใกล้ปากคลองระโนด (ST1) ในทะเลหลวงมีแนวโน้มพบมีค่าสูงกว่าสถานีอื่นๆ

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 1 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่และฤดูกาลก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,2056} = 296.77, P < 0.05$  และ  $F_{2,2056} = 13.74, P < 0.05$  ตามลำดับ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,2056} = 22.34, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 1 และภาพประกอบ 3 - 1)

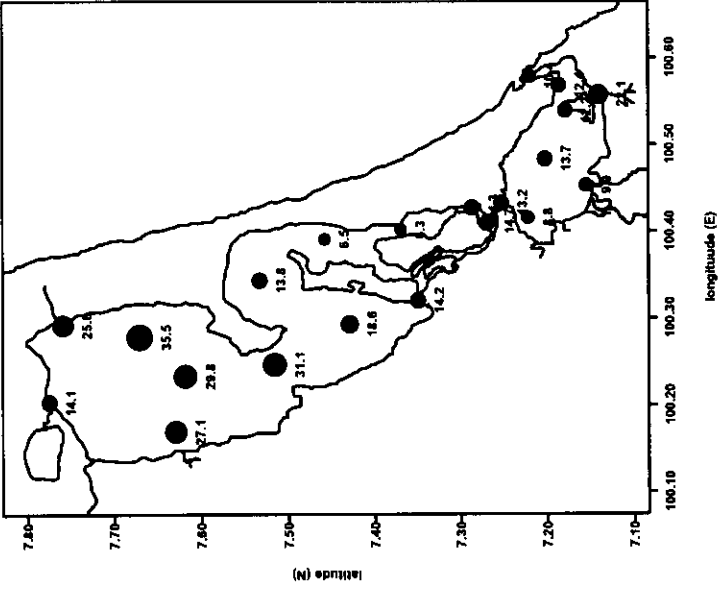
สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในรอบปีคล้ายคลึงกัน สถานีในทะเลหลวงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอมีค่าต่ำช่วงเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ แล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในรอบปีช่วงเดือนกันยายน - ตุลาคม หลังจากนั้นความเข้มข้นจะลดต่ำลง ขณะที่สถานีในทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอกมีความเข้มข้นลดลงหลังจากเดือนมกราคม และมีค่าต่ำสุดในรอบปีประมาณเดือนสิงหาคม - กันยายน หลังจากนั้นความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอมีแนวโน้มสูงขึ้น (ภาพประกอบ ค - 1 ในภาคผนวก ค)



(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูฝนน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์ในแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึง เดือนธันวาคม 2546  
 (หน่วย : มคก./ล.)

ตาราง 3 - 1 ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย มก./ล.)

พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	517	1.1 - 186.4	28.6 $\pm$ 20.6	42.8 $\pm$ 31.4	28.9 $\pm$ 21.5	36.0 $\pm$ 27.8
ทะเลสาบตอนกลาง	735	0.1 - 99.2	8.5 $\pm$ 8.7	9.5 $\pm$ 11.0	14.2 $\pm$ 10.7	10.5 $\pm$ 10.7
ทะเลสาบตอนนอก	813	0.8 - 181.7	10.5 $\pm$ 10.5	10.1 $\pm$ 12.4	13.3 $\pm$ 15.9	11.0 $\pm$ 13.0
ตลอดการศึกษา	2065	0.1 - 186.4	14.4 $\pm$ 15.7	18.1 $\pm$ 23.5	17.5 $\pm$ 17.2	

## 2. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในทะเลสาบสงขลา

### 2.1 องค์ประกอบของไนโตรเจน

ไนโตรเจนในทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไนโตรเจนอินทรีย์ทั้งที่ละลายน้ำและที่เป็นอนุภาค ในแต่ละพื้นที่ทั้งสองรูปแบบรวมกันมีมากกว่า 75% ของไนโตรเจนรวม ขณะที่ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อย ซึ่งพบว่าทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีค่าเพียง 9.7 และ 12.1% ของไนโตรเจนรวมเท่านั้น ส่วนทะเลสาบตอนนอกมีค่าเท่ากับ 24.1% (ภาพประกอบ 3 - 2 )



ภาพประกอบ 3 - 2 องค์ประกอบของไนโตรเจนในทะเลสาบสงขลาในปี 2546

(DIN = ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ PON = ไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค  
DON = ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ)

## 2.2 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของไนไตรท์ + ไนเตรท

ไนไตรท์ + ไนเตรทมีค่าอยู่ในช่วง  $< 0.007 - 3.030$  มก./ล. ในทะเลสาบตอนนอกพบสูงสุด เฉลี่ย  $0.139 \pm 0.302$  มก./ล. และต่ำสุดในทะเลหลวง  $0.026 \pm 0.028$  มก./ล. (ตาราง 3 - 2)

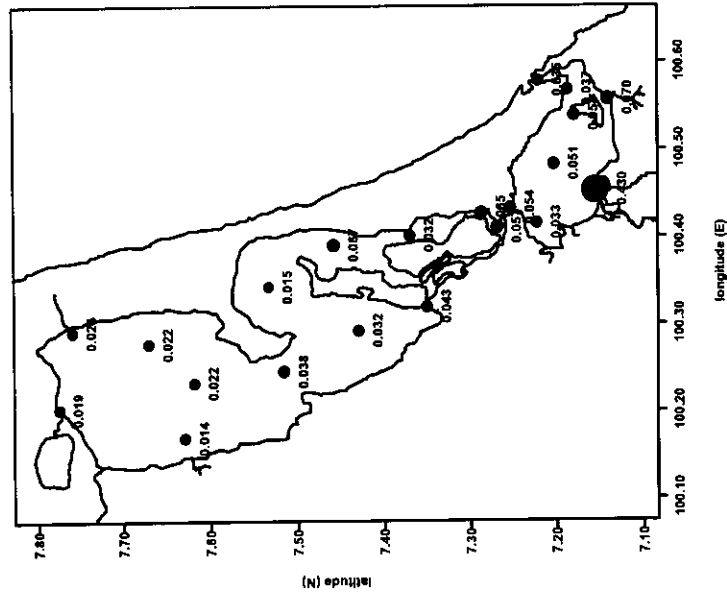
ภาพประกอบ 3 - 3 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรท์+ไนเตรทแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) ในทะเลสาบตอนนอกมีค่าสูงสุดทุกฤดู เฉลี่ย  $0.430 - 0.647$  มก./ล. ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 2 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรทในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,2122} = 70.43, P < 0.05$ ) ส่วนฤดูกาลและปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรทอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,2122} = 0.56, P > 0.05$  และ  $F_{4,2122} = 0.61, P > 0.05$  ตามลำดับ)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรทในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า ความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรทที่สถานีต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น 2 ช่วง โดยช่วงแรกอยู่ราวๆ เดือนพฤษภาคม - กรกฎาคม ส่วนช่วงหลังซึ่งมักมีความเข้มข้นสูงกว่าช่วงแรกอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรทที่สถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี (ภาพประกอบ ค - 2 ในภาคผนวก ค)

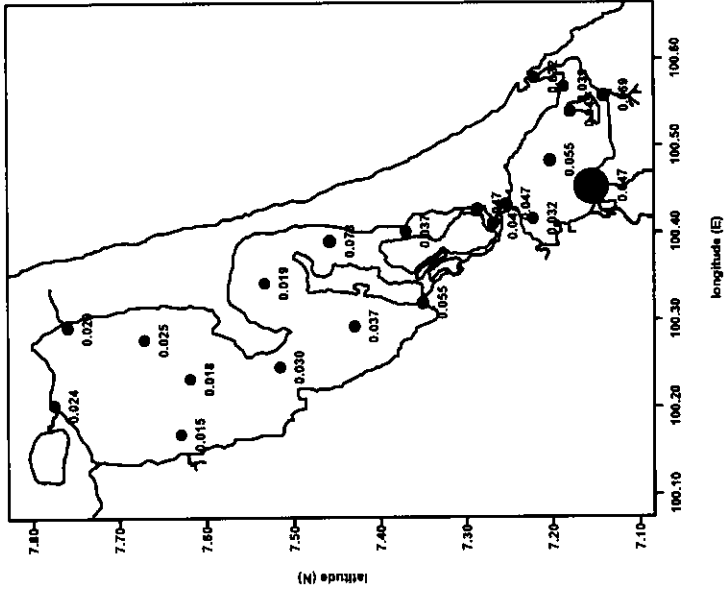
ตาราง 3 - 2 ความเข้มข้นของไนไตรท์+ไนเตรทในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	534	ND- 0.247	$0.025 \pm 0.024$	$0.026 \pm 0.027$	$0.029 \pm 0.033$	$0.026 \pm 0.028$
ทะเลสาบตอนกลาง	759	ND-0.297	$0.049 \pm 0.043$	$0.046 \pm 0.045$	$0.034 \pm 0.036$	$0.044 \pm 0.043$
ทะเลสาบตอนนอก	838	ND-3.030	$0.109 \pm 0.208$	$0.145 \pm 0.361$	$0.155 \pm 0.232$	$0.139 \pm 0.302$
ตลอดการศึกษา	2131	ND-3.030	$0.067 \pm 0.138$	$0.080 \pm 0.234$	$0.080 \pm 0.159$	

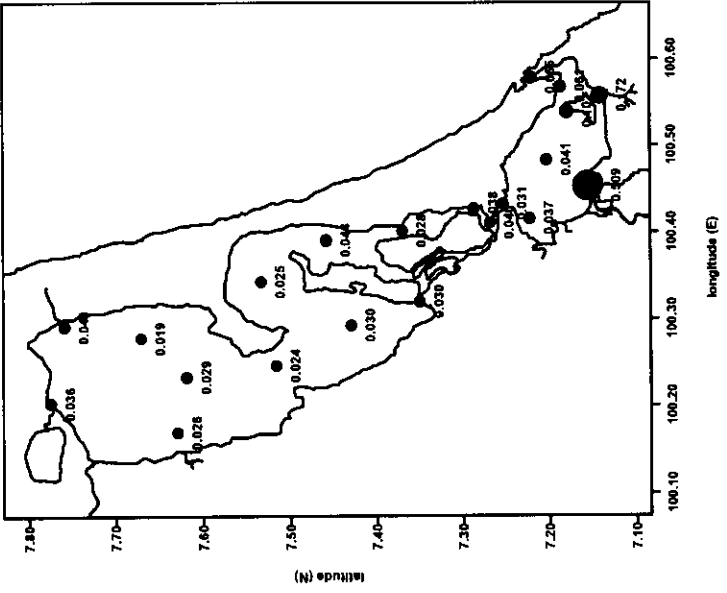
ND คือ มีค่าน้อยกว่า 0.007 มก./ล.



(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูฝนน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนในดินรายเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546

(หน่วย : มก/ล.)

### 2.3 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียรวม

แอมโมเนียรวมมีค่าอยู่ในช่วง  $< 0.009 - 2.592$  มก./ล. ในทะเลสาบตอนนอกพบสูงสุดเฉลี่ย  $0.133 \pm 0.279$  มก./ล. ส่วนทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีค่าเฉลี่ย  $0.037 \pm 0.060$  และ  $0.036 \pm 0.036$  มก./ล. ตามลำดับ (ตาราง 3 - 3)

ภาพประกอบ 3 - 4 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียรวมแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า แต่ละสถานีมีค่าใกล้เคียงกันโดยส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า  $0.050$  มก./ล. ยกเว้นสถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) ในทะเลสาบตอนนอกที่มีค่าสูงทุกฤดู เฉลี่ย  $0.223 - 0.670$  มก./ล. และสถานีปากคลองพะวง (ST12) ในพื้นที่ทะเลสาบตอนนอกเช่นกันที่มีค่าสูงในฤดูฝนชุก เฉลี่ย  $0.388$  มก./ล.

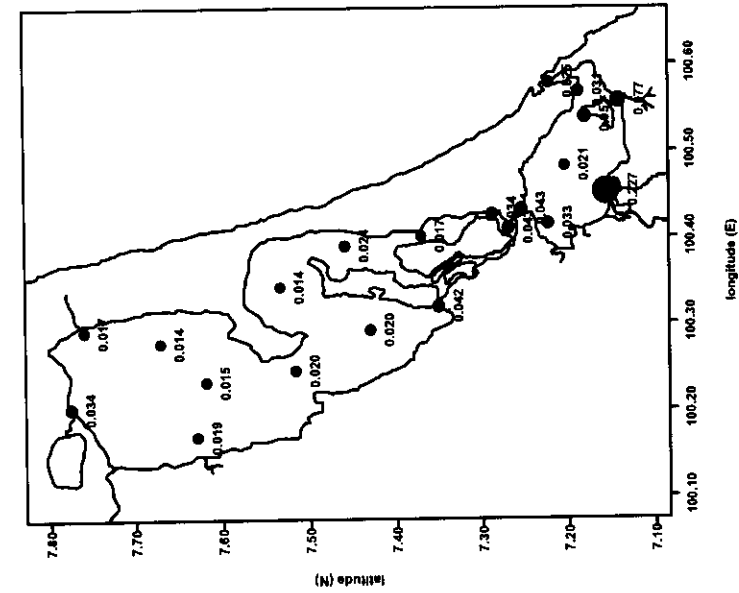
ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 3 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่และฤดูกาลก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,2117} = 65.75, P < 0.05$  ;  $F_{2,2117} = 9.73, P < 0.05$  ตามลำดับ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,2117} = 6.87, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 3 และภาพประกอบ 3 - 4)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม เช่นเดียวกับสถานีในทะเลสาบตอนนอก ยกเว้นสถานี ST10 และ ST12 ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ตลอดเวลาและมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเดือนพฤษภาคม - กันยายน ขณะที่สถานีในทะเลสาบตอนกลางมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนมีนาคม - มิถุนายน (ภาพประกอบ ค - 3 ในภาคผนวก ค)

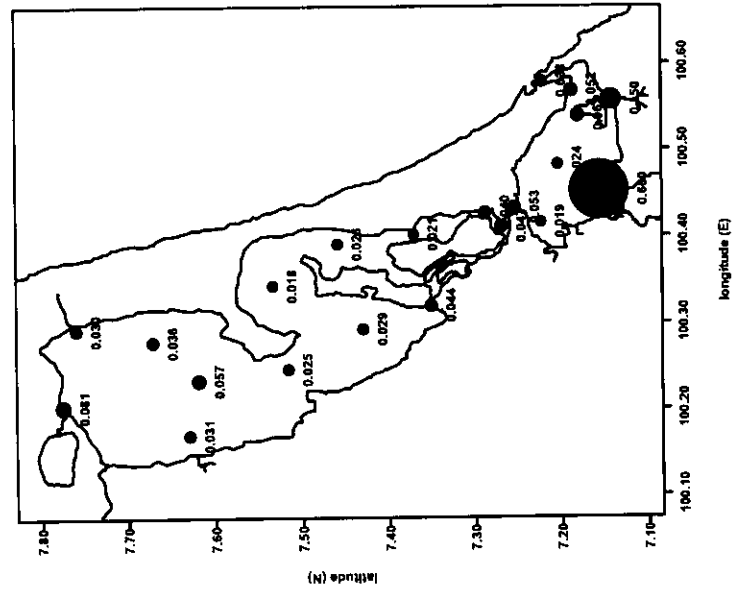
ตาราง 3 - 3 ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546(หน่วย: มก./ล.)

พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	536	ND-0.491	$0.018 \pm 0.015$	$0.037 \pm 0.058$	$0.058 \pm 0.082$	$0.037 \pm 0.060$
ทะเลสาบตอนกลาง	757	ND-0.329	$0.034 \pm 0.032$	$0.040 \pm 0.042$	$0.031 \pm 0.025$	$0.036 \pm 0.036$
ทะเลสาบตอนนอก	833	ND-2.592	$0.070 \pm 0.128$	$0.160 \pm 0.357$	$0.137 \pm 0.173$	$0.133 \pm 0.279$
ตลอดการศึกษา	2126	ND-2.592	$0.044 \pm 0.086$	$0.086 \pm 0.233$	$0.079 \pm 0.127$	

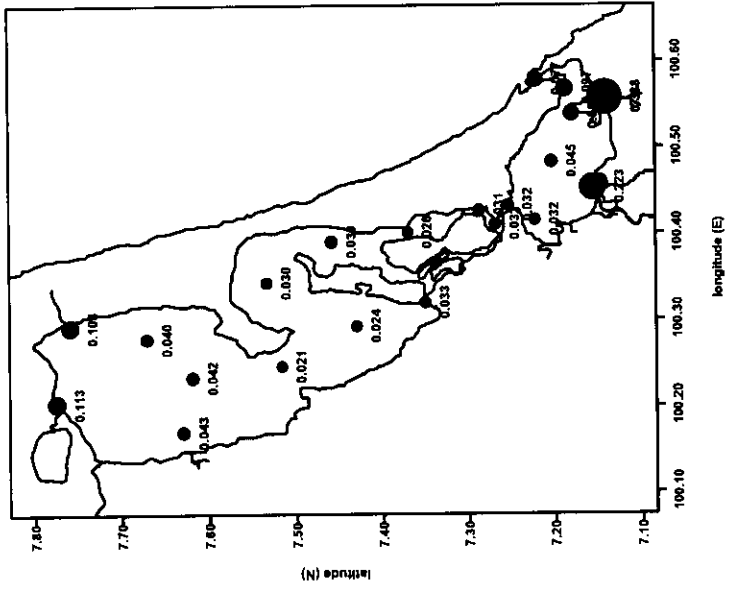
ND คือ มีค่าน้อยกว่า  $0.009$  มก./ล.



(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูฝนน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 4 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียรวมแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546

(หน่วย : มก./ล.)

## 2.4 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำ

ไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.016 - 4.198 มก./ล. ทะเลสาบตอนนอก พบสูงสุด เฉลี่ย  $0.273 \pm 0.500$  มก./ล. ส่วนทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีค่าเฉลี่ย  $0.063 \pm 0.069$  และ  $0.079 \pm 0.067$  มก./ล. ตามลำดับ (ตาราง 3 - 4)

ภาพประกอบ 3 - 5 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) ในทะเลสาบตอนนอกมีค่าสูงสุดทุกฤดู เฉลี่ย 0.660 - 1.318 มก./ล. ส่วนสถานีอื่นๆ ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.029 - 0.107 มก./ล.

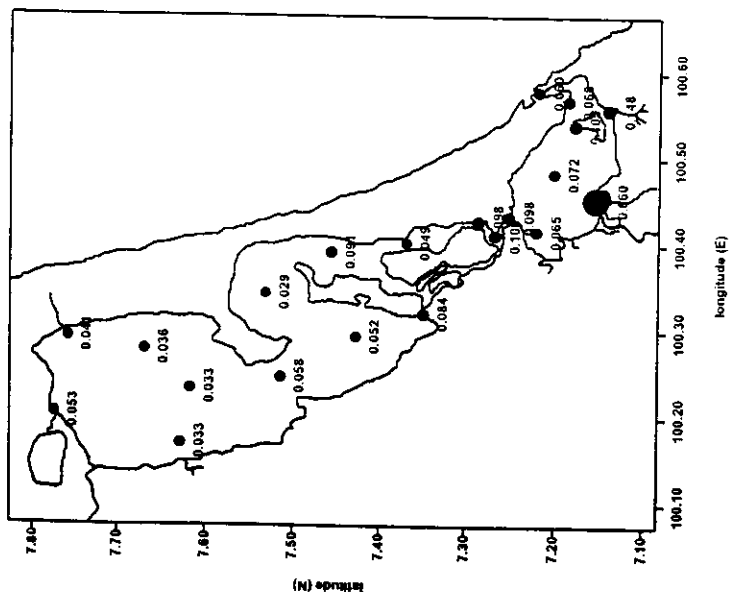
ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 4 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่และฤดูกาลก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,2078} = 296.77, P < 0.05$  และ  $F_{2,2078} = 13.74, P < 0.05$  ตามลำดับ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,2078} = 22.34, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 4 และภาพประกอบ 3 - 5)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น 2 ช่วง โดยช่วงแรกอยู่ราวๆ เดือนพฤษภาคม - กรกฎาคม ส่วนช่วงหลังพบในเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนกลางมักเพิ่มสูงขึ้นเพียงครั้งเดียวในรอบปีในช่วงเดือนมีนาคม - พฤษภาคม ขณะที่สถานีในทะเลสาบตอนนอกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นหลังจากเดือนมกราคม และมีค่าสูงสุดในรอบปีในเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม ยกเว้นสถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) ที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดทั้งปีไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน (ภาพประกอบ ค - 4 ในภาคผนวก ค)

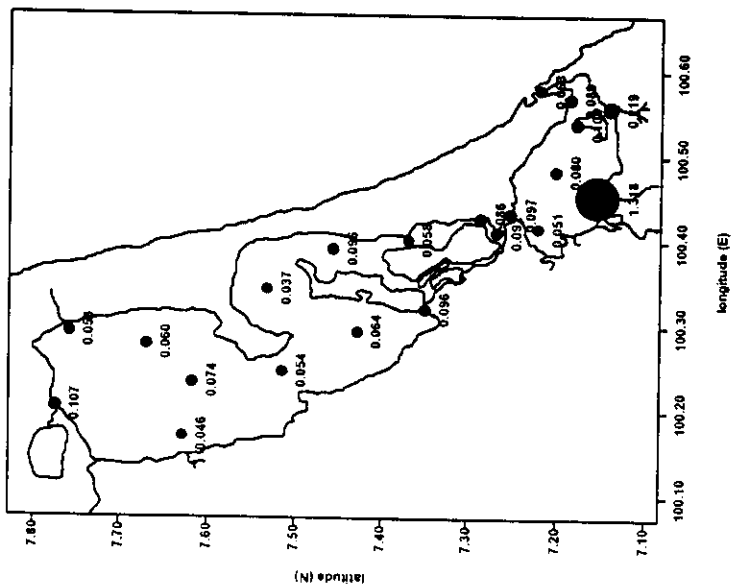
ตาราง 3 - 4 ความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	528	0.016-0.507	$0.044 \pm 0.030$	$0.062 \pm 0.064$	$0.086 \pm 0.095$	$0.063 \pm 0.069$
ทะเลสาบตอนกลาง	741	0.016-0.447	$0.082 \pm 0.067$	$0.084 \pm 0.072$	$0.064 \pm 0.053$	$0.079 \pm 0.067$
ทะเลสาบตอนนอก	818	0.016-4.198	$0.178 \pm 0.302$	$0.308 \pm 0.624$	$0.293 \pm 0.331$	$0.273 \pm 0.500$
ตลอดการศึกษา	2087	0.016-4.198	$0.110 \pm 0.202$	$0.166 \pm 0.409$	$0.159 \pm 0.240$	

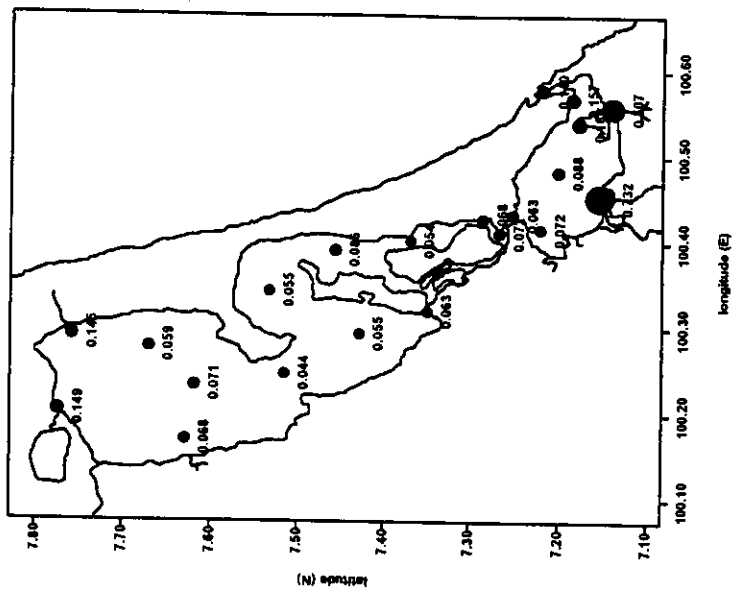




(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูฝนน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสภาพในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือน ธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

## 2.5 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ

ความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.01 - 1.56 มก./ล. ในทะเลหลวงพบสูงสุด เฉลี่ย  $0.36 \pm 0.14$  มก./ล. ส่วนทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีค่าใกล้เคียงกัน เฉลี่ย  $0.28 \pm 0.14$  และ  $0.29 \pm 0.19$  มก./ล. ตามลำดับ (ตาราง 3 - 5)

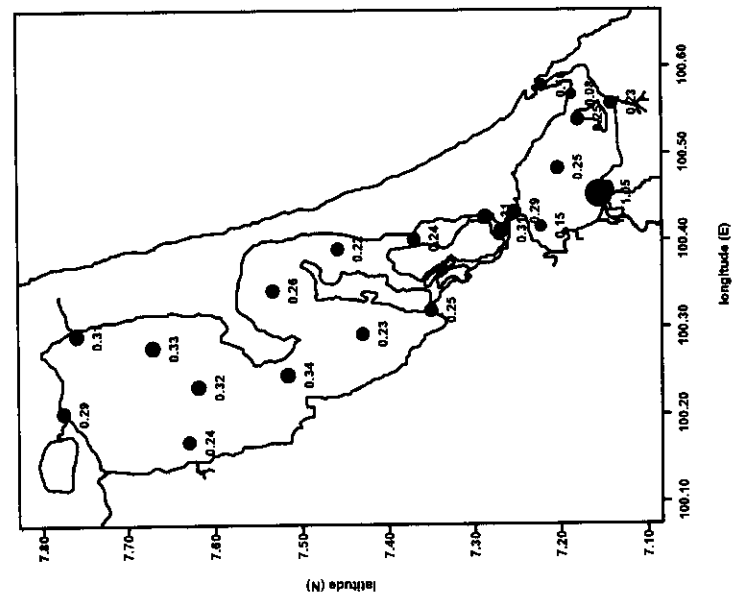
ภาพประกอบ 3 - 6 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีค่าเฉลี่ย 0.24 - 0.48 มก./ล. ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 0.13 - 0.48 และ 0.08 - 1.05 มก./ล. ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 5 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่และฤดูกาลก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา อย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,238} = 6.68$ ,  $P < 0.05$  และ  $F_{2,238} = 3.28$ ,  $P < 0.05$  ตามลำดับ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัย ( $F_{4,238} = 3.80$ ,  $P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 5 และภาพประกอบ 3 - 6)

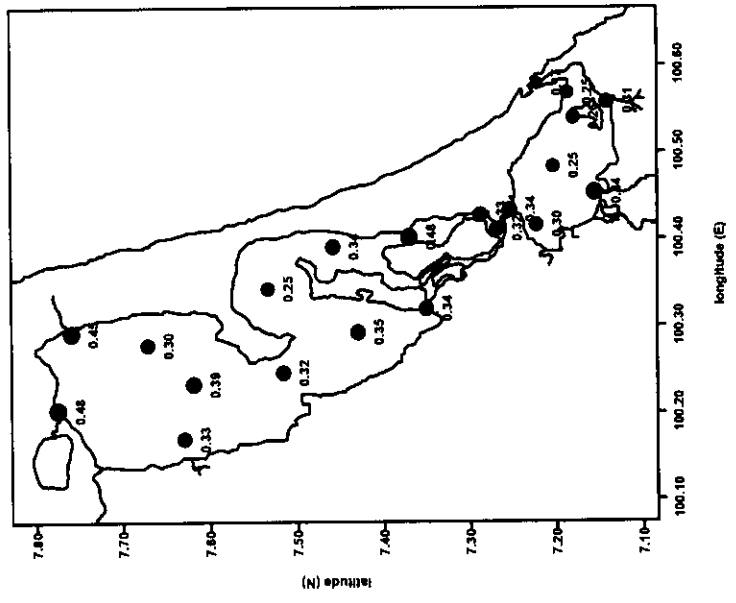
ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีในทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นหลังจากเดือนมกราคมเหมือนกัน แต่สถานีในทะเลหลวงมีค่าสูงสุดในรอบปีในช่วงเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน ขณะที่สถานีในทะเลสาบตอนกลางมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนนอกมีความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อยในรอบปี (ภาพประกอบ ค - 5 ในภาคผนวก ค)

ตาราง 3 - 5 ความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

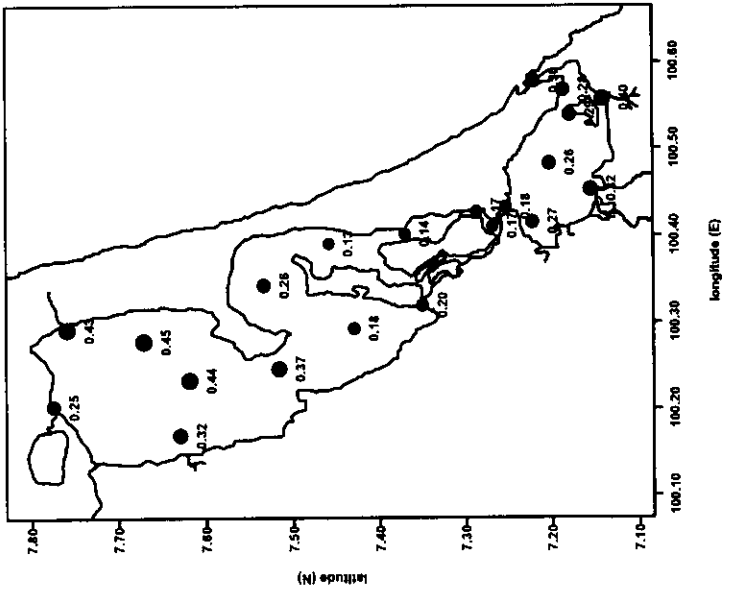
พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	71	0.13-0.84	$0.31 \pm 0.08$	$0.38 \pm 0.14$	$0.38 \pm 0.16$	$0.36 \pm 0.14$
ทะเลสาบตอนกลาง	95	0.02-1.04	$0.27 \pm 0.06$	$0.35 \pm 0.15$	$0.18 \pm 0.09$	$0.28 \pm 0.14$
ทะเลสาบตอนนอก	81	0.01-1.56	$0.28 \pm 0.34$	$0.28 \pm 0.13$	$0.31 \pm 0.11$	$0.29 \pm 0.19$
ตลอดการศึกษา	247	0.01-1.56	$0.28 \pm 0.20$	$0.33 \pm 0.15$	$0.28 \pm 0.14$	



(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูฝนน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือน ธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

## 2.6 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค

ความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคอยู่ในช่วง 0.01 - 0.90 มก./ล. ในทะเลหลวงพบสูงสุด เฉลี่ย  $0.27 \pm 0.19$  มก./ล. ส่วนทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีค่าใกล้เคียงกัน เฉลี่ย  $0.09 \pm 0.08$  และ  $0.11 \pm 0.11$  มก./ล. (ตาราง 3 - 6)

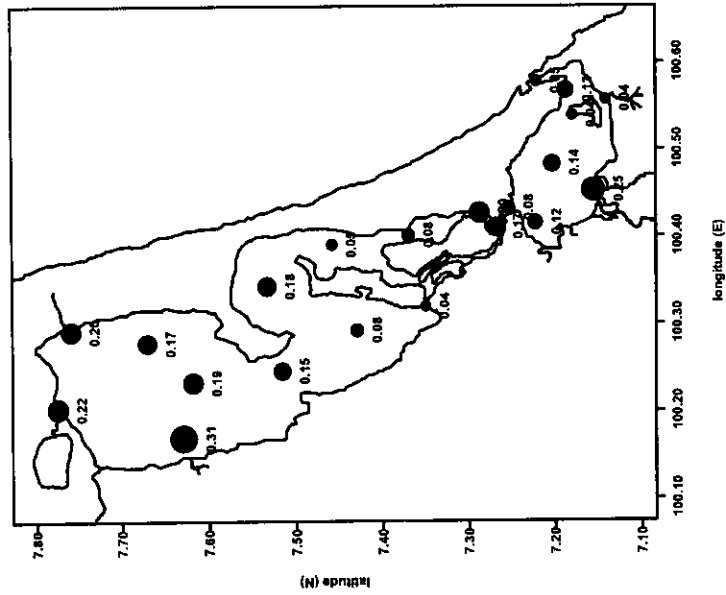
ภาพประกอบ 3 - 7 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีค่าเฉลี่ย 0.15 - 0.55 มก./ล. ส่วนใหญ่มีค่าต่ำสุดในฤดูแล้งและสูงสุดในฤดูฝนน้อย ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีค่าเฉลี่ย 0.04 - 0.18 และ 0.04 - 0.25 มก./ล. ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 6 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่ก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,237} = 35.65, P < 0.05$ ) ส่วนฤดูกาลไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,237} = 1.68, P > 0.05$ ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,237} = 4.34, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 6 และภาพประกอบ 3 - 7)

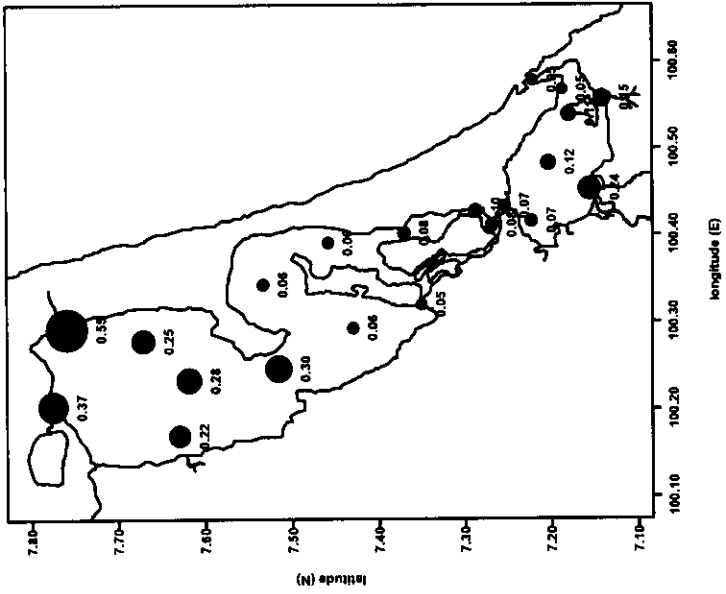
ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีรูปแบบชัดเจนโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากเดือนมกราคมและมีค่าสูงในรอบปีในเดือนกันยายน - ตุลาคม ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบตอนกลางเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเล็กน้อยในรอบปี ขณะที่สถานีในทะเลสาบตอนนอกมีรูปแบบค่อนข้างแตกต่างกัน (ภาพประกอบ ค - 6 ในภาคผนวก ค)

ตาราง 3 - 6 ความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

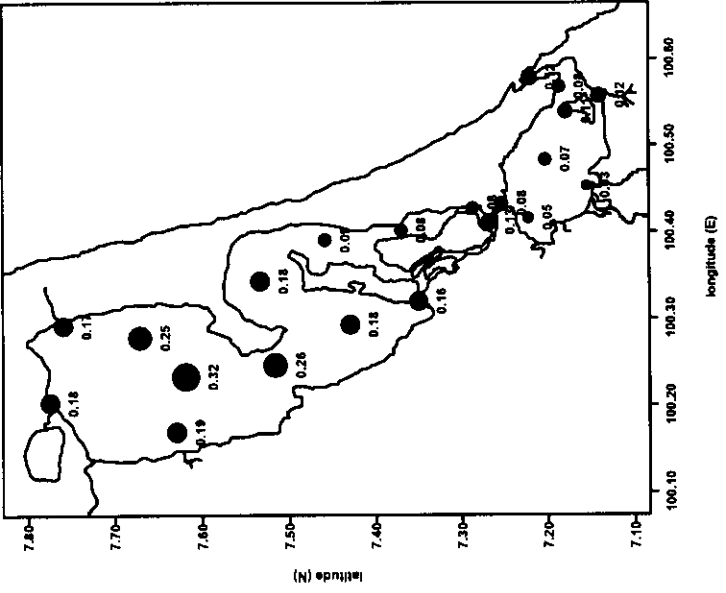
พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	71	0.03 - 0.90	$0.21 \pm 0.13$	$0.33 \pm 0.22$	$0.23 \pm 0.14$	$0.27 \pm 0.19$
ทะเลสาบตอนกลาง	92	0.02 - 0.39	$0.11 \pm 0.09$	$0.07 \pm 0.06$	$0.12 \pm 0.08$	$0.09 \pm 0.08$
ทะเลสาบตอนนอก	83	0.01 - 0.42	$0.11 \pm 0.12$	$0.11 \pm 0.12$	$0.08 \pm 0.07$	$0.11 \pm 0.11$
ตลอดการศึกษา	246	0.01 - 0.90	$0.14 \pm 0.12$	$0.16 \pm 0.18$	$0.14 \pm 0.11$	



(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูฝนน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 7 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

## 2.7 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนรวม

ความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.08 - 4.06 มก./ล. ในทะเลหลวงพบสูงสุด เฉลี่ย  $0.70 \pm 0.29$  มก./ล. ส่วนทะเลสาบตอนกลางมีค่าต่ำสุด เฉลี่ย  $0.42 \pm 0.16$  มก./ล. (ตาราง 3 - 7)

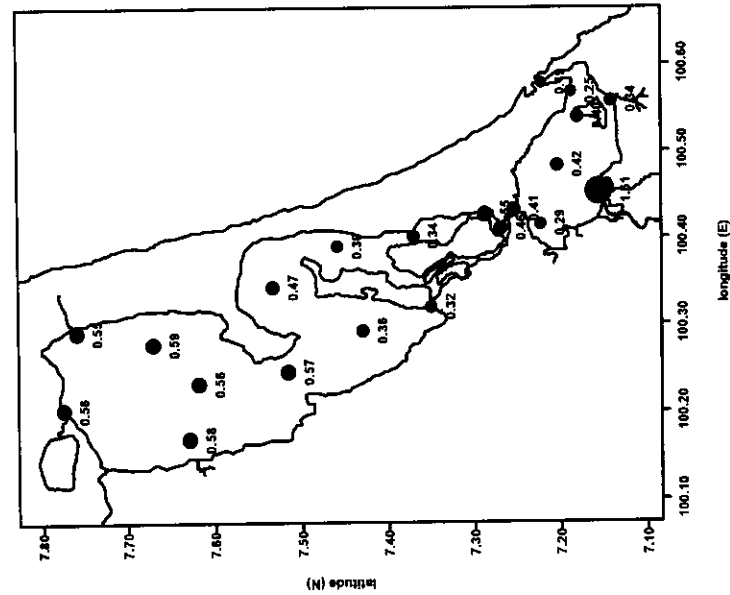
ภาพประกอบ 3 - 8 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนรวมแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีปากคลองอยู่ตะเภา (ST10) มีค่าสูงสุดทุกฤดู เฉลี่ย 1.48 - 2.81 มก./ล. ส่วนสถานีอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.26 - 1.05 มก./ล.

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 7 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่ก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,239} = 1.48, P < 0.05$ ) ซึ่งสถานีในทะเลหลวงมีแนวโน้มสูงกว่าสถานีในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอก ส่วนฤดูกาลและปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,239} = 0.56, P > 0.05$  และ  $F_{4,239} = 0.61, P > 0.05$  ตามลำดับ)

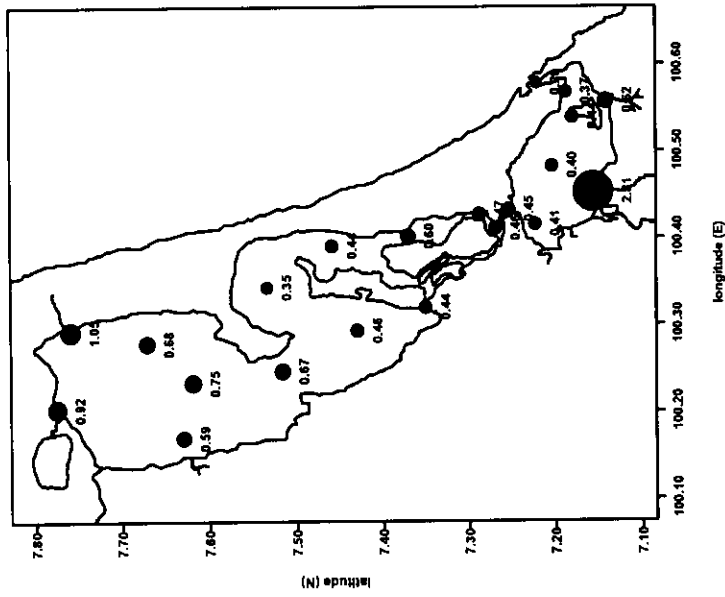
สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า แต่ละสถานีมีรูปแบบชัดเจน โดยสถานีในพื้นที่เดียวกันมีรูปแบบค่อนข้างเหมือนกัน สถานีในทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากเดือนมกราคมเหมือนกัน แต่สถานีในทะเลหลวงมีค่าสูงสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม ขณะที่สถานีในทะเลสาบตอนกลางมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนนอกความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในเดือนมกราคม และธันวาคมมีแนวโน้มสูงกว่าเดือนอื่นๆ ยกเว้นสถานี ST10 ที่มีค่าผันแปรและช่วงเดือนพฤษภาคม - กรกฎาคมมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (ภาพประกอบ ค - 6 ในภาคผนวก ค)

ตาราง 3 - 7 ความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

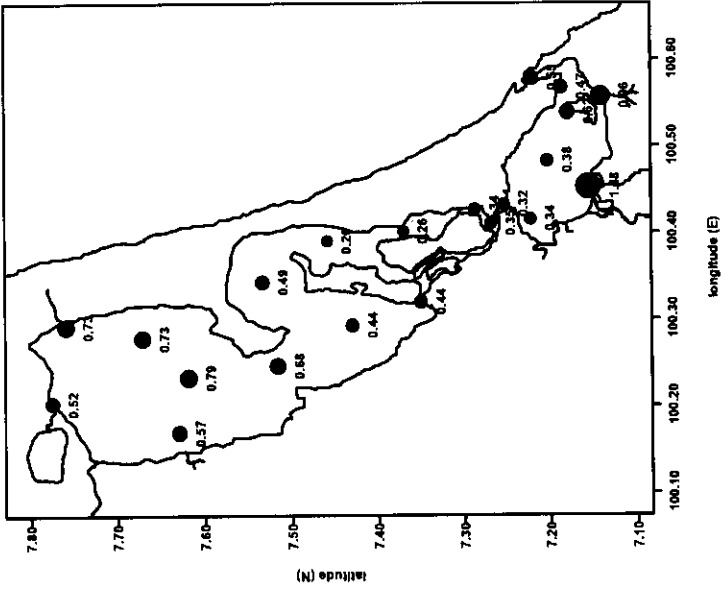
พื้นที่	จำนวนข้อ มูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการ ศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	71	0.33 - 1.76	$0.57 \pm 0.15$	$0.78 \pm 0.33$	$0.67 \pm 0.26$	$0.70 \pm 0.29$
ทะเลสาบตอนกลาง	93	0.09 - 1.25	$0.40 \pm 0.12$	$0.46 \pm 0.18$	$0.36 \pm 0.15$	$0.42 \pm 0.16$
ทะเลสาบตอนนอก	84	0.08 - 4.06	$0.50 \pm 0.54$	$0.76 \pm 0.97$	$0.69 \pm 0.42$	$0.68 \pm 0.77$
ตลอดการศึกษา	248	0.08 - 4.06	$0.48 \pm 0.33$	$0.65 \pm 0.62$	$0.56 \pm 0.33$	



(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

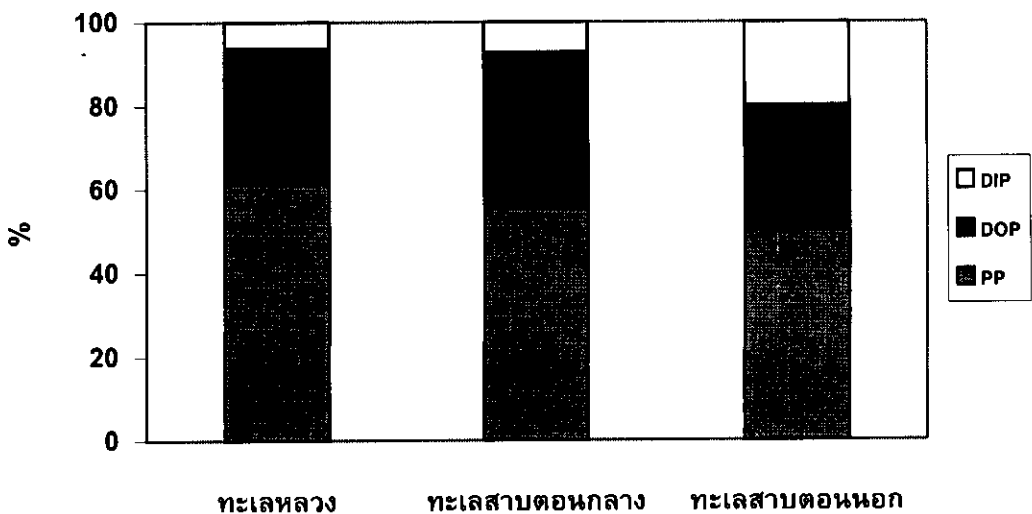
ภาพประกอบ 3 - 8 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนรวมแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546

(หน่วย : มก./ล.)

### 3. ฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลา

#### 3.1 องค์ประกอบของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฟอสฟอรัสในอนุภาค และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ซึ่งในแต่ละพื้นที่ทั้งสองรูปแบบรวมกันมีมากกว่า 80% ของฟอสฟอรัสรวม ส่วนที่เหลือเป็นฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ โดยเฉพาะทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีสัดส่วนของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำต่ำมากเพียง 6 - 7% ของฟอสฟอรัสรวมเท่านั้น (ภาพประกอบ 3 - 9 )



ภาพประกอบ 3 - 9 องค์ประกอบของฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลาในปี 2546

(DIP = ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ PP = ฟอสฟอรัสในอนุภาค

DOP = ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ)

#### 3.2 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลาอยู่ในช่วง  $< 0.002 - 0.327$  มก./ล. ในทะเลสาบตอนนอกพบสูงสุด เฉลี่ย  $0.021 \pm 0.039$  มก./ล. ส่วนทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีเฉลี่ยค่าเท่ากัน (ตาราง 3 - 8 )

ภาพประกอบ 3 - 10 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) มีค่าสูงสุดทุกฤดู โดยมีค่าเฉลี่ย 0.041 - 0.081 มก./ล. นอกจากนั้นยังพบฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลาย



น้ำมีค่าสูงที่สถานีปากคลองพระวง (ST12) โดยเฉพาะในฤดูฝนน้อยและฤดูฝนชุก เฉลี่ย 0.043 และ 0.056 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนสถานีอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.002 - 0.018 มก./ล.

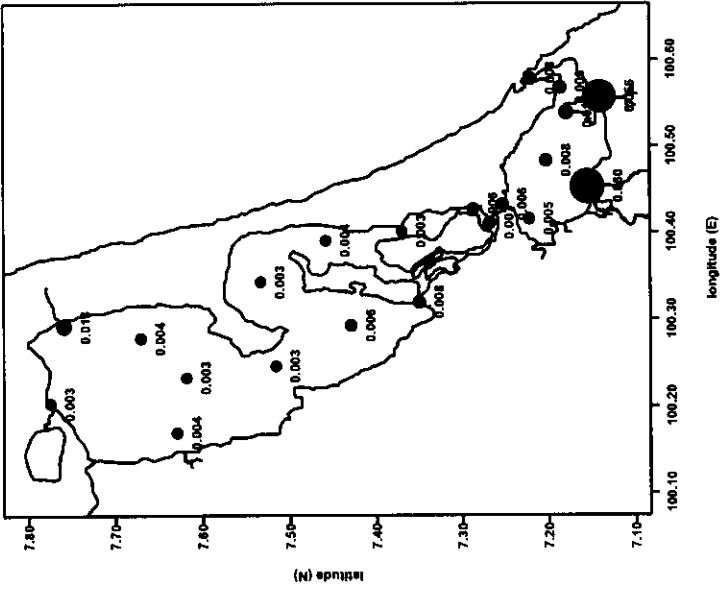
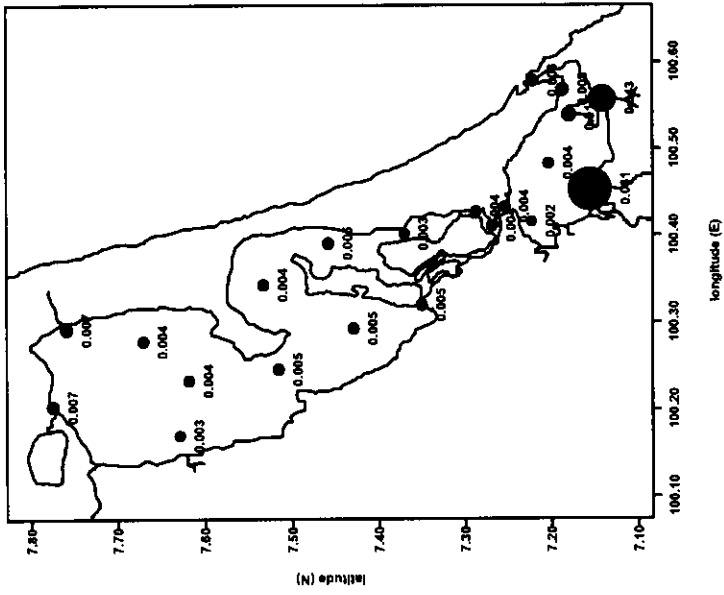
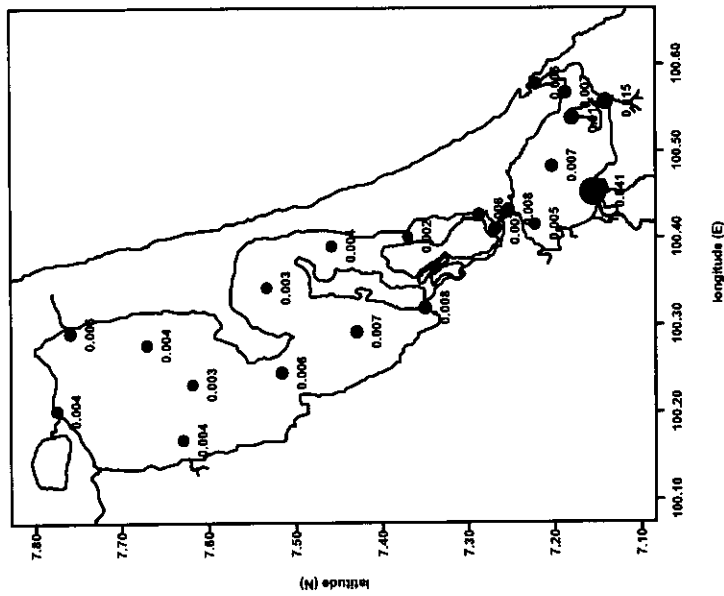
ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 8 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่ก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลาอย่างน้อยสำคัญ ( $F_{2,2097} = 79.51, P < 0.05$ ) ส่วนฤดูกาลไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,2097} = 2.49, P > 0.05$ ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,2097} = 4.17, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 8 และภาพประกอบ 3 - 10)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในรอบที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนกลางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากเดือนมกราคม แล้วมีค่าสูงสุดในรอบปีประมาณเดือนมีนาคม - พฤษภาคม หลังจากนั้นความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำมีแนวโน้มลดลงจนถึงเดือนสิงหาคม - กันยายน ขณะที่สถานีในทะเลสาบตอนนอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากเดือนมกราคม และมีค่าสูงสุดในรอบปีประมาณเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม ส่วนสถานี ST10 และ ST12 ในทะเลสาบตอนนอกแม้จะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ตลอดเวลาแต่ก็มีค่าสูงสุดในรอบปีในเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคมเช่นกัน (ภาพประกอบ ค - 8 ในภาคผนวก ค)

ตาราง 3 - 8 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	528	ND - 0.036	0.005 $\pm$ 0.004	0.005 $\pm$ 0.005	0.005 $\pm$ 0.006	0.005 $\pm$ 0.005
ทะเลสาบตอนกลาง	756	ND - 0.035	0.007 $\pm$ 0.007	0.004 $\pm$ 0.005	0.006 $\pm$ 0.007	0.005 $\pm$ 0.006
ทะเลสาบตอนนอก	822	ND - 0.327	0.014 $\pm$ 0.023	0.023 $\pm$ 0.047	0.024 $\pm$ 0.033	0.021 $\pm$ 0.039
ตลอดการศึกษา	2106	ND - 0.327	0.009 $\pm$ 0.016	0.012 $\pm$ 0.031	0.013 $\pm$ 0.023	

ND คือ มีค่าน้อยกว่า 0.002 มก./ล.



ภาพประกอบ 3 - 10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือน ธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

### 3.3 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ

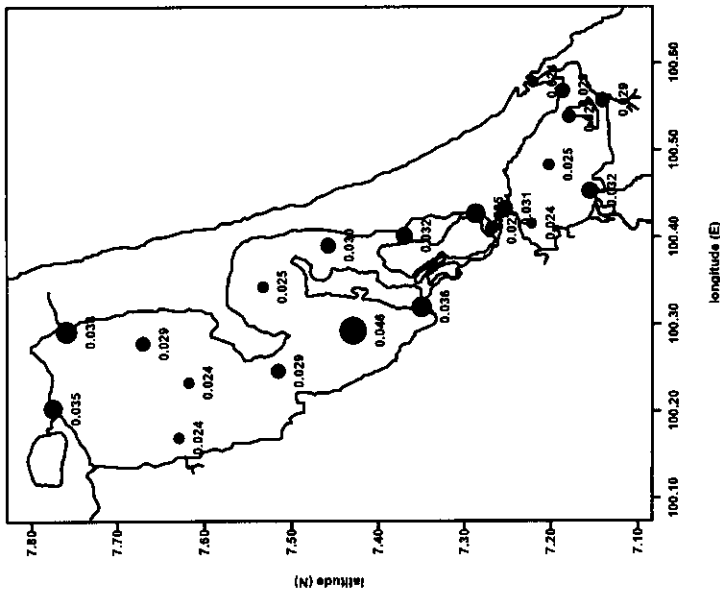
ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.001 - 0.249 มก./ล. ซึ่งแต่ละพื้นที่ที่มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีค่าเฉลี่ย 0.024 - 0.027 มก./ล. (ตาราง 3 - 9)

ภาพประกอบ 3 - 11 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีปากคลองระโนด (ST1) ในทะเลหลวง และสถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) ในทะเลสาบตอนนอกมีแนวโน้มสูงกว่าสถานีอื่นๆ โดยแต่ละฤดูมีค่าเฉลี่ย 0.030 - 0.040 และ 0.032 - 0.037 มก./ล. ตามลำดับ จากผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 9 ในภาคผนวก ข) พบว่า ฤดูกาลก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,1029} = 9.39, P < 0.05$ ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,1029} = 2.91, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 9 และภาพประกอบ 3 - 11) ขณะที่พื้นที่ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,1029} = 1.10, P > 0.05$ )

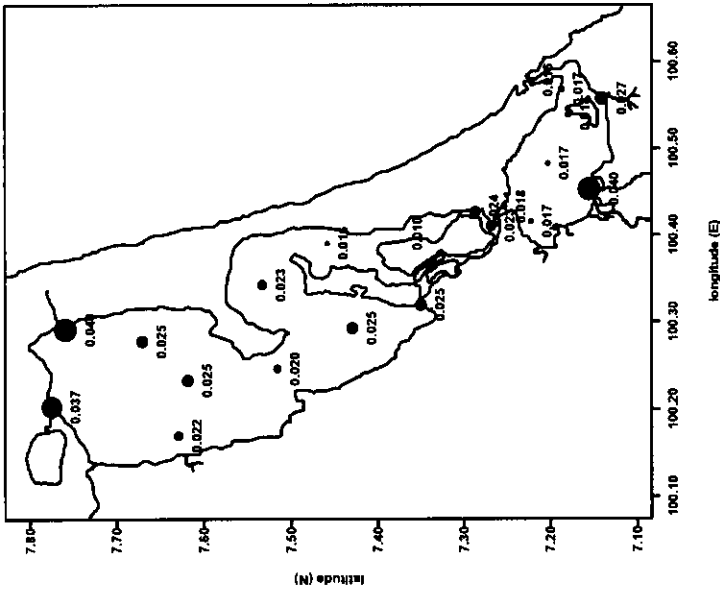
สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า ทุกสถานีมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในรอบปีชัดเจน สถานีในทะเลหลวงมีค่าสูงสุดในรอบปีช่วงเดือนมิถุนายน - สิงหาคม ขณะที่สถานีในทะเลสาบตอนกลางมีค่าสูงสุดในรอบปีช่วงเดือนเมษายน - มิถุนายน ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนนอกในเดือนพฤศจิกายน - มกราคม (ภาพประกอบ ค - 9 ในภาคผนวก ค)

ตาราง 3 - 9 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

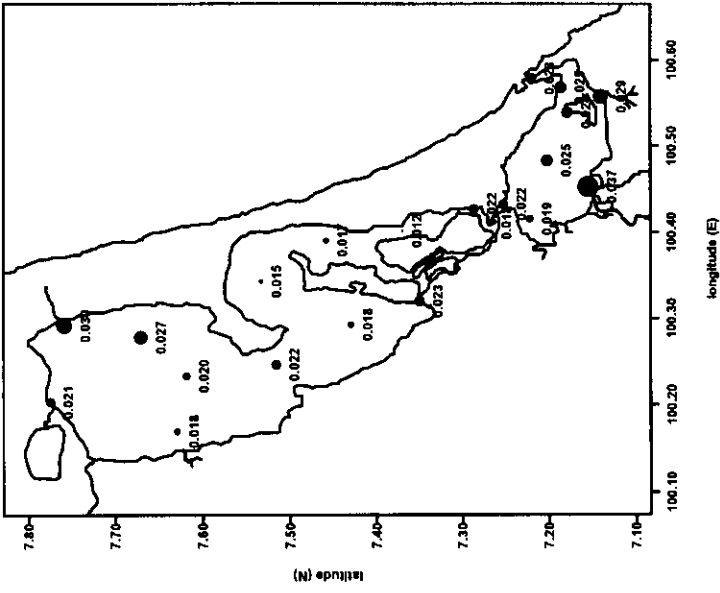
พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	301	0.001-0.118	0.030 $\pm$ 0.024	0.028 $\pm$ 0.030	0.023 $\pm$ 0.018	0.027 $\pm$ 0.026
ทะเลสาบตอนกลาง	377	0.001-0.249	0.034 $\pm$ 0.024	0.022 $\pm$ 0.021	0.019 $\pm$ 0.014	0.024 $\pm$ 0.021
ทะเลสาบตอนนอก	360	0.002-0.135	0.027 $\pm$ 0.025	0.021 $\pm$ 0.022	0.026 $\pm$ 0.020	0.024 $\pm$ 0.023
ตลอดการศึกษา	1038	0.001-0.249	0.030 $\pm$ 0.024	0.023 $\pm$ 0.024	0.023 $\pm$ 0.018	



(ก) กุดแล้ง



(ข) กุดฝนน้อย



(ค) กุดฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือน ธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

### 3.4 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสในอนุภาค

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคมีค่าอยู่ในช่วง 0.001 - 0.332 มก./ล. ในทะเลหลวงพบสูงสุด เฉลี่ย  $0.059 \pm 0.054$  มก./ล. และทะเลสาบตอนกลางต่ำสุด เฉลี่ย  $0.038 \pm 0.033$  มก./ล. (ตาราง 3 - 10 )

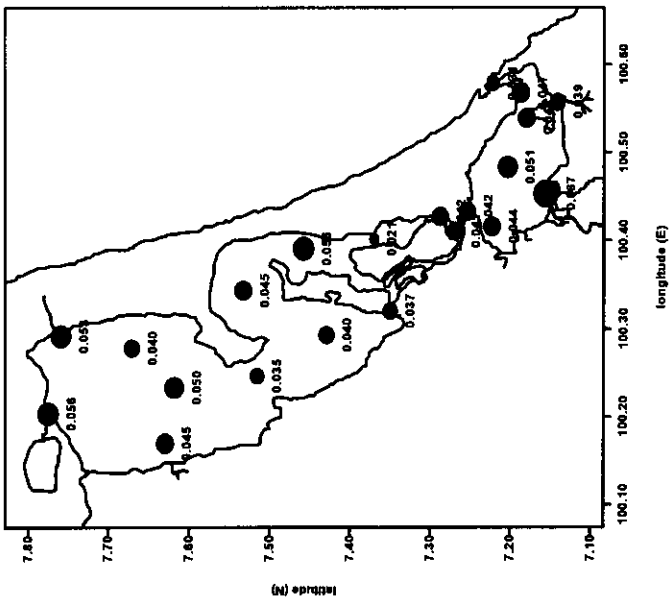
ภาพประกอบ 3 - 12 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในอนุภาคแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) ในทะเลสาบตอนนอก และสถานีปากคลองระโนด (ST1) ในทะเลหลวงมีแนวโน้มพบมีค่าสูงกว่าสถานีอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยแต่ละฤดูอยู่ในช่วง 0.067 - 0.084 และ 0.052 - 0.102 มก./ล. ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 10 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่ก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,1000} = 10.61, P < 0.05$ ) ส่วนฤดูกาลไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,1000} = 1.61, P > 0.05$ ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,1000} = 12.53, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 10 และภาพประกอบ 3 - 12 )

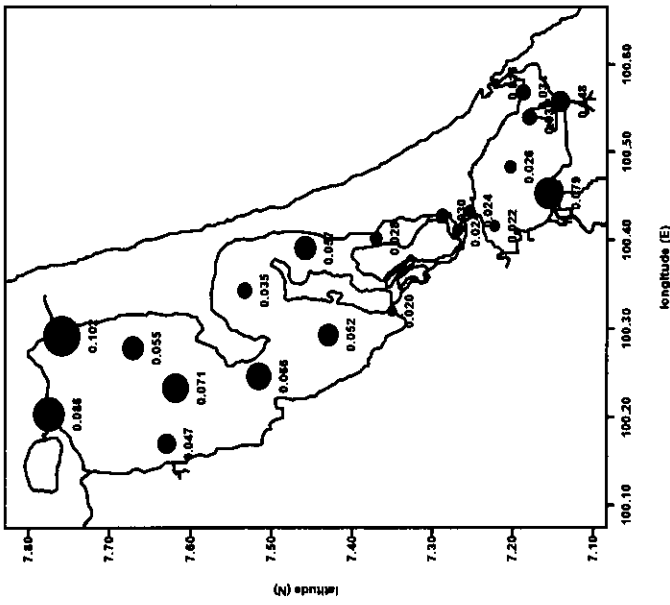
สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีในทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในรอบปีค่อนข้างเหมือนกัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากเดือนมกราคม แล้วมีค่าสูงสุดในรอบปีในช่วงกลางปี หลังจากนั้นความเข้มข้นจะลดลง ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนนอกมีแนวโน้มสูงขึ้นหลังจากเดือนเมษายน แล้วมีค่าสูงสุดในรอบปีในช่วงปลายปี (ภาพประกอบ ง - 10 ในภาคผนวก ง)

ตาราง 3 - 10 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

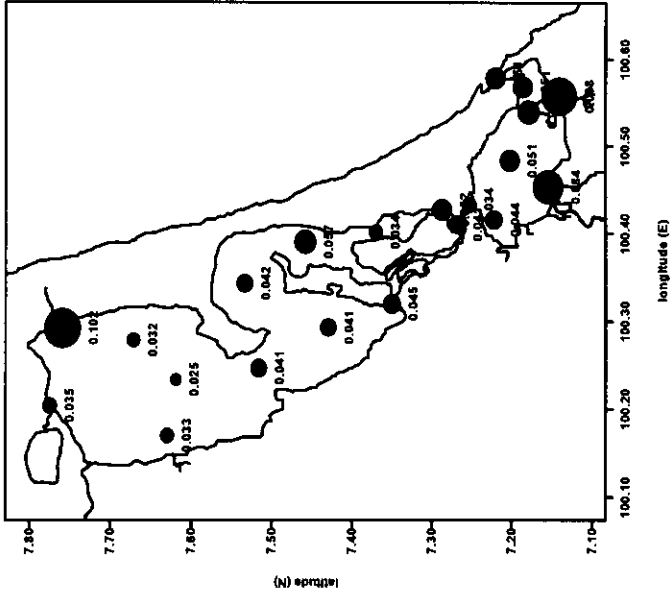
พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	297	0.002-0.331	$0.046 \pm 0.035$	$0.072 \pm 0.060$	$0.047 \pm 0.050$	$0.059 \pm 0.054$
ทะเลสาบตอนกลาง	360	0.001-0.258	$0.041 \pm 0.031$	$0.033 \pm 0.035$	$0.043 \pm 0.029$	$0.037 \pm 0.033$
ทะเลสาบตอนนอก	352	0.001-0.332	$0.046 \pm 0.042$	$0.036 \pm 0.040$	$0.062 \pm 0.044$	$0.045 \pm 0.043$
ตลอดการศึกษา	1009	0.001-0.332	$0.044 \pm 0.036$	$0.046 \pm 0.048$	$0.051 \pm 0.042$	



(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูฝนน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 12 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในอนุภาคในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)

### 3.5 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสรวม

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.008 - 0.702 มก./ล. ในทะเลหลวงพบสูงสุดเฉลี่ย  $0.089 \pm 0.063$  มก./ล. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทะเลสาบตอนนอก ส่วนทะเลสาบตอนกลางมีค่าต่ำสุด เฉลี่ย  $0.063 \pm 0.045$  มก./ล. (ตาราง 3 - 11)

ภาพประกอบ 3 - 13 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสรวมแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า สถานีปากคลองอู่ตะเภา (ST10) สถานีปากคลองพระวง (ST12) ในทะเลสาบตอนนอก และสถานีปากคลองระโนด (ST1) ในทะเลหลวงพบมีค่าสูงกว่าสถานีอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยแต่ละฤดูอยู่ในช่วง 0.119 - 0.186, 0.084 - 0.150 และ 0.095 - 0.147 มก./ล. ตามลำดับ

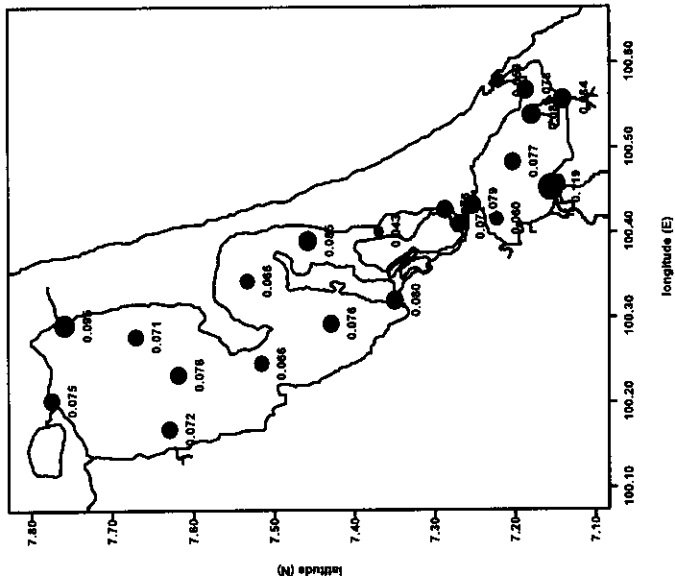
ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 11 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่ก่อให้เกิดความแตกต่างต่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,1000} = 12.59, P < 0.05$ ) ส่วนฤดูกาลมีอิทธิพลอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $F_{2,1000} = 0.43, P > 0.05$ ) จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,1000} = 7.86, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 11 และภาพประกอบ 3 - 13 )

ส่วนการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีในทะเลหลวงและทะเลสาบตอนกลางมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในรอบปีค่อนข้างเหมือนกัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากเดือนมกราคม จนกระทั่งมีค่าสูงสุดในรอบปีในช่วงกลางปี หลังจากนั้นความเข้มข้นจะลดลง ส่วนสถานีในทะเลสาบตอนนอกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น 2 ช่วง คือ ช่วงเดือนเมษายน - พฤษภาคม และช่วงเดือนตุลาคม - มกราคม (ภาพประกอบ ค - 11 ในภาคผนวก ค )

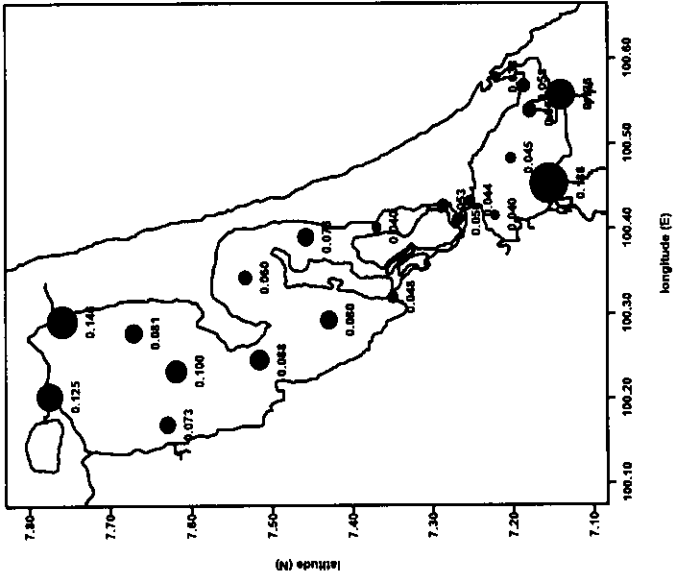
ตาราง 3 - 11 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึง เดือนธันวาคม 2546

(หน่วย : มก./ล.)

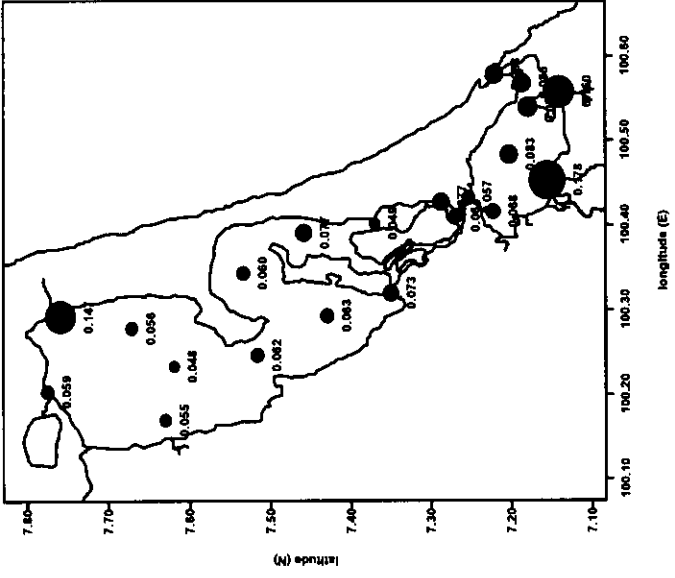
พื้นที่	จำนวนข้อมูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการ ศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	309	0.014 - 0.364	$0.076 \pm 0.038$	$0.103 \pm 0.070$	$0.074 \pm 0.061$	$0.089 \pm 0.063$
ทะเลสาบตอนกลาง	375	0.008-0.334	$0.074 \pm 0.044$	$0.056 \pm 0.050$	$0.066 \pm 0.034$	$0.063 \pm 0.045$
ทะเลสาบตอนนอก	375	0.008-0.702	$0.081 \pm 0.062$	$0.079 \pm 0.093$	$0.106 \pm 0.064$	$0.086 \pm 0.080$
ตลอดการศึกษา	1059	0.008-0.702	$0.077 \pm 0.049$	$0.078 \pm 0.076$	$0.082 \pm 0.057$	



(ก) ฤดูแล้ง



(ข) ฤดูฝนน้อย



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 13 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสรวมแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546  
 (หน่วย : มก./ล.)



#### 4. การแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส

สัดส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในช่วง 1 - 862 : 1 โดยทะเลสาบตอนกลาง พบสูงสุด เฉลี่ย  $71 \pm 77 : 1$  ส่วนทะเลหลวงและทะเลสาบตอนนอกมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย เฉลี่ย  $55 \pm 81 : 1$  และ  $57 \pm 80 : 1$  ตามลำดับ (ตาราง 3 - 12 )

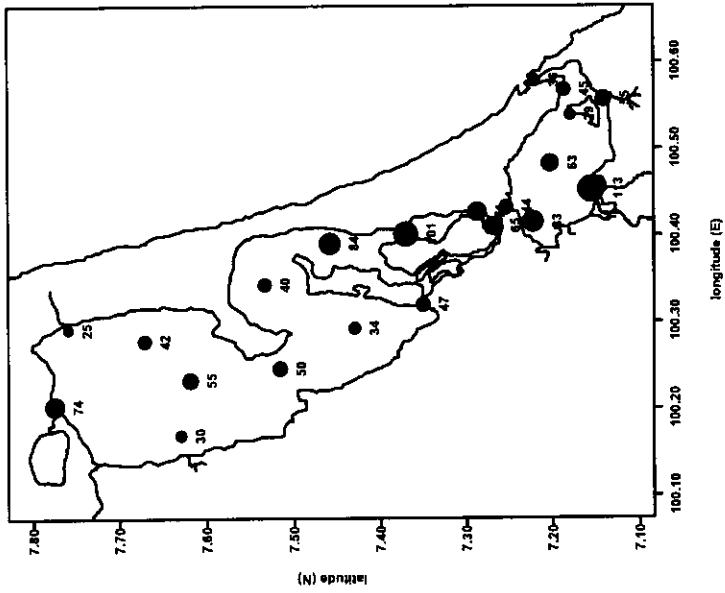
ภาพประกอบ 3 - 14 แสดงสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนชุก พบว่า ส่วนใหญ่แล้วแต่ละสถานีมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 40 - 80 : 1 ซึ่งสถานีในทะเลสาบตอนกลางมีแนวโน้มสูงกว่าสถานีในทะเลหลวงและทะเลสาบตอนนอก โดยเฉพาะในฤดูฝนน้อย

ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง ข - 12 ในภาคผนวก ข) พบว่า พื้นที่และฤดูกาลก่อให้เกิดความแตกต่างต่อสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลาอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{2,2022} = 4.10, P < 0.05$  และ  $F_{2,2022} = 8.14, P < 0.05$  ตามลำดับ) แต่จากการที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $F_{4,2022} = 7.04, P < 0.05$ ) แสดงว่า ผลที่เกิดจากฤดูกาลจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของทะเลสาบสงขลา (ตาราง 3 - 12 และภาพประกอบ 3 - 14 )

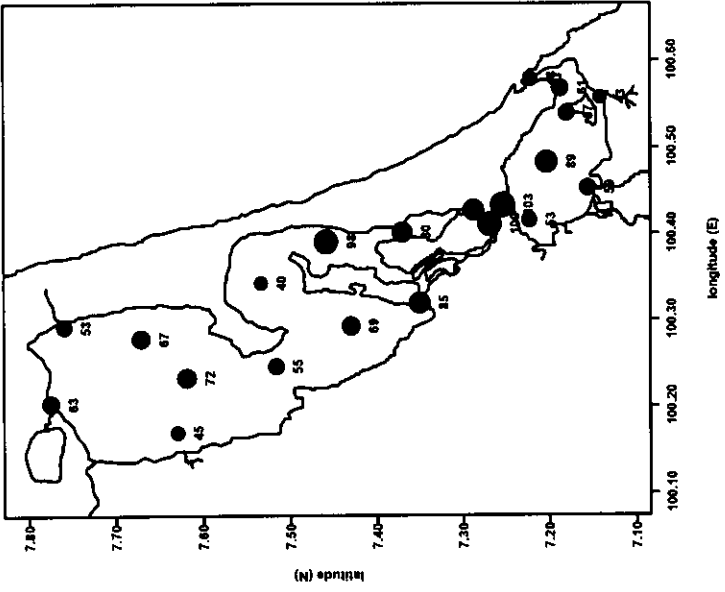
ส่วนการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสแต่ละสถานีในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีค่าคงที่เกือบตลอดทั้งปี ยกเว้นช่วงปี 2543 - 2546 เช่นเดียวกับสถานีในทะเลสาบตอนกลางแต่ช่วงเดือนพฤษภาคม - กันยายนสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่สถานีในทะเลสาบตอนกลางเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่ในทะเลสาบตอนนอกแต่ละสถานีมีรูปแบบค่อนข้างแตกต่างกัน (ภาพประกอบ ค - 12 ในภาคผนวก ค)

ตาราง 3 - 12 สัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลา(ในรูปอะตอม) (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึง เดือนธันวาคม 2546

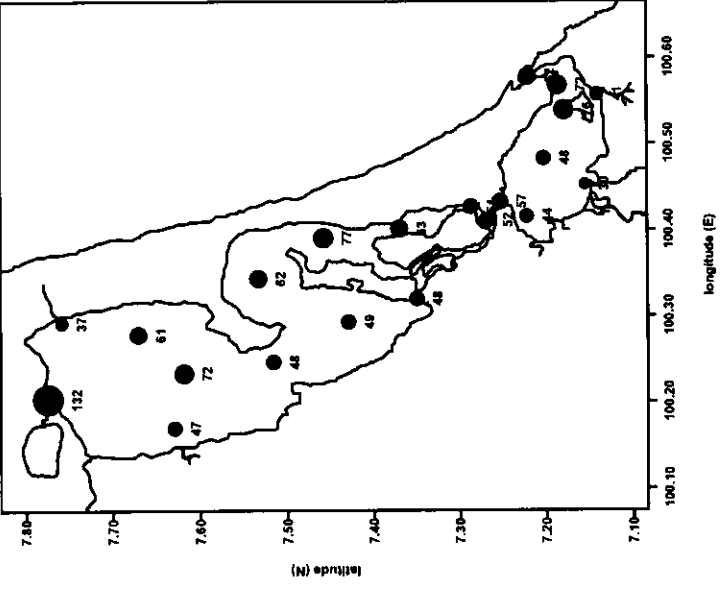
พื้นที่	จำนวนข้อ มูล	พิสัย	ฤดู			ตลอดการ ศึกษา
			แล้ง	ฝนน้อย	ฝนชุก	
ทะเลหลวง	517	2 - 862	$46 \pm 57$	$59 \pm 95$	$59 \pm 68$	$55 \pm 81$
ทะเลสาบตอนกลาง	723	1 - 522	$55 \pm 54$	$86 \pm 89$	$53 \pm 57$	$71 \pm 77$
ทะเลสาบตอนนอก	791	1 - 802	$57 \pm 93$	$59 \pm 82$	$54 \pm 59$	$57 \pm 80$
ตลอดการศึกษา	2031	1 - 862	$53 \pm 73$	$69 \pm 89$	$55 \pm 61$	



(ก) จุดแล้ง



(ข) จุดฝนน้อย



(ค) จุดฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 14 สัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือน ธันวาคม 2546

## 5. สภาวะยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลา

### 5.1 สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและความสัมพันธ์กับฤดูกาล

ทะเลหลวงเกิดยูโทรฟิเคชัน (88.4%) มากกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน (11.6%) อย่างมีนัยสำคัญ ( $\lambda = 304.9, P < 0.05$ ) ขณะที่ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอกเกิดยูโทรฟิเคชันน้อยกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชันอย่างมีนัยสำคัญ ( $\lambda = 79.0, P < 0.05$  และ  $\lambda = 730.8, P < 0.05$  ตามลำดับ) โดยทะเลสาบตอนกลางเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน 33.6 และ 66.4% ตามลำดับ ส่วนทะเลสาบตอนนอกเกิดยูโทรฟิเคชัน 34.9% ไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน 65.1% (ตาราง 3 - 13)

ตาราง 3 - 14 แสดงสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่จำแนกตามฤดูกาล พบว่า สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลหลวงไม่สัมพันธ์กับฤดูกาล ( $\lambda = 1.7, P > 0.05$ ) โดยแต่ละฤดูเกิดยูโทรฟิเคชัน 85.1 - 89.6% และไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน 10.4 - 14.9% ขณะที่สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบตอนกลางและทะเลสาบตอนนอกมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล ( $\lambda = 36.2, P < 0.05$  และ  $\lambda = 19.8, P < 0.05$  ตามลำดับ) ซึ่งพบว่า สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันในฤดูฝนชุกมีค่าสูงกว่าฤดูแล้งและฤดูฝนน้อยอย่างเห็นได้ชัด สำหรับสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันแต่ละสถานีในฤดูแล้ง ฤดูฝนน้อย และฤดูฝนได้แสดงไว้ในภาพประกอบ 3 - 15 พบว่า สถานีในทะเลหลวงมีสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันสูงทุกสถานีและมีสัดส่วนใกล้เคียงในแต่ละฤดู ส่วนทะเลสาบตอนกลาง พบว่า สถานี ST4 มีสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันสูงกว่าสถานีอื่นๆ ในพื้นที่เดียวกัน สำหรับทะเลสาบตอนนอกแม้ว่าทุกสถานีมีสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันน้อยกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชันและแต่ละฤดูสถานีต่างๆ เกิดยูโทรฟิเคชันไม่เหมือนกัน แต่ส่วนใหญ่มีสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันเพิ่มขึ้นในฤดูฝนชุก (ยกเว้นสถานีปากคลองพะวง (ST12) ที่มีสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันสูงกว่าไม่เกิดยูโทรฟิเคชันทุกฤดู)

### 5.2 คุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน

ตาราง 3 - 15 แสดงค่าคุณภาพน้ำเมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่ พบว่า เมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันทะเลสาบสงขลาทุกพื้นที่มีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ ฟอสฟอรัสรวม และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำสูงกว่าเมื่อไม่เกิดยูโทรฟิเคชันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ในขณะที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียและค่าความโปร่งใสมีค่าต่ำ

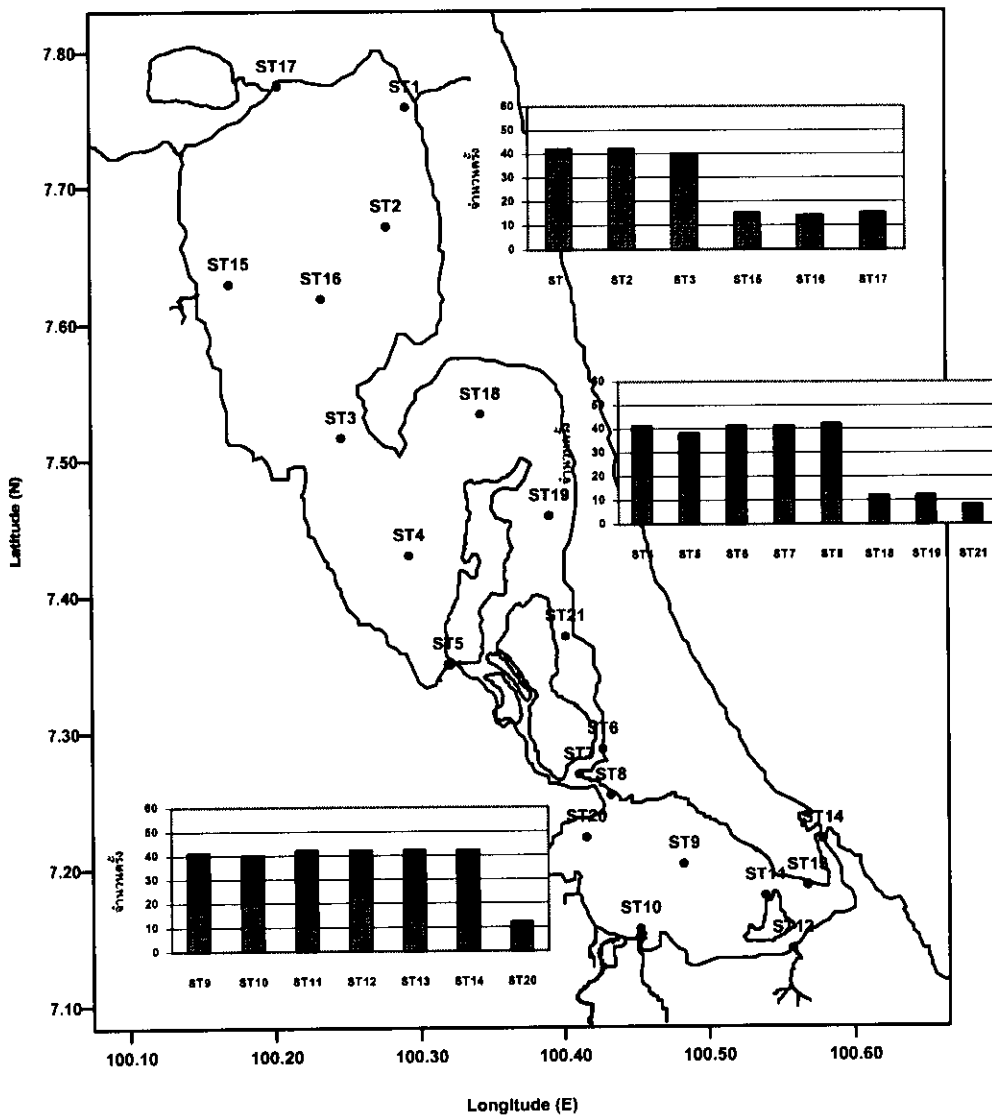
กว่าอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลาทุกพื้นที่เมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันมีค่าผันแปร และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ )

ตาราง 3 - 13 สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลา ระหว่าง เดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546

พื้นที่	จำนวนข้อ	เกิดยูโทรฟิเคชัน	ไม่เกิดยูโทรฟิ	ไควสแควร์ (P-value)
	มูล	(%)	เคชัน (%)	
ทะเลหลวง	517	88.4	11.6	304.6 (0.001)
ทะเลสาบตอนกลาง	735	33.6	66.4	79.0 (0.001)
ทะเลสาบตอนนอก	813	34.9	65.1	730.8 (0.001)
รวมทั้งทะเลสาบ	2065	47.8	52.2	

ตาราง 3 - 14 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันกับฤดูกาลในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546

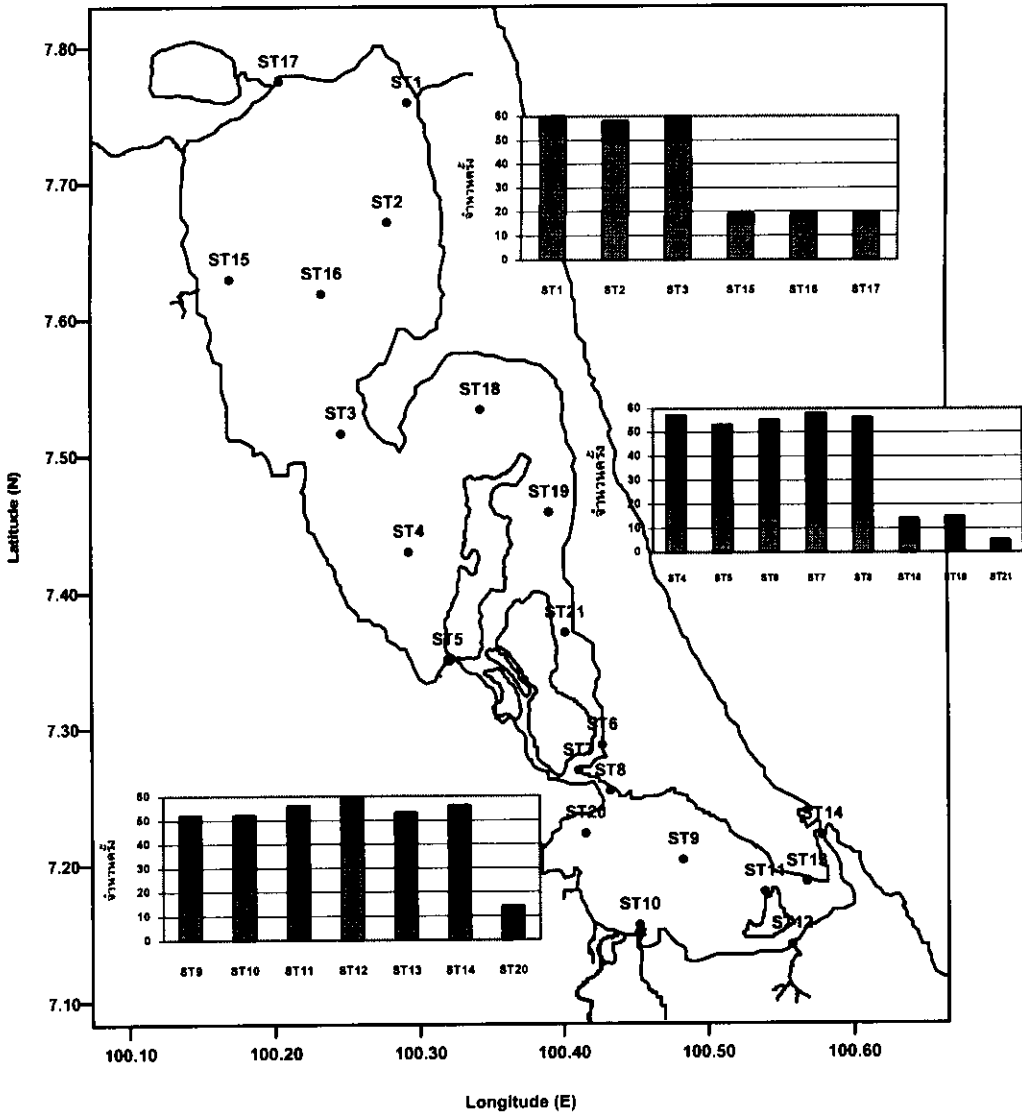
พื้นที่	ฤดู	จำนวนข้อ	เกิดยูโทรฟิเค	ไม่เกิดยูโทร	ไควสแควร์ (P-value)
		มูล	ชัน (%)	ฟิเคชัน (%)	
ทะเลหลวง	แล้ง	121	85.1	14.9	1.7
	ฝนน้อย	269	89.6	10.4	(0.432)
	ฝนชุก	127	89.0	11.0	
ทะเลสาบตอนกลาง	แล้ง	168	28.0	72.0	36.2
	ฝนน้อย	381	27.3	72.7	(0.001)
	ฝนชุก	186	51.6	48.4	
ทะเลสาบตอนนอก	แล้ง	187	32.6	67.4	19.8
	ฝนน้อย	425	29.9	70.1	(0.001)
	ฝนชุก	201	47.8	52.2	



(ก) ฤดูแล้ง

ภาพประกอบ 3 -15 สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546

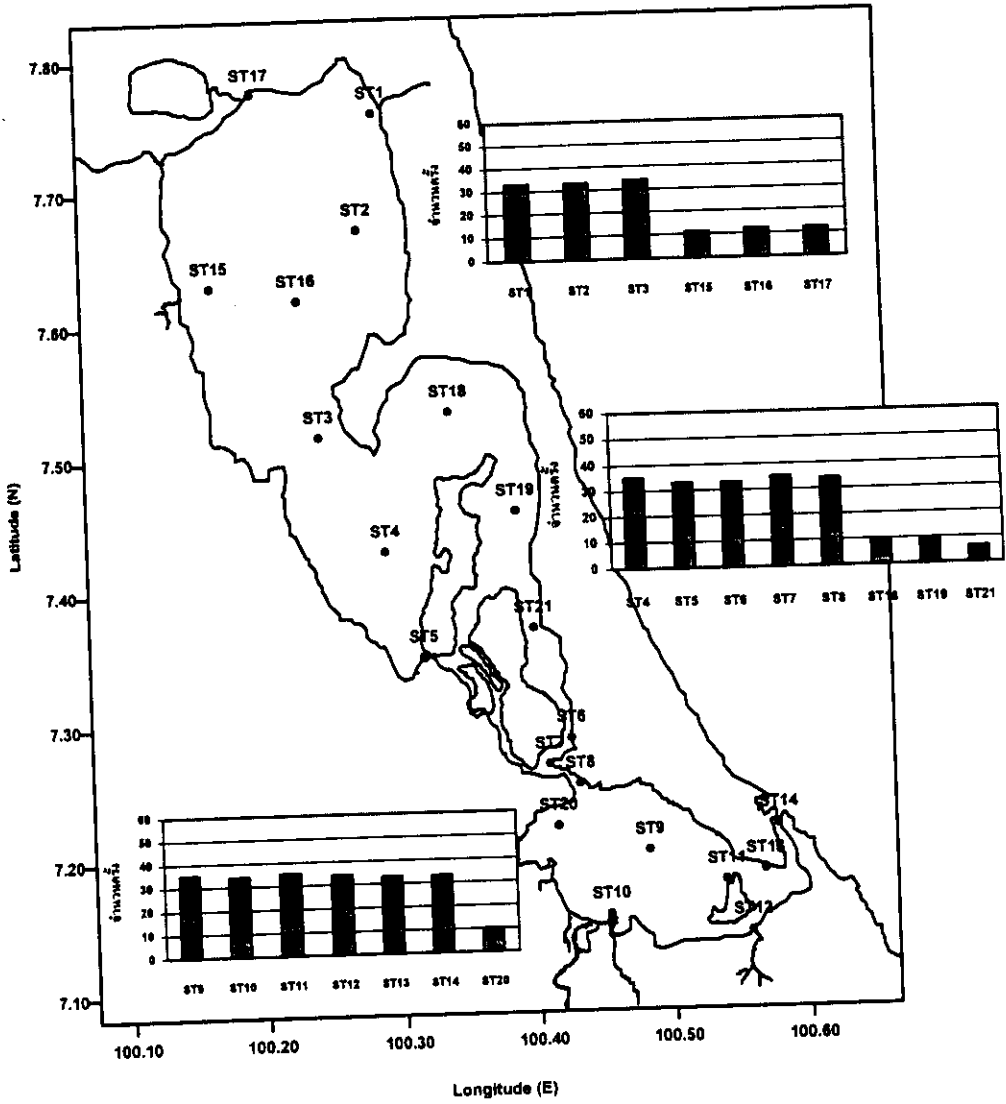
ไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน  
 เกิดยูโทรฟิเคชัน



(ข) ฤดูฝนน้อย

ภาพประกอบ 3 -15 (ต่อ)

ไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน  
 เกิดยูโทรฟิเคชัน



(ค) ฤดูฝนชุก

ภาพประกอบ 3 - 15 (ต่อ)

ไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน  
 เกิดยูโทรฟิเคชัน

ตาราง 3 - 15 ค่าคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาในแต่ละพื้นที่เมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และ ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (S = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ, NS = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ)

คุณภาพน้ำ	ทะเลหลวง			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	เกิดยูโทรฟิเคชัน	ไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน	ความแตกต่างทางสถิติ	เกิดยูโทรฟิเคชัน	ไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน	ความแตกต่างทางสถิติ	เกิดยูโทรฟิเคชัน	ไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน	ความแตกต่างทางสถิติ
คลอโรฟิลล์เอ (มก./ล.)	39.9 $\pm$ 27.3	6.3 $\pm$ 2.4	S	21.4 $\pm$ 12.2	4.9 $\pm$ 2.4	S	22.1 $\pm$ 16.9	5.0 $\pm$ 2.2	S
ออกซิเจนละลาย (%จุดอิ่มตัว)	102 $\pm$ 25	86 $\pm$ 23	NS	94 $\pm$ 17	92 $\pm$ 13	S	90 $\pm$ 22	84 $\pm$ 19	S
พีเอช	8.0 $\pm$ 0.8	7.4 $\pm$ 1.2	S	7.6 $\pm$ 0.5	7.6 $\pm$ 0.5	NS	7.6 $\pm$ 0.5	7.7 $\pm$ 0.5	NS
ความโปร่งใส (ม.)	0.37 $\pm$ 0.24	0.56 $\pm$ 0.34	S	0.42 $\pm$ 0.31	0.68 $\pm$ 0.40	S	0.52 $\pm$ 0.31	0.65 $\pm$ 0.37	S
ความเค็ม	1.2 $\pm$ 1.8	1.6 $\pm$ 2.1	NS	4.2 $\pm$ 6.2	9.2 $\pm$ 8.2	S	13.4 $\pm$ 11.5	18.8 $\pm$ 11.7	NS
ไนโตรเจน+ไนเตรท (มก./ล.)	0.026 $\pm$ 0.029	0.033 $\pm$ 0.025	NS	0.037 $\pm$ 0.036	0.047 $\pm$ 0.046	S	0.143 $\pm$ 0.285	0.137 $\pm$ 0.313	NS
แอมโมเนียรวม (มก./ล.)	0.036 $\pm$ 0.057	0.048 $\pm$ 0.069	S	0.032 $\pm$ 0.028	0.039 $\pm$ 0.041	S	0.158 $\pm$ 0.339	0.117 $\pm$ 0.238	S
ไนโตรเจนอินทรีย์ (มก./ล.)	0.062 $\pm$ 0.067	0.080 $\pm$ 0.073	NS	0.068 $\pm$ 0.055	0.064 $\pm$ 0.073	S	0.305 $\pm$ 0.520	0.256 $\pm$ 0.491	NS
ไนโตรเจนอินทรีย์ (มก./ล.)	0.38 $\pm$ 0.14	0.29 $\pm$ 0.07	S	0.24 $\pm$ 0.11	0.29 $\pm$ 0.14	NS	0.40 $\pm$ 0.34	0.25 $\pm$ 0.10	S
ไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค (มก./ล.)	0.30 $\pm$ 0.19	0.15 $\pm$ 0.07	S	0.18 $\pm$ 0.10	0.08 $\pm$ 0.07	NS	0.15 $\pm$ 0.13	0.09 $\pm$ 0.10	NS
ไนโตรเจนรวม (มก./ล.)	0.74 $\pm$ 0.30	0.52 $\pm$ 0.08	S	0.46 $\pm$ 0.18	0.42 $\pm$ 0.16	NS	0.46 $\pm$ 0.18	0.42 $\pm$ 0.16	NS
ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (มก./ล.)	0.006 $\pm$ 0.005	0.004 $\pm$ 0.004	S	0.007 $\pm$ 0.008	0.004 $\pm$ 0.005	S	0.024 $\pm$ 0.043	0.019 $\pm$ 0.037	S
ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (มก./ล.)	0.027 $\pm$ 0.024	0.021 $\pm$ 0.020	NS	0.027 $\pm$ 0.024	0.021 $\pm$ 0.020	NS	0.028 $\pm$ 0.028	0.022 $\pm$ 0.019	S
ฟอสฟอรัสในอนุภาค (มก./ล.)	0.06 $\pm$ 0.06	0.03 $\pm$ 0.02	S	0.04 $\pm$ 0.03	0.02 $\pm$ 0.02	S	0.06 $\pm$ 0.04	0.04 $\pm$ 0.04	NS
ฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.)	0.09 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.03	S	0.09 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.04	S	0.11 $\pm$ 0.09	0.08 $\pm$ 0.07	S
สัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส	50 $\pm$ 70	88 $\pm$ 85	NS	48 $\pm$ 60	83 $\pm$ 82	S	65 $\pm$ 98	55 $\pm$ 70	S



## 6. ธาตุอาหารที่จำกัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในทะเลสาบสงขลา

### 6.1 สัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัด

ในทะเลหลวงเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดใกล้เคียงกัน คือ 46.7 และ 53.3% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $\lambda = 2.1, P > 0.05$ ) ขณะที่ทะเลสาบตอนกลางสัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัด (56.7%) มากกว่าธาตุอาหารไม่จำกัด (43.3%) อย่างมีนัยสำคัญ ( $\lambda = 12.2, P < 0.05$ ) ส่วนทะเลสาบตอนนอกสัดส่วนการเกิดธาตุอาหารไม่จำกัด (67%) น้อยกว่าธาตุอาหารจำกัด (33%) อย่างมีนัยสำคัญ ( $\lambda = 86.8, P < 0.05$ ) (ตาราง 3 - 16)

ตาราง 3 - 16 สัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546

พื้นที่	จำนวนข้อมูล	ธาตุอาหารจำกัด (%)	ธาตุอาหารไม่จำกัด (%)	ไคร์สแควร์(P-value)
ทะเลหลวง	490	46.7	53.3	2.1 (0.148)
ทะเลสาบตอนกลาง	681	56.7	43.3	12.2 (0.001)
ทะเลสาบตอนนอก	749	33.0	67.0	86.8 (0.001)
รวมทั้งทะเลสาบ	1920	44.9	55.1	

### 6.2 ธาตุอาหารจำกัดในทะเลสาบสงขลา

แต่ละพื้นที่พบฟอสฟอรัสจำกัดสูงถึง 92.1 - 99.0% ของการเกิดธาตุอาหารจำกัดในแต่ละพื้นที่ ขณะที่ไนโตรเจนจำกัดพบเพียง 1.0 - 7.9% เท่านั้น ซึ่งทุกพื้นที่มีสัดส่วนการเกิดฟอสฟอรัสจำกัดมากกว่าไนโตรเจนจำกัดอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) (ตาราง 3 - 17)

ตาราง 3 - 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัดกับฤดูกาล พบว่า สัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัดในทะเลหลวงมีความสัมพันธ์กับฤดูกาล ( $\lambda = 7.6, P < 0.05$ ) โดยในฤดูแล้งเกิดไนโตรเจนจำกัด 16.7% ขณะที่ฤดูฝนน้อยและฤดูฝนชุกเกิดไนโตรเจนจำกัดเพียง 5.2 และ 5% ตามลำดับสำหรับฟอสฟอรัส พบว่า ฤดูแล้ง ทะเลหลวงเกิดฟอสฟอรัสจำกัด 83.3% ขณะที่ฤดูฝนน้อยและฤดูฝนชุกเกิดฟอสฟอรัสจำกัด 94.8 และ 95% ตามลำดับ

ในทะเลสาบตอนกลางสัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัดไม่สัมพันธ์กับฤดูกาล ( $\lambda = 0.2, P > 0.05$ ) ซึ่งแต่ละฤดูเกิดไนโตรเจนจำกัด 0.9 - 1.5% และฟอสฟอรัสจำกัด 98.5 - 99.1% เช่นเดียวกับทะเลสาบตอนนอกที่สัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัดไม่สัมพันธ์กับฤดูกาล ( $\lambda = 0.2, P > 0.05$ ) โดยแต่ละฤดูเกิดไนโตรเจนจำกัด 3.1 - 4.7% และฟอสฟอรัสจำกัด 95.4 - 96.9%

ตาราง 3 - 17 สัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัดในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546

พื้นที่	ชุดข้อมูล	ไนโตรเจนจำกัด	ฟอสฟอรัสจำกัด	ไควสแควร์ (P-value)
		(%)	(%)	
ทะเลหลวง	229	7.9	92.1	162.7 (0.001)
ทะเลสาบตอนกลาง	386	1.0	99.0	355.5 (0.001)
ทะเลสาบตอนนอก	247	3.6	96.4	212.3 (0.001)
รวมทั้งทะเลสาบ	862	3.6	96.4	742.5 (0.001)

ตาราง 3 - 18 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัดกับฤดูกาลในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546

พื้นที่	ฤดู	ชุดข้อมูล	ธาตุอาหารจำกัด (%)		ไควสแควร์ (P-value)
			ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	
ทะเลหลวง	แล้ง	54	16.7	83.3	7.6 (0.023)
	ฝนน้อย	115	5.2	94.8	
	ฝนชุก	60	5	95.0	
ทะเลสาบตอนกลาง	แล้ง	68	1.5	98.5	0.2 (0.917)
	ฝนน้อย	225	0.9	99.1	
	ฝนชุก	93	1.1	98.9	
ทะเลสาบตอนนอก	แล้ง	65	3.1	96.9	0.2 (0.912)
	ฝนน้อย	139	3.6	96.4	
	ฝนชุก	43	4.7	95.4	

### 6.3 คุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาเมื่อเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัด

การศึกษาในครั้งนี้สนใจศึกษาคุณภาพน้ำเมื่อเกิดฟอสฟอรัสจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดเท่านั้น ส่วนคุณภาพน้ำเมื่อเกิดไนโตรเจนจำกัดจะไม่นำมาพิจารณา ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนจำกัดในทะเลสาบสงขลาเกิดขึ้นน้อยมาก (เพียง 1.0 - 7.9% ของการเกิดธาตุอาหารจำกัดแต่ละพื้นที่) พบว่า เมื่อฟอสฟอรัสจำกัด ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ ในโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสในอนุภาค ฟอสฟอรัสรวม และสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลาทุกพื้นที่มีค่าต่ำกว่าเมื่อเกิดธาตุอาหารไม่จำกัดอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) สำหรับไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ พบว่า เมื่อเกิดฟอสฟอรัสจำกัด เฉพาะในพื้นที่ทะเลหลวงเท่านั้นที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าเมื่อเกิดธาตุอาหารไม่จำกัดอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ส่วนพื้นที่อื่นๆ มีความเข้มข้นสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) สำหรับค่าคุณภาพน้ำอื่นๆ เมื่อเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่แสดงไว้ในตาราง 3 - 19

### 7. ความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับธาตุอาหารรูปที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ได้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficients,  $r$ ) ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับไนโตรเจน + ไนเตรท แอมโมเนียรวม ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายในทะเลสาบสงขลาแต่ละพื้นที่ได้แสดงไว้ในตาราง 3 - 20 พบว่าคลอโรฟิลล์เอในทะเลหลวงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) กับแอมโมเนียรวมในทิศทางตรงข้ามกัน แต่มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) กับไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ

ทะเลสาบตอนกลาง พบว่า คลอโรฟิลล์เอมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) กับไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) กับแอมโมเนียรวม

ส่วนทะเลสาบตอนนอก พบว่า คลอโรฟิลล์เอมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) กับแอมโมเนียรวม ฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ และฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำ

ตาราง 3 - 19 ค่าคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาเมื่อฟอสฟอรัสจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัด (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (S = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ, NS = แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ)

คุณภาพน้ำ	ทะเลหลวง			ทะเลสาบตอนกลาง			ทะเลสาบตอนนอก		
	ธาตุอาหารไม่จำกัด	ฟอสฟอรัสจำกัด	ความแตกต่าง	ธาตุอาหารไม่จำกัด	ฟอสฟอรัสจำกัด	ความแตกต่าง	ธาตุอาหารไม่จำกัด	ฟอสฟอรัสจำกัด	ความแตกต่าง
คลอโรฟิลล์เอ (มก./ล.)	41.2 $\pm$ 30.8	29.6 $\pm$ 21.6	S	12.8 $\pm$ 11.6	8.2 $\pm$ 9.4	S	11.3 $\pm$ 13.6	9.5 $\pm$ 8.8	S
ออกซิเจนละลาย (%จุดอิ่มตัว)	100 $\pm$ 25	100 $\pm$ 25	NS	91 $\pm$ 15	94 $\pm$ 13	S	83 $\pm$ 22	90 $\pm$ 16	S
พีเอช	8.0 $\pm$ 0.8	7.9 $\pm$ 102	S	7.6 $\pm$ 0.5	7.7 $\pm$ 0.5	NS	7.6 $\pm$ 0.5	7.8 $\pm$ 0.3	S
ความโปร่งใส (ม.)	0.35 $\pm$ 0.23	0.46 $\pm$ 0.28	S	0.47 $\pm$ 0.39	0.70 $\pm$ 0.37	NS	0.55 $\pm$ 0.33	0.72 $\pm$ 0.36	NS
ความเค็ม	0.9 $\pm$ 1.4	1.8 $\pm$ 2.2	NS	5.4 $\pm$ 7.9	9.4 $\pm$ 7.8	NS	15.9 $\pm$ 12.4	19.7 $\pm$ 10.2	S
ไนโตรเจน+ไนเตรท (มก./ล.)	0.025 $\pm$ 0.023	0.029 $\pm$ 0.032	NS	0.048 $\pm$ 0.050	0.039 $\pm$ 0.035	S	0.180 $\pm$ 0.362	0.053 $\pm$ 0.068	S
แอมโมเนียรวม (มก./ล.)	0.035 $\pm$ 0.061	0.039 $\pm$ 0.056	NS	0.039 $\pm$ 0.045	0.034 $\pm$ 0.029	S	0.167 $\pm$ 0.304	0.040 $\pm$ 0.045	S
ไนโตรเจนอินทรีย์ (มก./ล.)	0.060 $\pm$ 0.070	0.068 $\pm$ 0.064	NS	0.087 $\pm$ 0.084	0.073 $\pm$ 0.050	S	0.347 $\pm$ 0.575	0.094 $\pm$ 0.096	S
ไนโตรเจนอินทรีย์ (มก./ล.)	0.40 $\pm$ 0.16	0.31 $\pm$ 0.08	S	0.27 $\pm$ 0.08	0.29 $\pm$ 0.15	S	0.27 $\pm$ 0.14	0.34 $\pm$ 0.34	S
ไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาค (มก./ล.)	0.32 $\pm$ 0.22	0.22 $\pm$ 0.12	S	0.09 $\pm$ 0.09	0.09 $\pm$ 0.07	NS	0.10 $\pm$ 0.11	0.11 $\pm$ 0.11	NS
ไนโตรเจนรวม (มก./ล.)	0.79 $\pm$ 0.34	0.59 $\pm$ 0.17	S	0.39 $\pm$ 0.13	0.43 $\pm$ 0.18	NS	0.72 $\pm$ 0.83	0.53 $\pm$ 0.51	S
ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (มก./ล.)	0.008 $\pm$ 0.006	0.002 $\pm$ 0.001	S	0.010 $\pm$ 0.007	0.002 $\pm$ 0.001	S	0.030 $\pm$ 0.045	0.002 $\pm$ 0.001	S
ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (มก./ล.)	0.027 $\pm$ 0.024	0.021 $\pm$ 0.020	NS	0.034 $\pm$ 0.026	0.017 $\pm$ 0.012	NS	0.026 $\pm$ 0.026	0.021 $\pm$ 0.013	S
ฟอสฟอรัสในอนุภาค (มก./ล.)	0.07 $\pm$ 0.06	0.05 $\pm$ 0.05	S	0.05 $\pm$ 0.04	0.03 $\pm$ 0.02	S	0.05 $\pm$ 0.05	0.03 $\pm$ 0.03	S
ฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.)	0.10 $\pm$ 0.07	0.08 $\pm$ 0.06	S	0.09 $\pm$ 0.05	0.05 $\pm$ 0.03	S	0.10 $\pm$ 0.08	0.06 $\pm$ 0.03	S
สัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส	20 $\pm$ 18	99 $\pm$ 90	S	24 $\pm$ 19	103 $\pm$ 85	S	31 $\pm$ 40	120 $\pm$ 109	S

ตาราง 3 - 20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับธาตุอาหารในน้ำ ธาตุอาหารในตะกอน และปริมาณน้ำฝนในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 - เดือนธันวาคม 2546

พื้นที่	ฤดู	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับ									
		ธาตุอาหารในน้ำ					ธาตุอาหารในตะกอน				
		NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub>	TAN	DON	DIP	DOP	NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub>	TAN	DIP	DIP	ฝน
ทะเลหลวง	แล้ง	-0.17(117)	-0.23*(117)	0.26(18)	-0.16(115)	0.26*(73)	-0.03(115)	0.18(111)	-0.16(115)		-0.17(22)
	ฝนน้อย	-0.09(262)	-0.12(265)	0.50*(35)	0.33*(261)	-0.14(145)	-0.01(268)	0.28*(266)	-0.18*(269)		0.03(51)
	ฝนชุก	-0.21(125)	-0.22(125)	0.74*(18)	0.01(122)	0.12(76)	0.08(127)	0.18*(127)	-0.14(127)		0.51*(23)
ทะเลสาบตอนกลาง	แล้ง	0.01(159)	-0.05(159)	0.38(23)	0.20*(161)	0.47*(87)	0.01(160)	-0.15(159)	0.20*(161)		-0.25(22)
	ฝนน้อย	-0.08(367)	-0.05(367)	0.06(48)	0.19*(369)	0.52(184)	-0.04(381)	0.09(378)	0.01(369)		0.32*(52)
ทะเลสาบตอนนอก	แล้ง	0.07(180)	-0.07(180)	0.50*(24)	0.19*(180)	0.50*(97)	-0.11(186)	0.21*(185)	-0.15*(186)		0.41*(24)
	ฝนน้อย	0.05(413)	0.29*(405)	0.15(41)	0.16*(401)	0.17*(174)	-0.05(425)	0.06(419)	-0.01(425)		0.05(52)
หมายเหตุ	ฝนชุก	-0.02(190)	-0.09(193)	-0.07(21)	-0.05(188)	-0.02(91)	0.08(195)	-0.06(194)	-0.13(188)		-0.05(24)

\* P < 0.05

ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงจำนวนข้อมูล