

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(13)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(16)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	19
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	19
2. วิธีการวิจัย	20
3. ผลการศึกษา	30
4. วิจารณ์ผล	67
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	79
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก	99
ประวัติผู้เขียน	140

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1 - 1 รูปของไนโตรเจนที่พบในน้ำ	4
1 - 2 รูปของฟอสฟอรัสที่พบในน้ำ	8
1 - 3 ธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชตามแหล่งน้ำต่างๆ และวิธีที่ใช้ศึกษา/ประเมิน	18
2 - 1 ตำแหน่งพิกัดสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลา	22
2 - 2 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ศึกษา	24
2 - 3 รูปแบบการเกิดธาตุอาหารจำกัดเมื่อใช้สัดส่วนไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ และความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำพร้อมกัน	29
3 - 1 ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	32
3 - 2 ความเข้มข้นของไนไตรท์ + ไนเตรทในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	33
3 - 3 ความเข้มข้นของแอมโมเนียรวม (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	35
3 - 4 ความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	37
3 - 5 ความเข้มข้นของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	39

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3 - 6 ความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	41
3 - 7 ความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	43
3 - 8 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	46
3 - 9 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	48
3 - 10 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546	50
3 - 11 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมในทะเลสาบสงขลา (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	52
3 - 12 สัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลา (ในรูปอะตอม) (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	54
3 - 13 สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	57
3 - 14 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน กับฤดูกาลในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	57

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3 - 15 ค่าคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาในแต่ละพื้นที่เมื่อเกิดยูโทรฟิเคชันและ ไม่เกิดยูโทรฟิเคชัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และความแตกต่าง ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (S= แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ, NS= แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ)	61
3 - 16 สัดส่วนการเกิดธาตุอาหารจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัดในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	62
3 - 17 สัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัดในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	63
3 - 18 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการเกิดไนโตรเจนจำกัดและฟอสฟอรัสจำกัด กับฤดูกาลในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	63
3 - 19 ค่าคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาเมื่อฟอสฟอรัสจำกัดและธาตุอาหารไม่จำกัด (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95% (S= แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ, NS= แตกต่างอย่าง ไม่มีนัยสำคัญ)	65
3 - 20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างคลอโรฟิลล์เอกับธาตุอาหารในน้ำ ธาตุอาหารในตะกอน และปริมาณน้ำฝนในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	66
ก - 1 ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยแต่ละเดือน(มม.)บริเวณทะเลสาบสงขลา	99
ข - 1 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้น ของคลอโรฟิลล์เอเนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และ พื้นที่ x ฤดูกาล	100
ข - 2 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้น ของไนโตรเจน + ไนเตรทเนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และ พื้นที่ x ฤดูกาล	100
ข - 3 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของ แอมโมเนียรวม เนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และ พื้นที่ x ฤดูกาล	100

## รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ข - 4 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และ พื้นที่ x ฤดูกาล	101
ข - 5 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และพื้นที่ x ฤดูกาล	101
ข - 6 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของอินทรีย์ในอนุภาคเนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และพื้นที่ x ฤดูกาล	101
ข - 7 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของไนโตรเจนรวม เนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และพื้นที่ x ฤดูกาล	102
ข - 8 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำเนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และพื้นที่ x ฤดูกาล	102
ข - 9 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำเนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และพื้นที่ x ฤดูกาล	102
ข - 10 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคเนื่องจากปัจจัย พื้นที่ ฤดูกาล และพื้นที่ x ฤดูกาล	103
ข - 11 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวม เนื่องจากปัจจัยพื้นที่ ฤดูกาล และพื้นที่ x ฤดูกาล	103
ข - 12 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย two - way ANOVA ของสัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเนื่องจากปัจจัยพื้นที่ ฤดูกาล และพื้นที่ x ฤดูกาล	103

## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 - 1 วัฏจักรของไนโตรเจนในแหล่งน้ำกร่อย	7
1 - 2 วัฏจักรของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำกร่อย	9
1 - 3 การแบ่งทะเลสาบสงขลาและสภาพทั่วไปบริเวณทะเลสาบสงขลา	11
2 - 1 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีเก็บตัวอย่างในทะเลสาบสงขลา	21
3 - 1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของคลอโรฟิลล์เอแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึง เดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	31
3 - 2 องค์ประกอบของไนโตรเจนในทะเลสาบสงขลาในปี 2546	32
3 - 3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรท์ + ไนเตรทแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	34
3 - 4 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียรวมแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	36
3 - 5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานี ในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	38
3 - 6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	40
3 - 7 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	42
3 - 8 ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนรวมแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	44
3 - 9 องค์ประกอบของฟอสฟอรัสในทะเลสาบสงขลาในปี 2546	45
3 - 10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีใน ทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	47

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3 - 11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	49
3 - 12 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในอนุภาคแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546 (หน่วย : มก./ล.)	51
3 - 13 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสรวมแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546	53
3 - 14 สัดส่วนไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเฉลี่ยแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	55
3 - 15 สัดส่วนการเกิดยูโทรฟิเคชันและไม่เกิดยูโทรฟิเคชันแต่ละสถานีในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	58
ค - 1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	104
ค - 2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจน+ไนเตรทในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	107
ค - 3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียรวมในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	110
ค - 4 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึง เดือนธันวาคม 2546	113
ค - 5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึง เดือนธันวาคม 2546	116
ค - 6 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนอินทรีย์ในอนุภาคในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546	119
ค - 7 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนรวมในรอบปีที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึงเดือนธันวาคม 2546	122

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ค - 8 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในรอบปี ที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	125
ค - 9 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสอินทรีย์ละลายน้ำในรอบปี ที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546	128
ค - 10 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอนุภาคในรอบปี ที่สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546	131
ค - 11 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสรวมในรอบปีที่ สถานี ST1 - ST21 ระหว่างเดือนมกราคม 2542 ถึงเดือนธันวาคม 2546	134
ค - 12 การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส(ในรูปอะตอม)ในรอบปี ที่สถานี ST1 - ST21ระหว่างเดือนมีนาคม 2535 ถึงเดือนธันวาคม 2546	137



### ตัวย่อและสัญลักษณ์

มก./ล.	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
มคก./ล.	=	ไมโครกรัมต่อลิตร
ม.	=	เมตร
มม./ปี	=	มิลลิเมตรต่อปี
มม.	=	มิลลิเมตร
มล.	=	มิลลิลิตร