

บทที่ 4

ผลการศึกษา

คุณภาพน้ำ

1. อุณหภูมิ(Temperature) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.5-34.4°C (ค่าเฉลี่ย $29.9 \pm 0.35^\circ\text{C}$) โดยพบว่ามีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และเดือนพฤศจิกายน 2551 ตามลำดับ (รูปที่ 4.1 ก)
2. ความเค็ม(Salinity) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษามีความเค็มอยู่ในช่วง 11.2-33.5 (ค่าเฉลี่ย 24.5 ± 1.02) โดยพบว่ามีค่าความเค็มสูงสุดและต่ำสุดในเดือนมีนาคมและเดือนกันยายน 2551 ตามลำดับ (รูปที่ 4.1 ข)
3. ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ(DO) ตลอดระยะเวลาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 2.6-11.9 mg/l (ค่าเฉลี่ย 6.58 ± 1.41 mg/l) โดยพบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดและต่ำสุดในเดือนมีนาคม 551 และเดือนตุลาคม โดยมีค่าเฉลี่ย ตามลำดับ (รูปที่ 4.2 ก)
- 1.4 ค่าความโปร่งแสง ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษามีค่าความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 0.2-2.8 m. (ค่าเฉลี่ย 1.32 ± 0.31 m.) โดยพบว่ามีค่าความโปร่งแสงสูงสุดและต่ำสุดในเดือนตุลาคม และเดือนสิงหาคม (รูปที่ 4.2 ข)

ปริมาณสารอาหาร

1. ปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนละลายน้ำ (DIN) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 10.7-425.9 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย 84.5 ± 53.3 $\mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนในโตรเจนละลายน้ำสูงสุดและต่ำสุดในเดือนเมษายน และสิงหาคม 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.3 ก)
2. ปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัสละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 3.8-51.6 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย 22.1 ± 7.4 $\mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนฟอสฟอรัสละลายน้ำสูงสุดและต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และพฤศจิกายน 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.3 ข)



3. ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 24.8-1613.8 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $269.9 \pm 96.2 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ สูงสุดและต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม 2550 และเมษายน 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.4 ก)

4. ปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.9-24.5 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $9.6 \pm 5.2 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ สูงสุดและต่ำสุดในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.4 ข)

5. ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่าอยู่ในช่วง 160.2-2066.5 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $547.1 \pm 217.1 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงสุดและต่ำสุดในเดือนกันยายน 2550 และตุลาคม 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.5 ก)

6. ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในช่วง 11.3-120.4 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $42.5 \pm 7.35 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงสุดและต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม และพฤศจิกายน 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.5 ข)

7. ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll a) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-6.35 $\mu\text{g/l}$ (ค่าเฉลี่ย $1.24 \pm 1.17 \mu\text{g/l}$) โดยพบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงสุดและต่ำสุดในเดือนกันยายน และกรกฎาคม 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.6 ก)

8. อัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนรวม (TN) และ ฟอสฟอรัสรวม (TP) ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมมีค่าอยู่ในช่วง 4.1-56.1 (ค่าเฉลี่ย 13.7 ± 7.5) โดยพบว่ามีอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมสูงสุดและต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2550 และตุลาคม 2551 โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ (รูปที่ 4.6 ข)

ปริมาณแพลงก์ตอนและการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

จากการศึกษาชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณหาดบางแสน-วอนนภา ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551 จากการศึกษาพบว่า

พบแพลงก์ตอนพืช 17 สกุล โดยพบโคอะตอมมากที่สุด 11 สกุล รองลงมาได้แก่ ไดโนแฟลกเจลเลต 5 สกุล และแพลงก์ตอนพืชสีเขียวแกมน้ำเงิน 1 สกุล แพลงก์ตอนพืชสกุลที่มีความหนาแน่นสูงได้แก่ *Chaetoceros* spp. *Lauderia* sp. *Ceratium furca* *Coscinodiscus* spp. และ

Thalassiothrix sp. ตามลำดับ สกุลที่พบเป็นประจำได้แก่ *Coscinodiscus* spp. *Chaetoceros* spp. *Thalassiothrix* sp. และ *Ceratium furca* ดังแสดงในตารางที่ 4.1 แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้แก่ ไคโนแฟลกเจลเลต สกุล *Ceratium furca* ความหนาแน่นเซลล์ที่ตรวจนับได้มากกว่า 3 แสนเซลล์ต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนกรกฎาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 1 – 2 วัน และไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. ความหนาแน่นที่ตรวจนับได้มากกว่า 8 พันสายต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนตุลาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงอยู่ในช่วง 1 – 5 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของแวตคา ทองระอา(2539) ที่ทำการศึกษากลุ่มแพลงก์ตอนพืช 2 กลุ่ม ได้แก่ ไดอะตอมและไคโนแฟลกเจลเลตบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงถึงศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืช *Ceratium* sp. เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วและเป็นแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นซึ่งพบ 98 เปอร์เซ็นต์ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด และประยูร สุระตระกูล (2531) ที่ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืช *Chaetoceros* sp. เป็นชนิดเด่น เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ของแหล่งน้ำได้ดี

ตารางที่ 4.1 แพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา จ.ชลบุรี ในระหว่างเดือนกรกฎาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551

Division	Class	Order	Family	Genus	
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.	
Chromophyta	Bacillariophyceae	Biddulphiales	Thalassiosiraceae	<i>Planktoniella sol</i>	
				<i>Lauderia</i> sp.	
			Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i> spp.	
			Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia</i> spp.	
			Chaetoceraceae	<i>Bacteriastrum</i> sp.	
				<i>Chaetoceros</i> spp.	
			Eupodiscaceae	<i>Odontella</i> sp.	
				<i>Triceratium</i> sp.	
			Bacillariales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema</i> sp.
					<i>Thalassiothrix</i> sp.
			Naviculaceae	<i>Pleurosigma</i> spp.	
		Dinophyceae	Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis</i> sp.
			Noctilucales	Noctilucaeae	<i>Noctiluca scintillans</i>
	Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Ceratium</i> sp.		
			<i>Ceratium furca</i>		
	Peridiniales	Protopteridiniaceae	<i>Protopteridium</i> sp.		

การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีทั้งสิ้นจำนวน 8 ครั้ง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 23 วัน โดยแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ได้แก่ ไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. ความหนาแน่นที่ตรวจนับได้มากกว่า 3 ล้านเซลล์ต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนมีนาคม เมษายน และตุลาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงอยู่ในช่วง 1 – 7 วัน ไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *Ceratium furca* ความหนาแน่นเซลล์ที่ตรวจนับได้มากกว่า 3 แสนเซลล์ต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 1 – 2 วัน และไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *Noctiluca scintillans* ความหนาแน่นเซลล์ที่ตรวจนับได้มากกว่าแสนเซลล์ต่อลิตร ส่งผลให้ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม 2551 น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียวอยู่ในช่วง 1 – 5 วัน

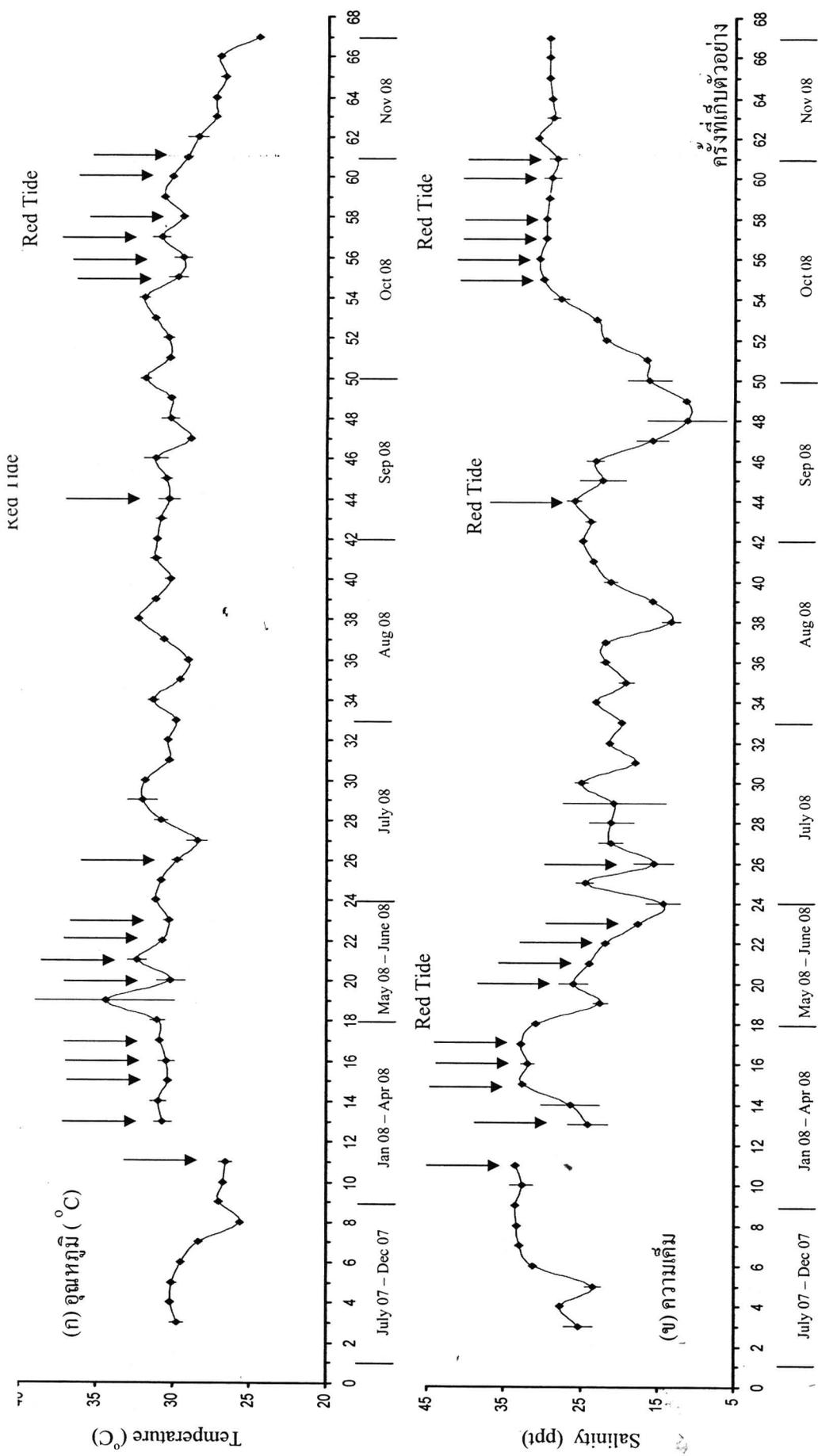
ตาราง.4.2. แสดงวันที่ จำนวนครั้ง ช่วงเวลา และแพลงก์ตอนชนิดที่เป็นสาเหตุของการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide)

วัน เดือน ปี	จำนวนครั้ง	ช่วงเวลา (วัน)	สาเหตุ
5 มีนาคม 2551	1	1-2	<i>Chaetoceros</i> spp.
4-9 เมษายน 2551	2	1-5	<i>Chaetoceros</i> spp.
5 เมษายน 2551			<i>Noctiluca scintillans</i>
22-23 พฤษภาคม 2551	1	1-5	<i>Noctiluca scintillans</i>
6 กรกฎาคม 2551	1	1-2	<i>Ceratium furca</i>
7 สิงหาคม 2551	1	1-2	<i>Ceratium furca</i>
13-19 ตุลาคม 2551	2	1-7	<i>Chaetoceros</i> spp.
26-30 ตุลาคม 2551			

โดยการบ่งบอกว่าเป็นปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีหรือไม่จะพิจารณาจากความหนาแน่นของเซลล์แพลงก์ตอนพืช โดยมีเกณฑ์ดังนี้คือ

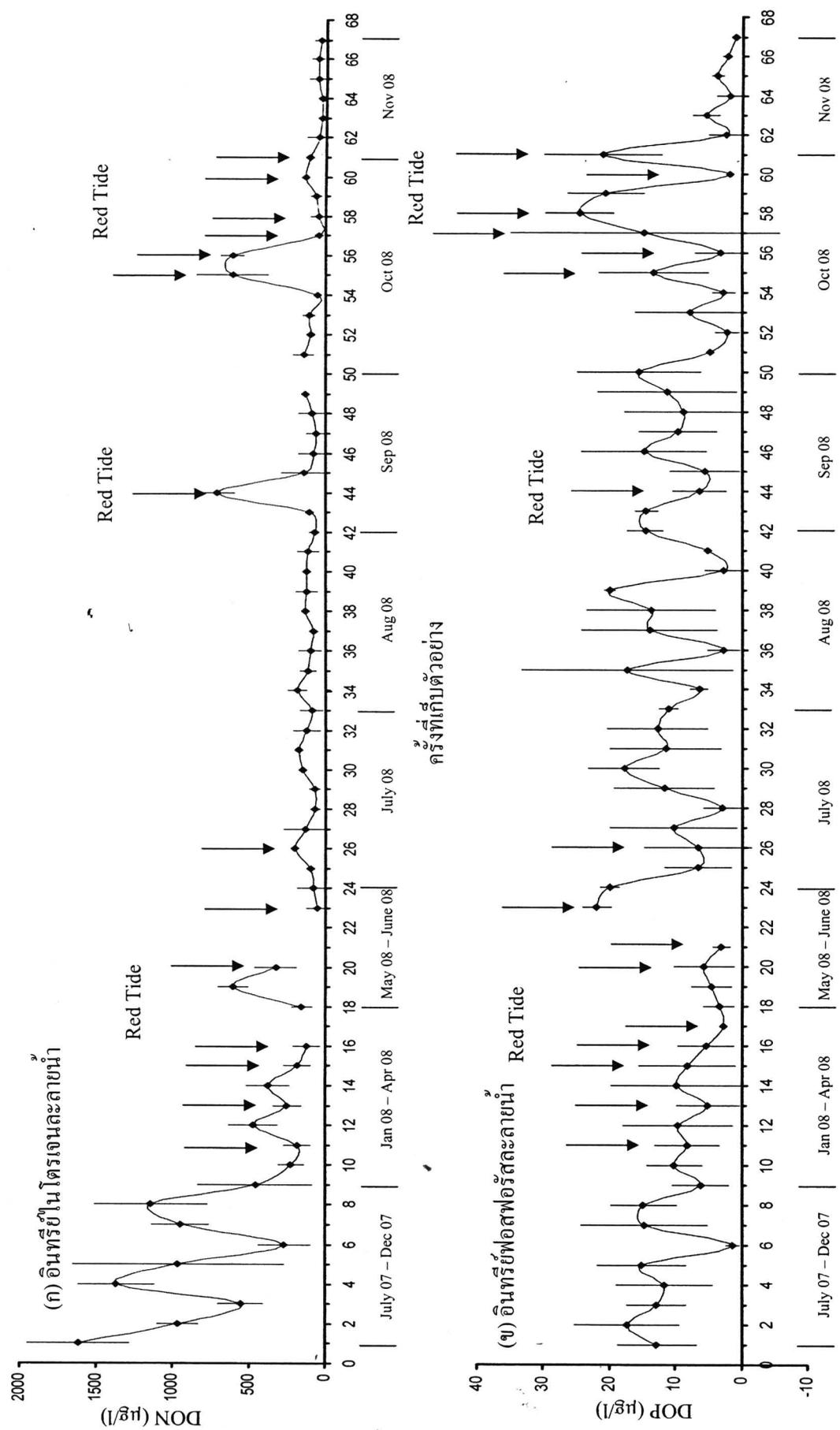
ชนิดของแพลงก์ตอนพืช	ความหนาแน่น ($\times 10^3$ เซลล์ต่อลิตร)
<i>Noctiluca scintillans</i>	200
<i>Ceratium furca</i>	100
<i>Chaetoceros</i> spp	1000

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2545

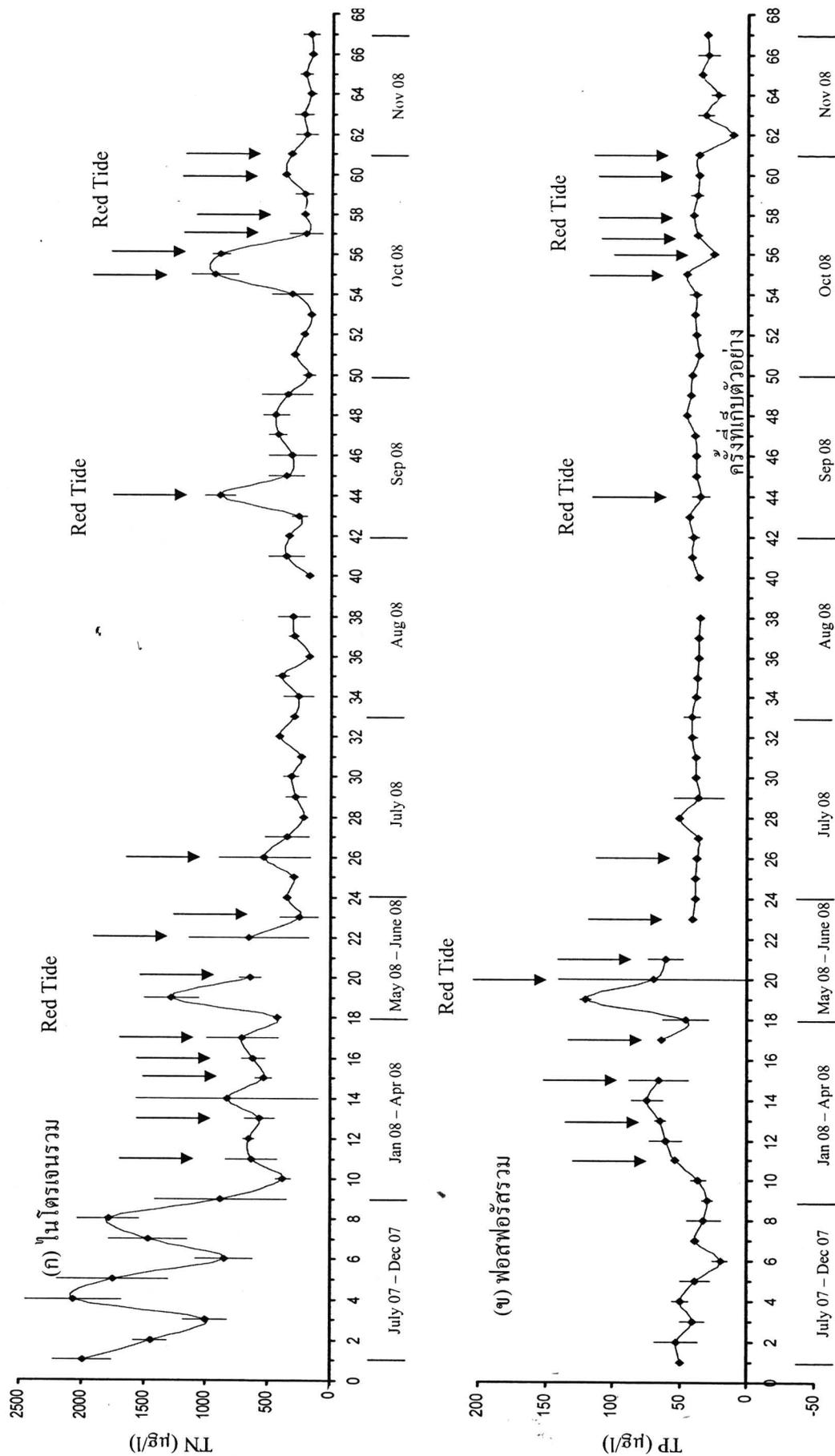


รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความเค็มตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและอวนนา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ถูกครีจด์ หมายถึง การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

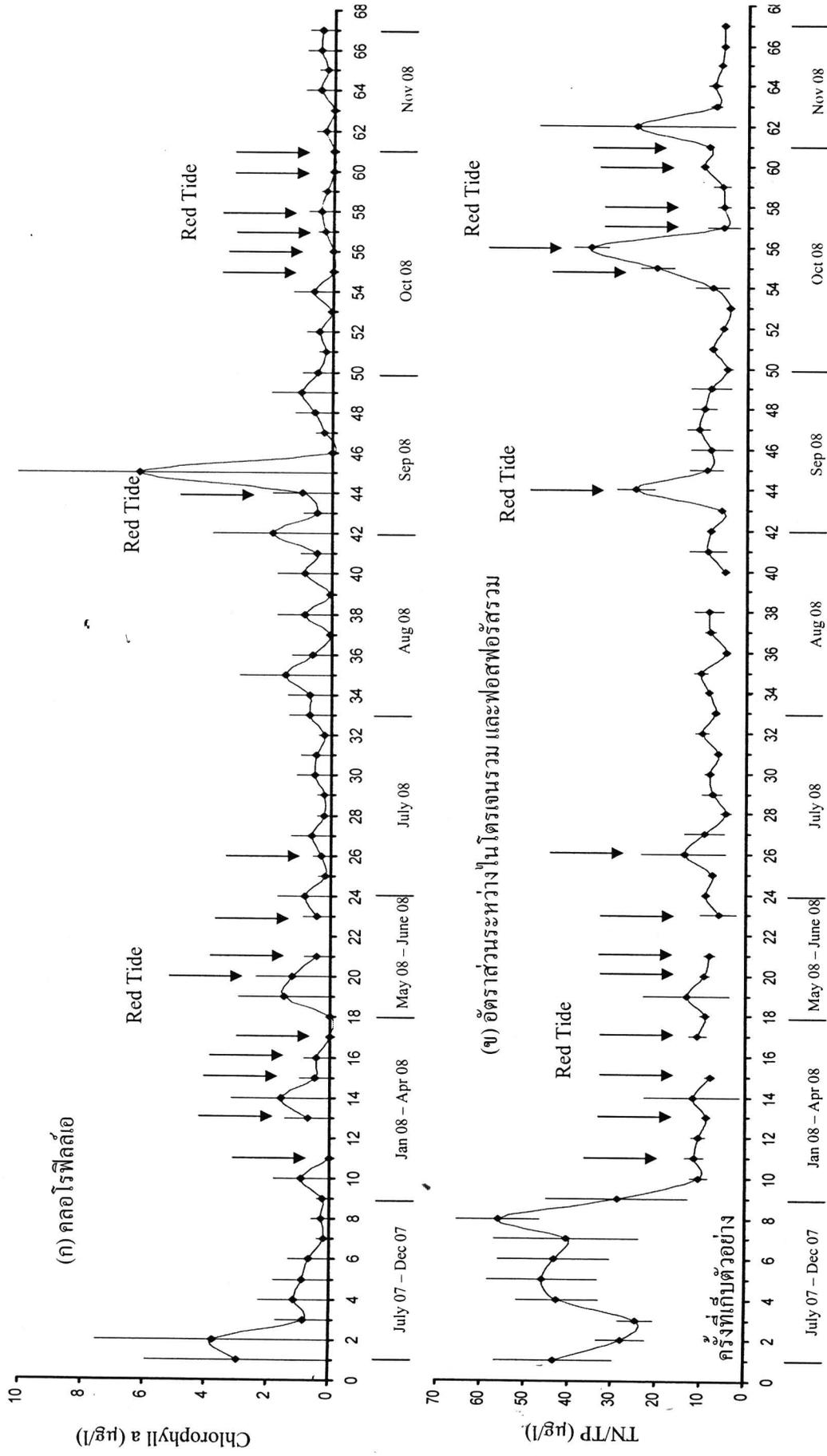
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของอินทรียเน เทรเจนละลายน้ำ (DIN) และอินทรียฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ตลอดระยะเวลาการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลูกศรชี้ลง หมายถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



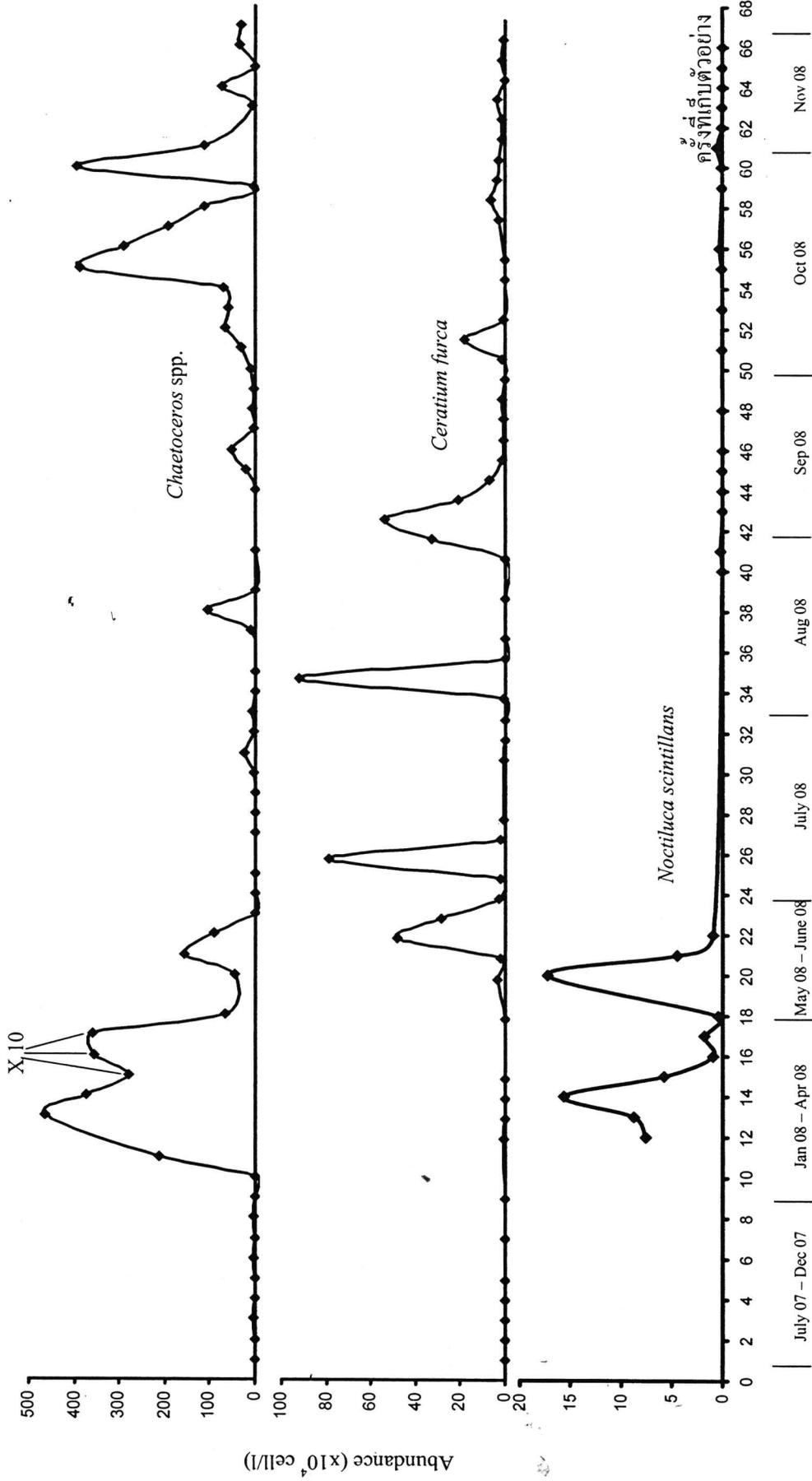
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของอินทรียเนตรเจนละลายน้ำ (DON) และอินทรียฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) ตลอดระยะเวลาทำการศึกษานับบริเวณชายหาดบางแสนและอวนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ถูกครีซิ่ง หมายถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



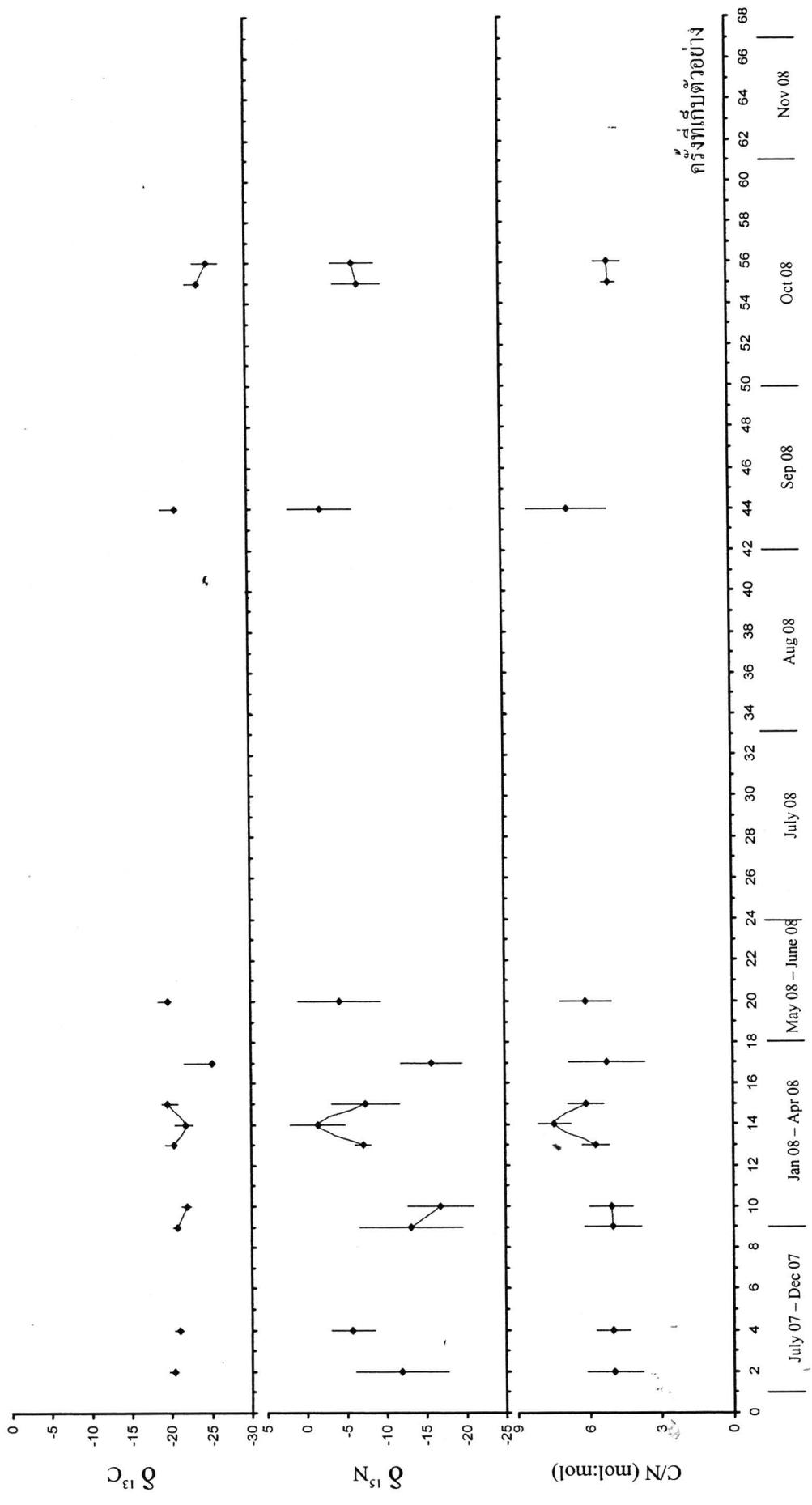
รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลูกศรชี้ลง หมายถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



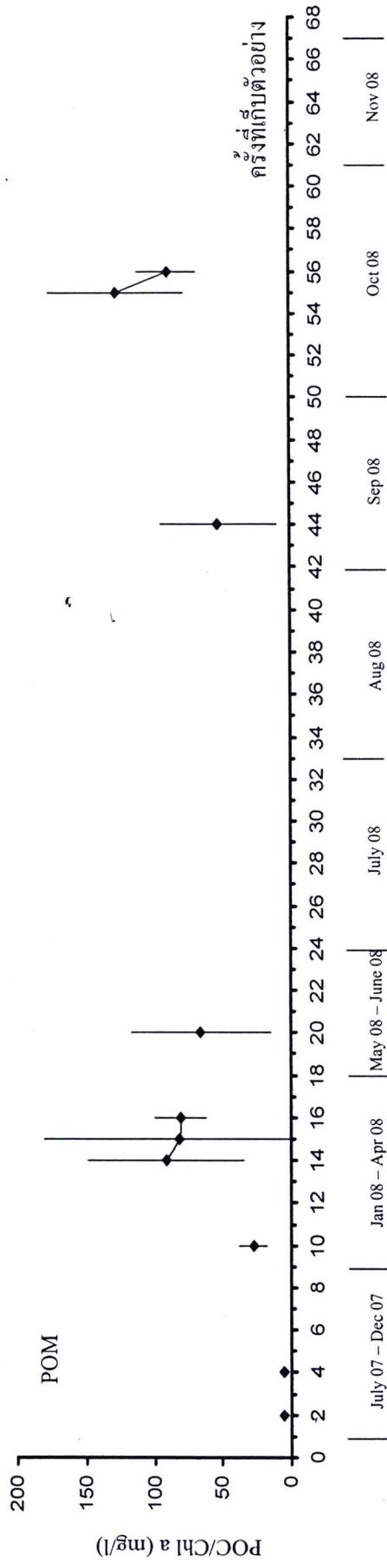
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของกลอโรไฟต์และอัตรากว้างในโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและเวลานภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลูกศรชี้ลง หมายถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี



รูปที่ 4.7 ปริมาณเซลล์ (10⁴ cell/l)ของแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่เป็นสาเหตุของน้ำทะเลเปลี่ยนสี ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาในบริเวณชายหาดบางแสนและเวลานภา



รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ไอโซโทปเสถียรไนโตรเจน และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนตลอดระยะเวลาทำการศึกษานี้
 บริเวณชายหาดบางแสนและวอนนภา error bar แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ปริมาณนักท่องเที่ยวและสถานภาพของการท่องเที่ยว (Ewasakul, 2006)

หาดบางแสนมีความยาว 2.5 กิโลเมตร มีความสำคัญมากในการท่องเที่ยว หาดบางแสนมีพื้นที่รวม 76 ไร่ (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 1997) กิจกรรมของกลุ่มตัวอย่างมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน คือ ว่ายน้ำ เดินเล่น พักผ่อน ชมวิว ชီးสคูตเตอร์ และเล่นกีฬาชายหาด โดยคิดเป็น 20.50 %, 18.75 %, 16.50 %, 15.75 %, 15.00 % และ 13.5 % ตามลำดับ

จากการศึกษากลุ่มนักท่องเที่ยวตัวอย่างพบว่ามาหาดบางแสน 2.39 ครั้ง/ปี จะมีนักท่องเที่ยว 1,168,082 คน/ปี (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2005) และ การคำนวณจาก ZTCM (Zonal travel cost method) นักท่องเที่ยวจะมีค่าใช้จ่าย 933.05 บาท/ครั้ง หรือ 2,229.98 บาท/คน หรือจะใช้การคำนวณจาก ITCM (Individual travel cost method) นักท่องเที่ยวจะมีค่าใช้จ่าย 1,329.26 บาท/ครั้ง หรือ 3,176.92 บาท/คน

ความหนาแน่นของจำนวนนักท่องเที่ยวในหาดบางแสน

จากการสำรวจในพื้นที่ในวันหยุดสุดสัปดาห์จะมีนักท่องเที่ยว 9,100 คน ซึ่งมากกว่าวันธรรมดาที่มีนักท่องเที่ยวเพียง 3,000 คน ดังภาพที่ 4-3 หาดบางแสนมีเนื้อที่ 76 ไร่ (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 1997) จะมีนักท่องเที่ยว 119.74 คน/ไร่ ในวันหยุดสุดสัปดาห์ และมีนักท่องเที่ยว 39.47 คน/ไร่ ในวันธรรมดา และมีเวลาในการท่องเที่ยว(ชั่วโมง)ต่อครั้งในวันหยุดสุดสัปดาห์มากกว่าวันธรรมดาดังตารางที่ 4-22 ตารางที่ 4.2 ลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว

ช่วงเวลา	จำนวนนักท่องเที่ยว คน/วัน	ความหนาแน่น คน/ไร่	เวลาในการท่องเที่ยว ชั่วโมง/ครั้ง
วันธรรมดา	3,000	39.47	5 ช.ม. 30 น.
วันหยุดสุดสัปดาห์	9,100	119.74	6 ช.ม. 45 น.

จากค่ามาตรฐานกำหนดไว้ว่าไม่ควรมีย่านนักท่องเที่ยวเกิน 400 คน/ไร่ (Lowson and Band-Bovy, 1997) เมื่อเปรียบเทียบกับหาดบางแสนเห็นได้ว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือ มีนักท่องเที่ยว 39.47 คน/ไร่ในวันธรรมดา และมีนักท่องเที่ยว 119.74 คน/ไร่ในวันหยุดสุดสัปดาห์

ทั้งนี้หากพิจารณาถึงปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในพื้นที่ชายหาดบางแสนนั้นมีปริมาณไม่มากนัก เนื่องจากนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ (>85 %) มีพฤติกรรมการท่องเที่ยวที่ชายหาดบางแสนเพียงการแวะพักผ่อนชมวิวโดยมิได้พักผ่อน ซึ่งต่างจากแหล่งท่องเที่ยวอื่นๆ นอกจากนี้ Ewasakul (2006) ยังได้รายงานว่าจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในพื้นที่ยังไม่เกินศักยภาพในการรองรับ (physical carrying capacity) ซึ่งรวมถึงความสามารถในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นด้วย

การทดสอบทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐาน (assumption) เพื่อการกระจายแบบปกติของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 การทดสอบสมมติฐาน (assumption) เพื่อการกระจายแบบปกติของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

พารามิเตอร์	K-S*	Sig.
DO	1.120	0.163
Temp	2.027	0.001
pH	1.052	0.218
Salinity	2.084	0.000
NH ₃ c	3.419	0.000
NO ₃	3.419	0.000
DIN	2.740	0.000
DON	3.269	0.000
TDN	3.528	0.000
PN	2.968	0.000
TN	2.455	0.000
DIP	1.391	0.042
DOP	2.334	0.000
TDP	2.016	0.001
PP	3.095	0.000
TP	2.562	0.000
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน	6.406	0.000

* K-S = Kolmogorov-Smirnov Z

การทดสอบสมมติฐาน (assumption) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH และ พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP),

ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน พบว่ามีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ดังนั้นจึงทำการแปลงค่าของ โดยใช้ฟังก์ชัน natural logarithm (ln) ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลจากการแปลงค่าอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน

พารามิเตอร์	K-S*	Sig.
ln(Temperature)	2.219	0.000
ln(Salinity)	2.523	0.000
ln(NH ₃)	1.182	0.122
ln(NO ₃)	0.820	0.511
ln(DIN)	1.127	0.157
Ln(DON)	1.231	0.097
ln(TDN)	1.572	0.014
ln(PN)	1.448	0.030
ln(TN)	1.109	0.171
ln(DIP)	1.777	0.004
ln(DOP)	1.668	0.008
ln(TDP)	3.113	0.000
ln(PP)	1.846	0.002
ln(TP)	2.883	0.000
ln(ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน)	0.895	0.400

* K-S = Kolmogorov-Smirnov Z

จากการแปลงค่าของอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน โดยใช้ฟังก์ชัน natural logarithm (ln) พบว่า

แอมโมเนีย (NH_3), ไนเตรท (NO_3^-), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนรวม (TN), และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน มีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), และ ฟอสฟอรัสรวม (TP) พบว่ามีการแจกแจงแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.000, 0.000, 0.014, 0.030, 0.004, 0.008, 0.000, 0.002 และ 0.000 ตามลำดับ ถึงแม้ว่าการแจกแจงของข้อมูลจะเป็นแบบไม่ปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ข้อมูลที่ได้อาจการแปลงค่าของฟังก์ชัน \ln ก็ทำให้การแจกแจงของข้อมูลใกล้เคียงแบบปกติมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 4.5) และในแต่ละสถานี (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละครั้งที่เก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์	F	Sig.
DO	5.684	0.000
$\ln(\text{Temperature})$	45.065	0.000
pH	14.054	0.000
$\ln(\text{Salinity})$	38.370	0.000
$\ln(\text{NH}_3)$	4.565	0.000
$\ln(\text{NO}_3^-)$	5.833	0.000
$\ln(\text{DIN})$	5.151	0.000
$\ln(\text{DON})$	8.856	0.000
$\ln(\text{TDN})$	15.216	0.000
$\ln(\text{PN})$	4.142	0.000
$\ln(\text{TN})$	21.901	0.000
$\ln(\text{DIP})$	10.031	0.000
$\ln(\text{DOP})$	4.250	0.000
$\ln(\text{TDP})$	11.255	0.000
$\ln(\text{PP})$	5.086	0.000
$\ln(\text{TP})$	17.287	0.000
$\ln(\text{ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน})$	17.846	0.000

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), อุณหภูมิ (Temperature), pH, ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃⁻), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน ในแต่ละครั้งเก็บตัวอย่าง ที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างของข้อมูลคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสถานี

พารามิเตอร์	F	Sig.
DO	1.371	0.197
ln(Temperature)	2.134	0.024
pH	0.937	0.434
ln(Salinity)	1.013	0.434
ln(NH ₃)	1.287	0.246
ln(NO ₃ ⁻)	4.889	0.000
ln(DIN)	2.899	0.003
Ln(DON)	1.197	0.298
ln(TDN)	1.381	0.198
ln(PN)	1.096	0.368
ln(TN)	1.416	0.183
ln(DIP)	0.902	0.525
ln(DOP)	2.145	0.027
ln(TDP)	1.133	0.083
ln(PP)	1.805	0.069
ln(TP)	1.805	0.069
ln(ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน)	2.414	0.010

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่าอุณหภูมิ (Temperature), ปริมาณไนเตรท (NO₃⁻), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน ในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH, ความ

เค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.197, 0.496, 0.434, 0.246, 0.298, 0.198, 0.368, 0.183, 0.067, 0.525, 0.083 และ 0.069

ตารางที่ 4.7 การทดสอบสมมติฐาน (assumption) เพื่อการกระจายแบบปกติของข้อมูลคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ของการเกิด Red tide

พารามิเตอร์	เกิด Red tide		ไม่เกิด Red tide	
	K-S*	Sig.	K-S*	Sig.
DO	0.476	0.977	1.238	0.093
Temperature	1.472	0.026	1.648	0.009
pH	1.112	0.169	0.718	0.680
Salinity	1.310	0.065	1.857	0.002
NH_3	1.725	0.005	2.837	0.000
NO_3	1.787	0.003	3.139	0.000
DIN	1.421	0.035	2.330	0.000
DON	1.277	0.077	3.297	0.000
TDN	1.670	0.008	3.250	0.000
PN	1.252	0.089	2.502	0.000
TN	0.985	0.287	3.114	0.000
DIP	0.860	0.450	1.659	0.008
DOP	1.299	0.068	1.927	0.001
TDP	0.849	0.467	1.913	0.001
PP	2.181	0.000	2.984	0.000
TP	1.028	0.241	2.364	0.000
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน	2.887	0.000	5.442	0.000

* K-S = Kolmogorov-Smirnov Z

การทดสอบสมมติฐาน (assumption) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของการเกิด Red tide เหมือนกันจึงสามารถนำไปทดสอบความ

แตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของการเกิด Red tide ต่อได้ ดังตารางที่ 4.8 แต่อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน พบว่าการเกิด Red tide มีการแจกแจงทั้งแบบปกติ และไม่ปกติ อยู่ในพารามิเตอร์เดียวกันจึงไม่สามารถนำไปทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) การเกิด Red tide ต่อได้ อย่างไรก็ตามยังสามารถนำไปทดสอบความแตกต่างการเกิด Red tide ได้ โดยใช้การทดสอบ nonparametric แบบ Mann-Whitney U test ได้ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และ pH ของการเกิด Red tide

พารามิเตอร์	Sig.
DO	0.590
pH	0.000

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) การเกิด Red tide พบว่า pH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.590

ตารางที่ 4.9 การทดสอบความแตกต่าง ของอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃⁻), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP) ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนของการเกิด Red tide ใช้การทดสอบ nonparametric แบบ Mann-Whitney U test

พารามิเตอร์	Sig.
Temperature	0.436
Salinity	0.070
NH ₃	0.000
NO ₃ ⁻	0.001
DIN	0.000
DON	0.764
TDN	0.339
PN	0.026
TN	0.501
DIP	0.000
DOP	0.029
TDP	0.000
PP	0.213
TP	0.000
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน	0.000

ผลการทดสอบความแตกต่างของการเกิด Red tide พบว่าปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃⁻), อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP) ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.436, 0.070, 0.764, 0.339, 0.501 และ 0.213



ตารางที่ 4.10 การทดสอบสมมติฐาน (assumption) เพื่อการกระจายแบบปกติของข้อมูลคุณภาพน้ำปริมาณสารอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ของประเภทยาน (วันธรรมดา และวันหยุด)

พารามิเตอร์	วันหยุด		วันธรรมดา	
	K-S*	Sig.	K-S*	Sig.
DO	0.915	0.373	0.850	0.465
Temperature	1.596	0.012	1.481	0.025
pH	0.863	0.446	0.801	0.542
Salinity	1.880	0.002	1.653	0.008
NH ₃	2.598	0.000	2.177	0.000
NO ₃ ⁻	2.935	0.000	1.879	0.002
DIN	1.997	0.001	1.696	0.006
DON	2.354	0.000	2.239	0.000
TDN	2.441	0.000	2.533	0.000
PN	2.155	0.000	2.035	0.001
TN	1.907	0.001	1.482	0.025
DIP	1.555	0.016	0.575	0.859
DOP	1.384	0.043	1.967	0.001
TDP	1.494	0.023	1.595	0.012
PP	2.185	0.000	2.210	0.000
TP	1.757	0.004	1.788	0.033
ความหนาแน่นของ แพลงก์ตอน	5.503	0.000	3.888	0.000

* K-S = Kolmogorov-Smirnov Z

การทดสอบสมมติฐาน (assumption) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH พบว่ามีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของประเภทยาน (วันธรรมดา และวันหยุด)เหมือนกันจึงสามารถนำไปทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของประเภทยาน (วันธรรมดา และวันหยุด)ต่อได้ ดังตารางที่ 4.11 แต่อุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃⁻), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN),

ไนโตรเจนแวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแวนลอยในน้ำ (PP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน พบว่าของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) มีการแจกแจงทั้งแบบปกติ และไม่ปกติ อยู่ในพารามิเตอร์เดียวกันจึงไม่สามารถนำไปทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) ได้ อย่างไรก็ตามยังสามารถนำไปทดสอบความแตกต่างของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) ได้ โดยใช้การทดสอบ nonparametric แบบ Mann-Whitney U test ได้ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 4.11 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) และ pH ของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด)

พารามิเตอร์	Sig.
DO	0.217
pH	0.651

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (T-test) ของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), pH ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.217, 0.651

ตารางที่ 4.12 การทดสอบความแตกต่าง ของอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃), ไนเตรท (NO₃), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP) ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด) ใช้การทดสอบ nonparametric แบบ Mann-Whitney U test

พารามิเตอร์	Sig.
Temperature	0.001
Salinity	0.001
NH ₃	0.051
NO ₃	0.000
DIN	0.002
DON	0.001
TDN	0.004
PN	0.016
TN	0.007
DIP	0.000
DOP	0.311
TDP	0.000
PP	0.436
TP	0.000
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน	0.000

ผลการทดสอบความแตกต่างของประเภทวัน (วันธรรมดา และวันหยุด)พบว่าของอุณหภูมิ (Temperature), ความเค็ม (Salinity), ไนเตรท (NO₃), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN), อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON), ไนโตรเจนทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDN), ไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ (PN), ไนโตรเจนรวม (TN), อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP), ฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDP), ฟอสฟอรัสรวม (TP) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณแอมโมเนีย (NH₃),อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) และฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ (PP) ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.051, 0.311 และ 0.436