



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเฝ้าระวังและบ่งชี้สาเหตุการเกิดปรากฏการณ์  
น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) บริเวณชายหาดบางแสน-วอนนภา  
ชลบุรี

ถนอมศักดิ์ บุญศักดิ์ หัวหน้าโครงการ

โครงการงานวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุน  
รัฐบาล(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561  
มหาวิทยาลัยบูรพา

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเฝ้าระวังและบ่งชี้สาเหตุการเกิดปรากฏการณ์  
น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) บริเวณชายหาดบางแสน-วอนนภา ชลบุรี

ถนอมศักดิ์ บุญภักดี หัวหน้าโครงการ

คณะวิทยาศาสตร์

มีนาคม 2563

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๖๑ มหาวิทยาลัยบูรพาผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา ๑๒๖/๒๕๖๑ ขอขอบคุณภาควิชาวาริชศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บตัวอย่าง น.ส.พรวิภา กันเกิด นายไชยวัฒน์ ปิจจะ และ นายภาคภูมิ หนองบัว ที่ช่วยในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง จนทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีทุกประการ

This work was financially supported by the research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 126/2561).

ถนอมศักดิ์ บุญภักดี ผู้วิจัย

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายหาดวอนนภาและแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือน กันยายน 2560 – สิงหาคม 2561 พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 25 สกุล โดยมีสกุลที่พบบ่อยได้แก่ *Chaetoceros* spp. *Coscinodiscus* spp. *Protoperdinium* sp. และ *Ceratium furca* โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด และค่าดัชนีความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืชบริเวณหาดวอนนภา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 และ 0.33 ส่วนบริเวณแหลมแท่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 และ 0.40 ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาทำการวิจัยพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี 1 ครั้ง โดยเกิดจากแพลงก์ตอน *Noctiluca scintillans* ในช่วงปลายเดือน กรกฎาคม 2561 ที่ความหนาแน่นเซลล์มากกว่า 50000 cell/l และสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเลช่วงที่เกิด red tide บริเวณชายหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (POC) สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) สัดส่วนของคลอโรฟิลล์เอต่อคาร์บอนอินทรีย์ (POC/Chl a) ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) และ เท่ากับ  $5828 \pm 7795 \mu\text{g/l}$ ,  $4.32 \pm 0.59$ ,  $-20.18 \pm 1.30 \text{ ‰}$  และ  $8.64 \pm 2.17 \text{ ‰}$  ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (marine POM) และปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ( $\delta^{15}\text{N-NO}_3$ ) ของน้ำทะเลในขณะที่เกิด red tide มีเท่ากับ  $4.19 \pm 2.85 \text{ ‰}$  บ่งชี้ว่าสารอินทรีย์ในแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีมีแหล่งที่มาจากสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล และไนเตรทในน้ำทะเลขณะที่เกิด red tide มีได้มาจากน้ำที่ทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์

## Abstract

Phytoplankton occurrences in the Wonnapha beach and Laem Thaen, Chonburi were investigated twice a week from September 2017 to August 2018. In total, 25 genera of phytoplankton were found. The dominant genera found throughout the study were *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus* spp., *Protoperidinium* sp. and *Ceratium furca*. The Diversity and Evenness index of phytoplankton in the Wonnapha Beach were 0.71 and 0.33 whereas, Laem thaen had 0.89 and 0.40, respectively. There was only one red tide phenomenon occurring in late July to the beginning of August 2018. It caused by *Noctiluca scintillans* at more than  $5 \times 10^4$  cell/l. Particulate organic matter in seawater during an occurrence of the red tide had values of particulate organic carbon (POC), carbon to nitrogen ratio (C:N), POC to chlorophyll a (POC/Chl a), stable isotopes of carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) as  $5828 \pm 7795$   $\mu\text{g/l}$ ,  $4.32 \pm 0.59$ ,  $-20.18 \pm 1.30$  ‰ and  $8.64 \pm 2.17$  ‰, respectively. These values were closed to those of marine-derived organic matter. Values of  $\delta^{15}\text{N}$  in nitrate in seawater during the red tide was  $4.19 \pm 2.85$  ‰. These indicate organic substances in red tide organisms derived from marine organic matter and nitrate in seawater during the red tide did not reveal to anthropogenic activities.

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ณ
	หน้า

### บทที่

1.บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	3
2.เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.2 ความหมายและความสำคัญของสารอาหารบริเวณชายฝั่ง .....	5
2.3 ไนโตรเจน.....	6
2.3.1 แอมโมเนีย .....	7
2.3.2 ไนไตรท์.....	7
2.3.3 ไนเตรท .....	7
2.3.4 การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของไนไตรท์ และไนเตรท .....	7
2.3.5 วัฏจักรไนโตรเจน .....	7

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.4 ฟอสฟอรัส.....	9
2.4.1 วัฏจักรของฟอสฟอรัส.....	10
2.5 ซิลิเกต.....	11
2.6 ปัจจัยทางกายภาพของน้ำ.....	12
2.6.1 อุณหภูมิ.....	12
2.6.2 ความเค็ม.....	12
2.6.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ.....	13
2.6.4 ความนำไฟฟ้า.....	13
2.6.5 ความโปร่งแสง.....	14
2.6.6 สารแขวนลอย.....	14
2.7 แพลงก์ตอนพืช.....	14
2.7.1 ประโยชน์ของแพลงก์ตอนพืช.....	15
2.7.2 สารชีวพิษที่สร้างโดยแพลงก์ตอนพืช.....	15
2.8 ยูโทรฟิเคชัน.....	16
2.9 ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี.....	17
2.9.1 การเกิดขึ้นของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี.....	17
2.10 ไอโซโทปเสถียร.....	18

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
3.วิธีดำเนินการศึกษา.....	26
3.1พื้นที่การศึกษา.....	26
3.2 ระยะเวลาดำเนินการศึกษา.....	27
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษา.....	27
3.4 วิธีการศึกษา.....	28
3.5 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	28
3.6 การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}C$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}N$ ).....	30
3.7 เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับผิวน้ำทะเล.....	31
3.8 การจำแนกและนับจำนวนตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช.....	31
3.9 การคำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช.....	31
3.10 การคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายและความสม่ำเสมอ.....	32
3.11. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	32
4.ผลการวิจัย.....	34
4.1 คุณภาพน้ำ.....	34
4.1.1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ.....	34



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.1.2 อุณหภูมิ .....	34
4.1.3 ความเค็ม.....	35
4.1.4 ความเป็นกรด- ด่าง .....	35
4.1.5 ความนำไฟฟ้า.....	35
4.1.6 ความโปร่งใส.....	35
4.1.7 สารแขวนลอย .....	36
4.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารไนโตรเจน.....	46
4.2.1 แอมโมเนีย .....	46
4.2.2 ไนเตรท .....	46
4.2.3 ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ .....	46
4.2.4 ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ .....	46
4.2.5 ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย .....	47
4.2.6 ปริมาณไนโตรเจนรวม .....	47
4.3 ปริมาณสารอาหารฟอสฟอรัส .....	48
4.3.1 ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ .....	48
4.3.2 ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ.....	48
4.3.3 ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย.....	48
4.3.4 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม.....	49

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.4 ปริมาณสารอาหารซีลีเนียม .....	49
4.5 ชนิดและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช.....	69
แพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นประจำ บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น .....	73
4.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ .....	80
4.7 ปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอย .....	84
4.7.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอย .....	84
4.7.2 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนแขวนลอย .....	84
4.8 สัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยและคลอโรฟิลล์เอ .....	84
4.9 สัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนแขวนลอย .....	84
4.10 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของอินทรีย์แขวนลอย.....	85
4.10.2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน.....	85
4.11 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท .....	85
4.12 สัดส่วนแหล่งที่มาของอินทรีย์แขวนลอย .....	85
4.13 วิเคราะห์ทางสถิติ .....	85
5 .อภิปรายสรุปผลการวิจัย.....	96
5.1 คุณภาพน้ำ.....	85
5.2 ปริมาณไนโตรเจน .....	97

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.3 ปริมาณฟอสฟอรัส .....	99
5.4 ปริมาณซิลิเกต .....	101
5.5 ชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช .....	102
5.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ .....	103
5.7 องค์ประกอบทางเคมีของสารแขวนลอย (Particulate organic carbon).....	103
5.7.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน .....	103
5.7.2 สัดส่วนของอินทรีย์แขวนลอยคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N).....	104
5.7.3 สัดส่วน POC/Chl a .....	104
5.8 แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเกิด Red tide .....	104
5.9 แหล่งที่มาของไนโตรเจนในไนเตรทที่เป็นสาเหตุของการเกิด Red tide.....	106
สรุปผลการวิจัย .....	109

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1	บริเวณที่พบการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีในจังหวัดชลบุรี.....22
3-1	รายละเอียดสถานีเก็บตัวอย่าง.....26
4-1	คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 - เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561.....37
4-2	คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 - เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561.....38
4-3	คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 - เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561.....39
4-4	คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 - เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561.....40
4-5	คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 - เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561.....41
4-6	ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย(Ammonia) ไนไตรท์(Nitrite) ไนไตรท(Nitrate) ปริมาณสาร อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DIN) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561.....50
4-6	(ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย(Ammonia) ไนไตรท์(Nitrite) ไนไตรท(Nitrate) ปริมาณ สารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DIN) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2561 – เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561.....51
4-7	ปริมาณความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DON) ปริมาณไนโตรเจนละลายน้ำ (TDN) ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย(PN) ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN) บริเวณหาดวอนนภาและแหลม แท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561.....52

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-7	(ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DON) ปริมาณไนโตรเจนละลายน้ำ(TDN) ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย(PN) ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN) บริเวณหาดวอนนภา และแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 – เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561.....	53
4-8	ปริมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) , สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) และฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 .....	54
4-8	(ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) , สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) และฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP ) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 – เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 .....	55
4-9	ปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสรวม (TP) และซิลิเกต (Silicate) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561.....	56
4-9	(ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสรวม (TP) และซิลิเกต (Silicate) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 – เดือน สิงหาคม พ.ศ.2561.....	57
4-10	แพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น ในระหว่างเดือนกันยายน 2560 – สิงหาคม 2561.....	70
4-11	แพลงก์ตอนพืชที่พบตามฤดูกาลบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี.....	71
4-12	แพลงก์ตอนพืชที่มีความหนาแน่นสูงสุดที่พบบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี .....	72
4-13	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอเฉลี่ยในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น .....	81

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	วัฏจักรไนโตรเจนในน้ำทะเล .....	8
2-2	ความสัมพันธ์ระหว่างอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ ( $H_2PO_4^-$ , $HPO_4^{2-}$ และ $PO_4^{3-}$ ) กับ pH ในแหล่งน้ำ (Millero, 2013).....	10
2-3	วัฏจักรของฟอสฟอรัส (ถนอมศักดิ์ บุญศักดิ์, 2558).....	11
2-4	วัฏจักรของซิลิกาในแหล่งน้ำ (Mackie, 2004).....	12
3-1	จุดเก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภา (สถานีที่ 1) และสะพานราชนาวิแหลมแทน (สถานีที่ 2).....	26
4-1	การเปลี่ยนแปลงของ (ก)ความเค็ม (ข)ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทน จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา.....	42
4-2	การเปลี่ยนแปลงของ (ก)ความนำไฟฟ้า (ข)ความเป็นกรด-ด่าง ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทน จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา .....	43
4-3	การเปลี่ยนแปลงของ (ก)อุณหภูมิ (ข)ความโปร่งใส ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทน จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา .....	44
4-4	การเปลี่ยนแปลงของ (ก)ปริมาณสารแขวนลอย (ข)ความขุ่นแสง ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทน จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา .....	45
4-5	การเปลี่ยนแปลงของ (ก)ไนเตรท (ข)แอมโมเนีย ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทน จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา .....	58
4-6	การเปลี่ยนแปลงของ(ก)สารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (ข)สารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทนจังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา.....	59
4-7	การเปลี่ยนแปลงของ(ก)ไนโตรเจนแขวนลอย (ข)ไนโตรเจนรวม ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทน จังหวัดชลบุรีตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา.....	60
4-8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกต (Silicate) บริเวณแหลมแทนและหาดวอนนภา กันยายน 2560 – สิงหาคม 2561 .....	61

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 – สิงหาคม 2561 .....61
4-10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 - สิงหาคม 2561 .....62
4-11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 – สิงหาคม 2561 .....62
4-12	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 – สิงหาคม 2561 .....63
4-13	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเฉลี่ยสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DIN) ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย (PN) และไนโตรเจนรวม(TN) ในช่วง(ก)ฤดูฝน (ข)ฤดูแล้ง ในแต่ละสถานี .....64
4-14	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเฉลี่ยสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส ละลายน้ำ (DOP) ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ในช่วง(ก) ฤดูฝน (ข) ฤดูแล้ง ในแต่ละสถานี .....65
4-15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกตบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภาในฤดูฝนและฤดูแล้ง.....66
4-16	ปริมาณเฉลี่ยรายเดือนของไนโตรเจนรวม(TN) ในบริเวณ (ก)หาดวอนนภา และ(ข)แหลมแท่น .....67
4-17	ปริมาณเฉลี่ยรายเดือนของฟอสฟอรัสรวม(TP) ในบริเวณ (ก)หาดวอนนภา และ(ข)แหลมแท่น .....68
4-18	ปริมาณความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชรวม (cell/l) ที่พบบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น ..... 74
4-19	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม Chaetoceros spp. ในแต่ละเดือนที่ ทำการศึกษา .....74
4-20	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม Coscinodiscus spp. ในแต่ละเดือนที่ ทำการศึกษา .....75
4-21	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม Rhizosolenia spp. ในแต่ละเดือนที่ ทำการศึกษา .....75

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-22	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม Pleurosigma spp. ในแต่ละเดือนที่ ทำการศึกษา .....76
4-23	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม Pseudonitzschia spp. ในแต่ละเดือนที่ ทำการศึกษา .....76
4-24	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม Odontella sp. ในแต่ละเดือนที่ทำการ ศึกษา .....77
4-25	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม Ditylum sp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา.77
4-26	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม Lauderia sp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา78
4-27	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต Protoperidinium sp. ในแต่ละเดือน ที่ทำการศึกษา.....78
4-28	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต Ceratium furca ในแต่ละเดือนที่ ทำการศึกษา .....79
4-29	ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) Noctiluca sp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา .....79
4-30	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (µg/l) ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างในหาดวอนนภาและแหลมแท่น.....82
4-31	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (µg/l) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชรวม (cell/l) ในแต่ละครั้งของการ เก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภา .....82
4-32	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (µg/l) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชรวม (cell/l) ในแต่ละครั้งของการ เก็บตัวอย่างบริเวณแหลมแท่น .....83
4-33	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภาและแหลม แท่น จังหวัดชลบุรี .....86
4-34	ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนแขวนลอยในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภาและแหลม แท่น .....87
4-35	ปริมาณสัดส่วนของอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนในสารแขวนลอยของแต่ละครั้งในการเก็บตัวอย่าง บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น .....88



สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-36	ปริมาณสัดส่วนของอินทรีย์แขวนลอยและคลอโรฟิลล์เอในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างบริเวณแหลม แท่นและหาดวอนนภา .....89
4-37	ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}C$ ) (‰) ในสารแขวนลอยของแต่ละครั้งในการเก็บตัวอย่าง บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น .....90
4-38	ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}N$ ) (‰) ในสารแขวนลอยของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น .....91
4-39	ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}N$ ) (‰) ในไนเตรทของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งบริเวณ หาดวอนนภาและแหลมแท่น .....92
4-40	สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งชุมชน (Anthropogenic OM) และสารอินทรีย์จากทะเล (Marine OM) ใน POM บริเวณหาดวอนนภา .....93
4-41	สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งชุมชน (Anthropogenic OM) และสารอินทรีย์จากทะเล (Marine OM) ใน POM บริเวณแหลมแท่น .....94
5-1	สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของไอโซโทปเสถียรคาร์บอน ( $\delta^{13}C$ ) (‰) บริเวณหาดวอนนภา.. 107
5-2	สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของไอโซโทปเสถียรคาร์บอน ( $\delta^{13}C$ ) (‰) บริเวณแหลมแท่น..... 107
5-3	ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน บริเวณหาดวอนนภา..... 108
5-4	ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน บริเวณแหลมแท่น..... 108

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น เป็นที่ตั้งของชุมชนเมืองขนาดใหญ่ อาทิเช่น ชลบุรี บางแสน ศรีราชา พัทยา และยังเป็นพื้นที่ตั้งของท่าเรือและนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่ง ทำให้ชายฝั่งบริเวณนี้แปรสภาพเป็นแหล่งรองรับของเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ของเสียจากชุมชนโรงงาน อุตสาหกรรม แหล่งเกษตรกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น ส่งผลให้ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกเฉียงเหนือของไทยตอนในเกิดความเสื่อมโทรมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นระบบนิเวศแนวปะการัง หญ้าทะเล ป่าชายเลน หาดทราย และบริเวณปากแม่น้ำ ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรและความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตในอ่าวไทยตอนใน ซึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลในบริเวณนี้ได้ แม้ว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นยังไม่แสดงออกอย่างชัดเจนในลักษณะของ acute แต่จะเกิดการสะสมจนทำให้เกิดผลเสียหายแบบเรื้อรังต่อระบบนิเวศทางทะเลได้ในที่สุด

สิ่งที่บ่งชี้ให้เห็นถึงสถานะที่เสื่อมโทรมลงของชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของไทยตอนในคือการเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า น้ำทะเลเปลี่ยนสี หรือ ซึ่บลาวา (Red Tide) ซึ่งหมายถึง การที่แพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวน (bloom) อย่างรวดเร็ว จนทำให้น้ำทะเลบริเวณนั้นเปลี่ยนสีไปจากเดิม การบลูมของแพลงก์ตอนพืชนี้มักเป็นผลที่เกิดสืบเนื่องจากการที่มีปริมาณสารอาหารในน้ำทะเลสูง หรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์ Eutrophication (Lin et al., 2007) ซึ่งเป็นภาวะที่น้ำทะเลมีปริมาณของสารประกอบไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูง (Vizzini and Mazzola, 2004) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายขนาดใหญ่ (macroalgae) ซึ่งอาจมีแหล่งที่มาจากน้ำที่ขุ่นจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ไหลลงสู่ทะเล (Levy et al., 2010) หรือเกิดจากปรากฏการณ์น้ำผุด (upwelling) ทำให้สารอาหารจากพื้นท้องทะเลไหลย้อนขึ้นสู่ผิวน้ำ (Minagawa & Wada, 1986) หรือมาจากน้ำฝน (Sutthasom & Boonphakdee, 2013) รวมถึงน้ำใต้ดินที่ไหลลงสู่ทะเล (Burnett et al., 2007) รวมทั้งสภาพแวดล้อมต่างๆ ในขณะนั้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชชนิดนั้นๆ ด้วย (Venrick, 1993) เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม ความเข้มแสง จึงเป็นสาเหตุให้แพลงก์ตอนพืชเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในอ่าวไทยส่วนใหญ่เกิดขึ้น เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม *Ceratium* sp., ไดโนแฟลกเจลเลต *Noctiluca* sp., *Ceratium* sp., *Trichodesmium* sp. และ *Dinophysis* sp. ในเขตชายฝั่งจังหวัดชลบุรี จะพบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้บ่อยครั้งบริเวณอ่างศิลา แหลมแท่น และหาดบางแสน ในเขตชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีจนถึงเกาะสีชัง โดยมีระยะเวลาการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเล

เปลี่ยนสีตั้งแต่ 1 - 7 วัน (สมภาพ รุ่งสุภา และคณะ, 2545) จะส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพของชายฝั่งทะเล และทำให้สัตว์ทะเลหลายชนิดตายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดต่ำลง (Wen, Xie & Xu, 2010)

อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาใดที่สามารถบ่งชี้ถึงสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีอย่างชัดเจน ซึ่งในการศึกษาค้างนี้จะใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรซึ่งมีการใช้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับในการติดตามตรวจสอบแหล่งที่มาของสารอาหารในพื้นที่ชายฝั่ง (Cole et al, 2005 ; Lin et al 2007; Lin et al 2008; Lojen et al, 2005; Dolence et al. 2007; Boonphakdee et al. 2008 and reference therein) รวมถึงแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในเซลล์ของแพลงตอนพืช (Dela-Cruz, et al 2002 ; มาลินี และถนอมศักดิ์, 2553) ซึ่งแสดงให้เห็นประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของวิธีการดังกล่าว

งานวิจัยนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเพื่อเป็นการบ่งชี้ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี โดยเน้นไปที่ลักษณะการแพร่กระจาย การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และแหล่งที่มาของสารอาหารรวมถึงชนิดของแพลงตอนพืชในพื้นที่ศึกษา ซึ่งการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนจากทรัพยากรทางทะเลในบริเวณชายฝั่งของอ่าวไทยตอนในได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อบ่งชี้สาเหตุการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ในบริเวณพื้นที่ศึกษา
- 1.2.2 สามารถบ่งชี้และถึงแหล่งที่มาของสารอาหารที่เป็นสาเหตุสำคัญของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี
- 1.2.3 สร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการจัดการและควบคุมคุณภาพน้ำเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 สามารถคาดการณ์การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณชายฝั่งทะเล
- 1.3.2 ทราบถึงแหล่งที่มาของสารอาหารในน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งเพื่อประโยชน์ในด้านการควบคุมและการจัดการปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี
- 1.3.3 ได้รูปแบบการเกิดและการแพร่กระจายของสารอาหารในบริเวณชายฝั่งทะเลเพื่อใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางทะเล

1.3.4 ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำ และแหล่งที่มาของสารอาหารและมลสารในแหล่งน้ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น กรมควบคุมมลพิษ กรมทรัพยากรชายฝั่ง ทะเล และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ผู้ประกอบการท่องเที่ยว เกษตรกร ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เป็นต้น

## 1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เกี่ยวกับปริมาณและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณพื้นที่ศึกษา จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ทำการศึกษ อาทิเช่น มาลินี และถนอมศักดิ์ (2553), ประนิดดา และถนอมศักดิ์ (2553), Boonphakdee et al.(2008), Sutthasom & Boonphakdee (2013) ฯลฯ เพื่อกำหนด baseline information ของสถานะการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่ทำการศึกษา

1.4.2 ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามและทำการนับจำนวนชนิด ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชอย่างน้อย อาทิตย์ละครั้ง ตลอดระยะเวลาทำการศึกษ ทั้งนี้หากพบว่ามีมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของแพลงก์ตอนพืชหรือสถานะแวดล้อมที่ต่างไปจาก จนเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี โดยเทียบกับข้อมูลในข้อ 7.1 จะทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกวันเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลง โดยทำการเก็บ ตัวอย่างน้ำทะเล สารอินทรีย์แขวนลอย แพลงก์ตอนพืช จากพื้นที่ศึกษา

1.4.3 วิเคราะห์คุณลักษณะและองค์ประกอบทางเคมี (Chemical compositions & characteristics) ในตัวอย่างน้ำทะเล โดยทำการวิเคราะห์

1.4.4 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ), ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ( $\delta^{15}\text{N} - \text{NO}_3$ ), POC (particulate organic carbon), PON (particulate organic nitrogen), Chlorophyll a, ปริมาณสารอาหารรูปต่างๆ เช่น (Total Nitrogen; TN) อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (dissolved organic nitrogen; DON) อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (Dissolved inorganic nitrogen; DIN) ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus, TP) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved Inorganic Phosphorus, DIP) อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (dissolved organic Phosphorus, DOP) ซิลิเกต (Silicate)

1.4.5 วิเคราะห์คุณลักษณะและองค์ประกอบทางเคมี (Chemical compositions & characteristics) ในเซลล์แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น (dominant species) โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ), OC (organic carbon), ON (organic nitrogen)

1.4.6 ทำการตรวจวัดพารามิเตอร์ คุณภาพน้ำทั่วไป เช่น ปริมาณตะกอนแขวนลอย อุณหภูมิ pH ออกซิเจนละลายน้ำ ความเค็ม ความขุ่น ความโปร่งแสง รวมถึงสภาพอากาศ เช่น สภาพคลื่นลม และสภาพทางอุตุนิยมวิทยาทั่วไป

1.4.7 นำข้อมูลที่ข้างต้น มาพิจารณาความสัมพันธ์โดยใช้หลักการทางสถิติ (เช่น t-test, regression และ ANOVA) เพื่อบ่งชี้แหล่งที่มาและการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสถานที่ของคาร์บอน และสารอาหารไนโตรเจน-ไนโตรเจน

การศึกษาในครั้งนี้จะทำการเก็บตัวอย่างและข้อมูลต่างๆให้ครอบคลุมระยะเวลา 1 ปี ในช่วงเดือนตุลาคม 2560 ถึง เดือน กันยายน 2561 โดยการเก็บตัวอย่างจะครอบคลุมพื้นที่ของแหลมแท่น-หาดบางแสน-หาดวอนนภา ในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ทำการศึกษา

บางแสน เป็นสถานที่ท่องเที่ยวตากอากาศที่สำคัญแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี โดยอยู่ในเขตปกครองของเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี อยู่ห่างจากตัวเมืองชลบุรี ประมาณ 13 กิโลเมตร และห่างจากกรุงเทพมหานคร เป็นระยะทางประมาณ 74 กิโลเมตร (เทศบาลตำบลแสนสุข, 2540) โดยหาดบางแสนมีความยาวตลอดแนว ชายหาด 4.5 กิโลเมตร แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ หาดบางแสน แหลมแท่น และหาดวอนนภา (จังหวัดชลบุรี, 2555) หาดบางแสน เป็นช่วงกลางของหาดและเป็นจุดที่นักท่องเที่ยวนิยมเล่นน้ำ ชายหาดยาว 2 กิโลเมตร หาดบางแสน มีความลาดเอียงเล็กน้อย ระดับน้ำตื้น เหมาะแก่การลงเล่นน้ำ หาดทรายไม่ขาวเนียนเนื่องจากมีตะกอนจากแม่น้ำบางประกง (เทศบาลตำบลแสนสุข, 2540)

หาดวอนนภา เป็นชายหาดตอนใต้ของหาดบางแสน ตั้งแต่บริเวณวงเวียนบางแสนลงไปทางใต้อีก 2 กิโลเมตร มีบรรยากาศเงียบสงบกว่าหาดบางแสน มีหมู่บ้านชาวประมง ท่าเทียบเรือประมง (เทศบาลตำบลแสนสุข, 2540) แหลมแท่น อยู่ถัดจากชายหาดบางแสนไปทางทิศเหนือ บริเวณแหลมแท่นจัดเป็นหาดหินมี ลักษณะเป็นแหลมยื่นออกไปไม่มากนัก มีศาลาพักผ่อนและร้านอาหารที่บริเวณนี้จะมีผู้คนมาตกปลาจำนวนมากและมีประติมากรรมรูปปลาโลมาที่สวยงาม

#### 2.2 ความหมายและความสำคัญของสารอาหารบริเวณชายฝั่ง

สารอาหาร หมายถึง สารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ได้แก่สารประกอบของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซิลิกอน นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารปริมาณมากบางชนิด เช่น โบแทสเซียม และธาตุอาหารปริมาณน้อยหลายชนิดที่มีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล แต่เนื่องจากสารประกอบของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซิลิกอน เป็นตัวควบคุมหรือตัวจำกัดการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในทะเลได้ถ้ามีอยู่ในปริมาณที่ไม่เพียงพอ โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารในน้ำทะเลนั้นขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่างๆของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ โดยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชจะใช้ไนโตรเจนมากกว่าฟอสฟอรัส แต่ในขณะเดียวกันแพลงก์ตอนพืชใช้ฟอสฟอรัสในการสร้างเนื้อเยื่อด้วยเช่นกัน (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532) การปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำเป็นอีกสาเหตุของการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และก่อให้เกิดปัญหาในการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชอย่างรวดเร็วหรือที่เรียกว่า “Algal Bloom” (กัลยา วัฒนยากร, 2545) เมื่อแพลงก์ตอนพืชตายลง แบคทีเรียที่ใช้

ออกซิเจนจะเข้าย่อยสลาย และใช้ออกซิเจนในปริมาณมาก ทำให้แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณออกซิเจนน้อยลง จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆในแหล่งน้ำนั้นๆ (เกศินี กิจกำแหง, 2543) มุกดา สุขสมาน (2538) ได้สรุปไว้ว่า สารอาหารต่างๆสามารถลงสู่แหล่งน้ำได้ดังนี้

1. การพังทลายของดิน ในการสะสมธาตุอาหารของพืช จะมีการปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยการชะล้างแผ่นดิน และมีการพัดพามากับตะกอนทำให้สารอาหารถูกปลดปล่อยออกมาสู่แหล่งน้ำ
2. น้ำไหลบ่าหน้าดินและน้ำใต้ดิน เมื่อฝนตกลงมากจะมีการซึมผ่านชั้นดินทำให้มีการชะล้างธาตุอาหารในดินไหลลงสู่เบื้องล่างและบริเวณหน้าดินที่ถูกชะล้าง บริเวณที่ทำการเกษตรจึงมีปริมาณของธาตุอาหารที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น
3. แหล่งน้ำจากฟ้า ได้แก่ น้ำฝนที่เป็นแหล่งที่จะให้ธาตุอาหารแก่น้ำใต้ดินเป็นปริมาณมากซึ่งน้ำฝนที่ตกลงมาจากทะเล มหาสมุทร แต่ส่วนใหญ่มีธาตุอาหารเป็นไนโตรเจน พวกแอมโมเนียที่มาจากอากาศบริเวณดังกล่าว

### 2.3 ไนโตรเจน(Nitrogen)

ไนโตรเจน นอกจากจะเป็นก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำแล้ว ยังมีสารประกอบไนโตรเจน ทั้งสารอนินทรีย์และอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในปริมาณที่เจือจางในน้ำทะเลด้วย โดยไนโตรเจนจะละลายน้ำได้ลดลง เมื่ออุณหภูมิและความเค็มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิและความเค็มเดียวกัน ไนโตรเจนสามารถละลายน้ำได้มากกว่าออกซิเจน (ฐิติมา จิโนวัฒน์, 2544)

ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางน้ำมากเป็นหนึ่งในธาตุอาหารหลักที่ควบคุมผลผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำรวมถึงทะเลเปิดและทะเลชายฝั่งเนื่องจากเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช (Boynton et al, 2006) โดยสารประกอบไนโตรเจนที่สามารถลงสู่ในแหล่งน้ำแบ่งได้ 2 ประเภท คือ สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  สารกลุ่มนี้อาจอยู่ในรูปของแอมโมเนีย (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2544) และสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเช่น ยูเรีย กรดอะมิโนต่างๆไปจนถึงสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น โปรตีน กรดฮิวมิก เป็นต้น ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำบางชนิด โดยแพลงก์ตอนพืชบางชนิดสามารถนำไปใช้ได้ (Anderson et al, 2008) ไนโตรเจนสามารถเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์โดยกระบวนการที่เรียกว่า Mineralization ซึ่งมีแบคทีเรียเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2544) ระดับความเข้มข้นนั้นขึ้นอยู่กับการควบคุมของสิ่งมีชีวิตและกระบวนการทางฟิสิกส์ เช่น สิ่งมีชีวิตถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย การเกิดปรากฏการณ์น้ำผุด

ไนโตรเจนในทะเลส่วนใหญ่อยู่ในรูปก๊าซไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) ส่วนสารประกอบไนโตรเจนในรูปออกไซด์ได้แก่ ไนไตรท์ ( $\text{NO}_2^-$ ) ไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) และในรูปปรีติวส์ ได้แก่ แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) โดยทั่วไปในน้ำทะเล จะมีไนโตรเจนในรูปของไนเตรทอยู่ประมาณ 1-1,500  $\mu\text{g NO}_3^- \text{ N/l}$  อยู่ในรูปไนไตรท์ประมาณ 1-50  $\mu\text{g NO}_2^- \text{ N/l}$  และอยู่ในรูปของแอมโมเนียมและแอมโมเนียมไอออนประมาณ 1-50  $\mu\text{g NH}_4^- \text{ N/l}$  (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2529)

### 2.2.1 แอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>)

แอมโมเนีย ได้จากการขับถ่ายและการเน่าสลายของโปรตีนทั้งพืชและสัตว์ โดยมีแบคทีเรียเป็นตัวทำให้เกิดการเน่าสลาย มักพบแอมโมเนียในรูปของเกลือแอมโมเนียมคลอไรด์ และเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียในแหล่งน้ำจะมี 2 รูป คือ แอมโมเนียมไอออน ซึ่งแตกตัวได้ง่าย ส่วนใหญ่พบในสภาพน้ำที่เป็นกรด และก๊าซแอมโมเนียซึ่งไม่มีไอออน มักพบในสภาพน้ำที่เป็นด่าง โดยแอมโมเนียเป็นพิษต่อสัตว์น้ำทั้งรูปที่มีไอออน และไม่มีไอออน แต่ในรูปที่ไม่มีไอออนจะมีความเป็นพิษสูงกว่า แบคทีเรียสามารถเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรทด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531)

### 2.2.2 ไนไตรท์ (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

ไนไตรท์ เป็นสารประกอบไนโตรเจนรูปแบบหนึ่ง เกิดจากการหมักเน่าของไนโตรเจนในแหล่งน้ำ ถ้าในแหล่งน้ำมีออกซิเจนที่เพียงพอ ไนไตรท์จะออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรทได้เร็ว แต่ถ้าในแหล่งน้ำขาดออกซิเจน จุลินทรีย์จะรีดิวซ์ไนเตรทไปเป็นไนไตรท์ทำให้เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ แพลงก์ตอนส่วนใหญ่มักต้องการไนเตรทมากกว่าไนไตรท์ ถ้าแหล่งน้ำใดมีปริมาณไนไตรท์มากอาจเกิดน้ำเสียเนื่องมาจากน้ำไฮโครก (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531; Boyd, 1990)

### 2.2.3 ไนเตรท (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

ไนเตรท มักพบในรูปของสารประกอบโซเดียมไนเตรท หรือแคลเซียมไนเตรท ซึ่งไนเตรทถือว่าเป็นพิษต่อสัตว์น้ำโดยตรง นอกจากจะมีความเข้มข้นสูงมากและอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน จะถูกจุลินทรีย์รีดิวซ์เป็นไนไตรท์ ไนเตรทมีประโยชน์ต่อพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชมาก เพื่อใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนโดยปกติไนเตรทในแหล่งน้ำจะมีปริมาณ 0.3 ppm ในฤดูร้อนแพลงก์ตอนพืชจะใช้นิเตรทมาก จึงทำให้ปริมาณไนเตรทน้อยลง (ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์, 2531)

### 2.2.4 การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของไนไตรท์ และไนเตรท

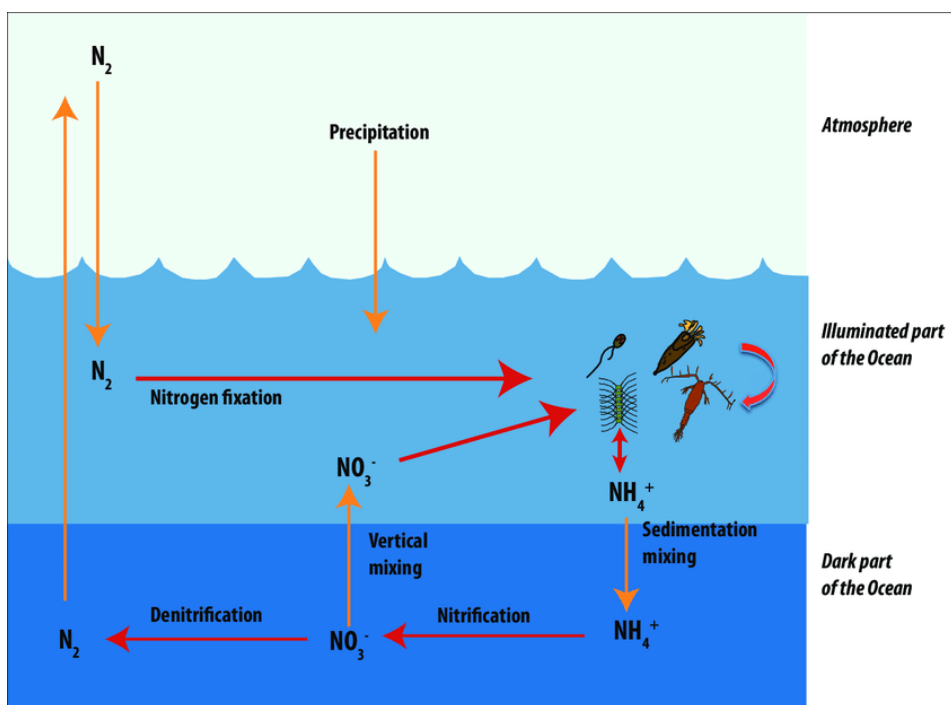
การเปลี่ยนแปลงไนไตรท์และไนเตรทเกิดขึ้นที่บริเวณผิวน้ำน้ำทะเล เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชในน้ำทะเล โดยการเปลี่ยนแปลงจะเห็นได้ชัดในบริเวณชายฝั่งเขตนาวและเขตอบอุ่น ซึ่งในช่วงฤดูใบไม้ผลิอากาศจะอบอุ่นและเป็นช่วงที่แสงแดดยาวนานกว่าในฤดูหนาว จึงทำให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้สารอาหารในแหล่งน้ำลดลงไปด้วย ในประเทศไทยจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้ชัดเจน เนื่องจากอุณหภูมิและปริมาณแสงแดดในแต่ละฤดูกาลแตกต่างกันไม่มากนัก นอกจากนี้การเกิดน้ำผุดยังเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้แหล่งน้ำมีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้น (มนูติ หังสพฤกษ์, 2529)

### 2.2.5 วัฏจักรไนโตรเจน

วัฏจักรไนโตรเจน เป็นกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนีย(NH<sub>3</sub>) ไปเป็นไนเตรท(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) เรียกว่ากระบวนการ Nitrification ซึ่งเป็นกระบวนการออกซิเดชันจะเริ่มโดยแอมโมเนีย(NH<sub>3</sub>) จะถูกออกซิไดซ์โดย nitrifying



bacteria เปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์( $\text{NO}_2^-$ ) แล้วจะถูกย่อยสลายโดยการเติม  $\text{O}_2$  จากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) ส่วนกระบวนการ Denitrification คือ การรีดักชันของไนเตรท( $\text{NO}_3^-$ ) หรือไนไตรท์( $\text{NO}_2^-$ ) ให้เปลี่ยนเป็นไนโตรเจนหรือไนตรัสออกไซด์( $\text{NO}_2^-$ ) เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของกระบวนการ Nitrification กลับคืนสู่แหล่งน้ำ (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532)



ภาพที่ 2-1 วัฏจักรไนโตรเจนในน้ำทะเล

เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงอินทรีย์ไนโตรเจนในร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะค่อยๆถูกย่อยสลายเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก(re-mineralization) เข้าสู่มวลน้ำในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนในสารแขวนลอย(particulate organic nitrogen, PN) อินทรีย์ไนโตรเจนแขวนลอยจะถูกย่อยสลายต่อไปจนมีขนาดของโมเลกุลที่เล็กมากๆจนสามารถละลายน้ำได้ซึ่งได้แก่ กรดอะมิโนอิสระที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น lysine histidine และ arginine เป็นต้น กลายเป็นอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (dissolved organic nitrogen, DON) เหล่านี้จะถูกย่อยสลายต่อไปจนได้แอมโมเนียผ่านกระบวนการ ammonification ในสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนเพียงพอหรือมีสถานะออกซิไดซ์ แอมโมเนียจะถูกแบคทีเรียในกลุ่ม nitrobacter และ nitrosomonas ใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์ได้ผลผลิตเป็นไนไตรท์ ซึ่งจะถูกลย่อยสลายต่อไปเป็นไนเตรทกระบวนการนี้ถูกเรียกว่ากระบวนการ nitrification โดยผลรวมของแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรทถูกเรียกว่า อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(dissolved inorganic nitrogen, DIN) ใน

สภาพแวดล้อมที่ขาดออกซิเจนในเตรทจะถูกใช้ไปในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในกระบวนการ denitrification และได้ผลผลิตเป็นก๊าซไนโตรเจน และอาจมีไนตรัสออกไซด์ด้วยเล็กน้อย(พิชาญ สว่างวงศ์, 2527)

## 2.4 ฟอสฟอรัส

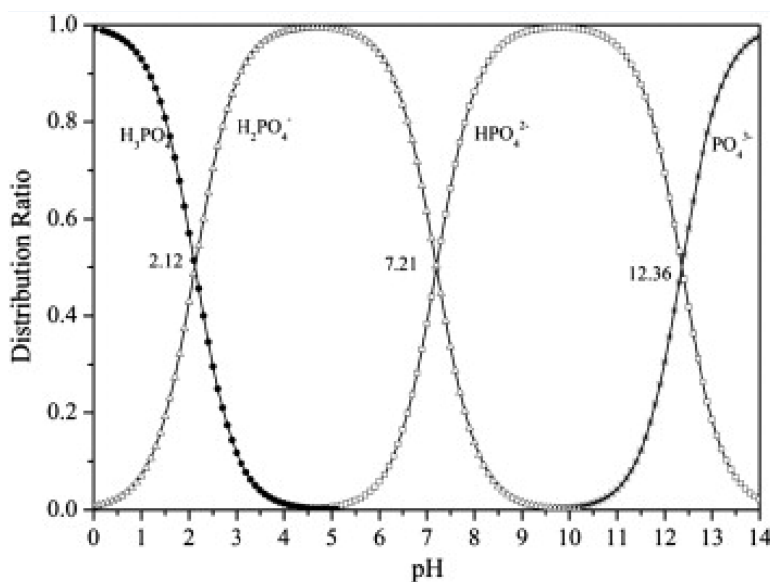
ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญมากในระบบนิเวศวิทยา เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องในการส่งผ่านพลังงาน และเป็นส่วนประกอบของ Deoxyribonucleic acid (DNA) และ ribonucleic acid (RNA) ตามปกติแล้วจะมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำอยู่ในแหล่งน้ำ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2545)

ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของฟอสเฟตจะถูกพืชนำไปใช้ได้ดีที่สุด และเนื่องจากฟอสเฟตเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ดีและมีปริมาณมากกว่าอินทรีย์ฟอสเฟตที่ละลายน้ำอยู่มาก จึงอาจใช้ค่าของฟอสเฟตแทนค่าผลรวมของฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ(Total soluble phosphorus) ทั้งหมดได้ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2543)

ฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟตในน้ำแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือชนิดละลายน้ำและชนิดที่อยู่ในรูปของแข็งหรือแขวนลอย และสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบตามลักษณะของโครงสร้างของโมเลกุล คือออร์โธฟอสเฟต โพลีฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟต โดยปกติแล้วออร์โธและโพลีฟอสเฟตจะละลายน้ำเป็นส่วนใหญ่ ส่วนอินทรีย์ฟอสเฟตนั้นจะละลายหรือแขวนลอย (ฐิติมา จิโนวัฒน์, 2544)

1. สารประกอบพวกอินทรีย์ฟอสเฟต (Organic phosphorus) ได้แก่ สารประกอบฟอสฟอรัสที่เกิดจากกระบวนการทางชีวะ และฟอสฟอรัสที่รวมอยู่กับสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น และรวมทั้งฟอสฟอรัสที่อยู่กับซากพืชซากสัตว์

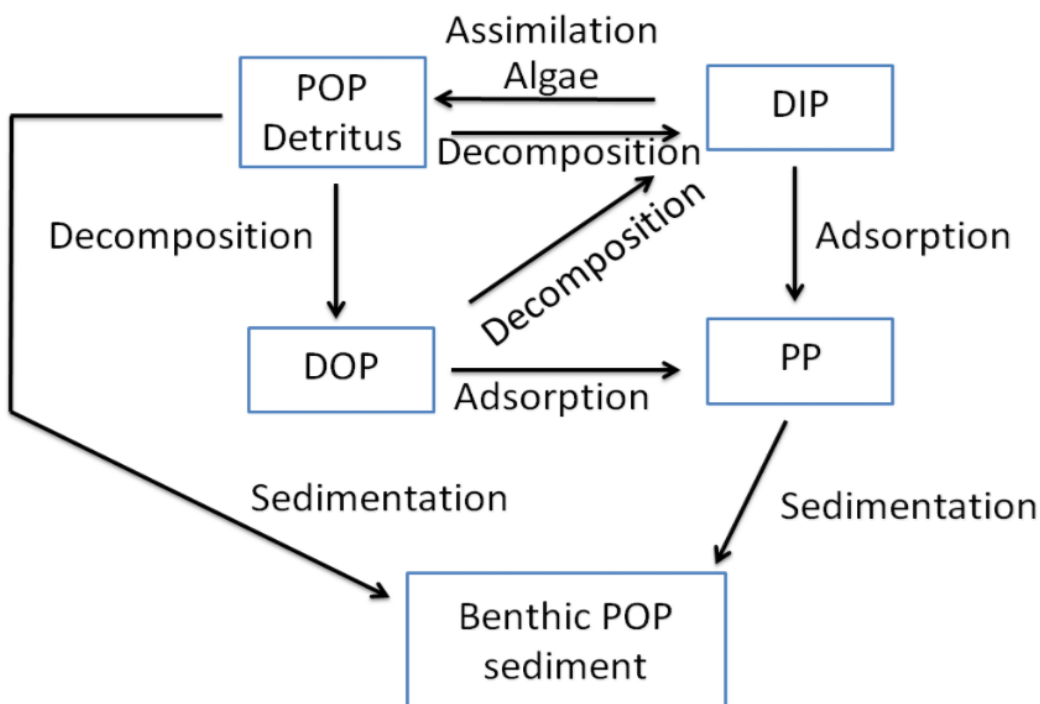
2. สารประกอบพวกอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (Inorganic phosphorus) ได้แก่ สารประกอบพวกฟอสเฟตที่พบในแหล่งน้ำทั่วไป ซึ่งได้รับมาจากน้ำที่จากกิจกรรมต่างๆ แบ่งออกได้เป็นออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ได้แก่สารประกอบพวก  $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$  สารประกอบพวกนี้สามารถละลายน้ำได้ดี และแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สารประกอบออร์โธฟอสเฟต เรียกว่า Soluble reactive phosphate สารประกอบออร์โธฟอสเฟตอีกอย่างหนึ่ง คือ โพลีฟอสเฟต(Polyphosphate) พบในน้ำที่จากบ้านเรือนที่อยู่อาศัยเนื่องจากเป็นส่วนผสมของผงซักฟอก (Detergent) ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันสารประกอบพวกโพลีฟอสเฟตสามารถเปลี่ยนแปลงมาเป็นสารประกอบออร์โธฟอสเฟต Polyphosphate จะแตกตัวเป็น Orthophosphate ตามการเปลี่ยนแปลงของ pH โดย pH ที่ระดับต่างๆ แสดงถึงระดับในการผสมกันของสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสด้วย (Boonphakdee and Fujiwara, 2008) (รูปที่ 2-1)



ภาพที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ ( $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$  และ  $PO_4^{3-}$ ) กับ pH ในแหล่งน้ำ (Millero, 2013)

#### 2.4.1 วิถีจักรของฟอสฟอรัส

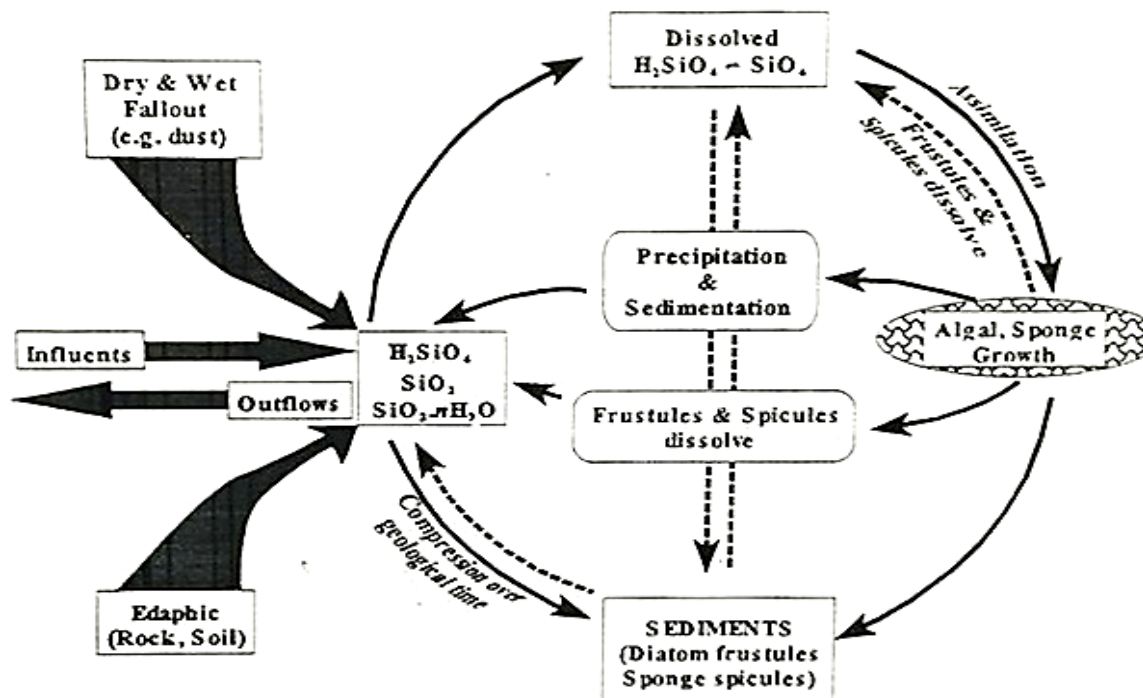
ฟอสฟอรัสถูกพัดพาจากการชะล้างสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อยู่ในพืชและสัตว์ รวมเป็นเศษซากล่องลอยในมวลน้ำ สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสแขวนลอย particulate organic phosphorus (POP) และละลายสารอินทรีย์เหล่านั้นกลายเป็นสารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส dissolved organic phosphorus (DOP) การย่อยสลายของจุลินทรีย์จะเปลี่ยนสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสไปเป็นสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัส dissolved inorganic phosphorus (DIP) โดยส่วนหนึ่งมาจากน้ำทิ้ง ของกิจกรรมมนุษย์ โดยสารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัสจะถูกแปลงที่ตอนพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต สารแขวนลอยฟอสฟอรัส particulate phosphorus (PP) จะเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่ร่อย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส สารแขวนลอยฟอสฟอรัสจะสะสมในตะกอนที่พื้นท้องน้ำ การกวนตะกอน จากกระแสลมและน้ำ จะทำให้สารแขวนลอยฟอสฟอรัส เพิ่มขึ้นในมวลน้ำ (ถนอมศักดิ์ บุญภักดี, 2558)



ภาพที่ 2-3 วัฏจักรของฟอสฟอรัส (ถนอมศักดิ์ บุญภักดี, 2558)

## 2.5 ซิลิเกต

ซิลิเกตมีปริมาณบนผิวโลกมากเป็นอันดับสองรองจากออกซิเจน โดยจะพบอยู่ในรูปออกไซด์ซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) เช่น ควอร์ตซ์ (quartz) และอาจรวมกับโลหะในรูปของสารประกอบแร่ซิลิกา โดยเริ่มจากการผุพังสลายตัวของหินอัคนี โดยถูกพัดพาออกสู่ทะเล ผ่านทางแม่น้ำลำธาร ซิลิเกตจะถูนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืช กลุ่มไดอะตอม และฟองน้ำ เพื่อสร้างเป็นโครงร่างแข็งภายนอกของเซลล์ เมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลง ซิลิเกตจะตกตะกอนที่บดบนพื้นท้องน้ำ (มนูดี หังสพฤกษ์, 2532) กิจกรรมของสัตว์หน้าดิน และกระบวนการ Upwelling จะนำซิลิเกตกลับขึ้นมาจากพื้นท้องน้ำ และถูกนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชต่อไป โดยทั่วไปในแม่น้ำมีปริมาณซิลิเกตสูงกว่าในน้ำทะเลมาก จึงพบปริมาณซิลิเกตบริเวณชายฝั่งมีปริมาณสูง ขณะที่ในทะเลพบปริมาณซิลิเกตปริมาณต่ำกว่า (สุจินต์ ดีแท้, 2546)



ภาพที่ 2-4 วัฏจักรของซิลิกาในแหล่งน้ำ (Mackie, 2004)

## 2.6 ปัจจัยทางกายภาพของน้ำ

### 2.6.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของแหล่งน้ำที่มีความสำคัญ มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงก็คือมีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของทั้งพืชและสัตว์ ทางอ้อมคือเป็นตัวการสำคัญในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบอื่นๆ เช่นมีอิทธิพลต่อการหมุนเวียนและการผสมกลมกลืนของน้ำในทะเลและมหาสมุทร (สุวัจน์ ธีรุต, 2549) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำเกิดขึ้นได้จากการที่มีแสงส่องผ่านลงไปแหล่งน้ำ ต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน (สนิท อักษรแก้ว, 2539) อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อความเค็มและความหนาแน่นของน้ำทะเลเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความเค็มและความหนาแน่นของน้ำทะเลจะลดลง แต่เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงความเค็มและความหนาแน่นของน้ำทะเลจะเพิ่มสูงขึ้น(พิชาญ สว่างวงศ์, 2527)

### 2.6.2 ความเค็ม (Salinity)

ความเค็ม หมายถึง ความเข้มข้นของเกลือ (ซึ่งปกติคือโซเดียมคลอไรด์) ในน้ำนิยมนวัดโดยใช้หน่วยน้ำหนักคลอไรด์ต่อล้านส่วนของน้ำ (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532) โดยทั่วไปน้ำในทะเลและมหาสมุทรมีความเค็มค่อนข้างคงที่ระหว่าง 34-36 แต่ถ้าทะเลบริเวณชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืด ความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงกว้างมากระหว่าง 0-33 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล อาจมีผลต่อคุณลักษณะทาง

กายภาพของมวลน้ำ น้ำที่มีความเค็มเพิ่มสูงขึ้นจะมีความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้อุณหภูมิของน้ำเป็นตัวกำหนดความหนาแน่นของน้ำร่วมกับความเค็มด้วย ความหนาแน่นของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อการหมุนเวียนของมวลน้ำได้ (สุวรรณภา ภาณุตระกูล, 2555)

### 2.6.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) เป็นปัจจัยสำคัญที่จะบอกว่าจะมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยทั่วไปในบรรยากาศมีออกซิเจนอยู่ประมาณ 21 % แต่ส่วนใหญ่อยู่เป็นธาตุอิสระในรูปของโมเลกุลออกซิเจน ออกซิเจนละลายน้ำได้น้อยมากเพราะแก๊สออกซิเจนไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับน้ำ ความสามารถในการละลายออกซิเจนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และความเค็ม ซึ่งออกซิเจนละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อความดันเพิ่มขึ้น อุณหภูมิและความเค็มของน้ำลดลง (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำถูกควบคุมโดยกระบวนการทางกายภาพและชีวเคมีหลายกระบวนการ แหล่งที่มาและความสำคัญของออกซิเจนที่ละลายน้ำตามธรรมชาติได้จากการสังเคราะห์แสงของผู้ผลิต ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) พืชน้ำ (aquatic plants) สาหร่าย (algae) และการแพร่จากบรรยากาศซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าจุดอิ่มตัว ส่วนการหายใจของสิ่งมีชีวิต การย่อยสลายสารอินทรีย์และกระบวนการไนตริฟิเคชันทั้งที่เกิดขึ้นในมวลน้ำและดินตะกอนเป็นกระบวนการใช้ออกซิเจน ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำหรือในแหล่งน้ำที่มีความเสื่อมโทรม (eutrophication) ในรอบวันออกซิเจนที่ละลายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเป็นวัฏจักร โดยช่วงเวลาเช้ามีดักก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นออกซิเจนละลายจะมีค่าต่ำสุด และค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางวันจนมีค่าสูงสุดในตอนบ่ายเนื่องจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ในเวลากลางคืนปริมาณออกซิเจนจะค่อยๆต่ำลง เพราะการสังเคราะห์แสงจะหยุดลงมีแต่การหายใจของสิ่งมีชีวิต การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนในรอบวันนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะในแหล่งน้ำที่มีพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืชมาก นอกจากนี้การสังเคราะห์แสงของพืชที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานแสงที่ส่องผ่านลงไปใต้น้ำ ถ้าหากน้ำมีความขุ่นการส่องผ่านของแสงลงไปใต้น้ำจะลดลง ยิ่งถ้าความขุ่นที่เกิดจากแพลงก์ตอนจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนจากระดับผิวน้ำและที่ลึกลงไป ซึ่งในบริเวณที่ลึกๆที่มีปริมาณแพลงก์ตอนมากๆปริมาณออกซิเจนอาจจะเป็น 0 mg/l หรือมีออกซิเจนต่ำ เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ เนื่องจากมีปัญหาจากการมีปริมาณแพลงก์ตอนมาก แสงส่องผ่านลงไปได้น้อยอาจทำให้เกิดปัญหาการตายฉับพลันของแพลงก์ตอนโดยเฉพาะพวกที่อยู่ด้านล่างๆ แม้ว่าแพลงก์ตอนพืชเป็นพวกที่มีขนาดเล็กๆ แต่เมื่อมีปริมาณมากๆ และตายลงทันทีทำให้เกิดการเน่าสลายที่ต้องใช้ออกซิเจน ดังนั้นการตายของแพลงก์ตอนหรือการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซากพืช ซากสัตว์ จะมีผลต่อปริมาณออกซิเจน (ฐิติมา จิโนวัฒน์, 2544)

### 2.6.4 ความนำไฟฟ้า(Conductivity)

สภาพการนำไฟฟ้า เป็นการวัดความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้า โดยสภาพนำไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิขณะทำการวัด (มันสิน ตันฑุลเวศม์ และมันรัก ตันฑุลเวศม์,

2551, หน้า 6/2-6/5) อีออนต่างชนิดกันมีค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกันหน่วยของค่าความนำไฟฟ้าคือไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (microsiemen/cm ; us/cm) (ฐิติมา จิโนวัฒน์, 2544) ชนิดของสารที่มีประจุและความเข้มข้นของสารมีประจุแต่ละชนิดซึ่งส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอินทรีย์มากกว่าสารประกอบอนินทรีย์ นอกจากนี้จำนวนประจุของสารที่มีประจุก็นจะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำนั้นด้วย

### 2.6.5 ความโปร่งแสง (Transparency)

ความโปร่งแสงเป็นการวัดความลึกที่แสงสามารถส่องผ่านลงไปใต้น้ำได้ ความโปร่งแสงของน้ำจะผันแปรตามสีและความขุ่นของน้ำ แต่บางครั้งความโปร่งแสงอาจผันแปรตามความเข้มของแสงและทิศทางของแสง ความโปร่งแสงเป็นตัวแปรคุณภาพน้ำที่วัดได้ง่ายและรวดเร็วโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Secchi disc ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-30 เซนติเมตร ทำด้วยโลหะ ไม้ หรือพลาสติกก็ได้ Secchi disc นี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน แต่ละส่วนจะทาสีขาวและดำสลับกัน มีจุดศูนย์กลางจะมีห่วงไว้ผูกเชือก ด้านตรงข้ามอาจมีวัตถุติดถ่วงเอาไว้เพื่อให้ Secchi disc มีน้ำหนักมากขึ้น (ไพฑูริย์ หมายมั่นสมสุข, ม.ป.ป.)

### 2.6.6 สารแขวนลอย (Suspended Solids, SS)

สารแขวนลอยประกอบด้วยอนุภาคของดิน (sand, silt และ clay) สารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่มีขนาดเล็ก แพลงก์ตอน ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็กอื่นๆที่อยู่ในน้ำ สารแขวนลอยบดบังการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำซึ่งมีผลต่อปริมาณผลผลิตขั้นต้นของแหล่งน้ำ ปริมาณสารแขวนลอยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 25-80 mg/L ผลของสารแขวนลอยต่อสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณของสารแขวนลอย ระยะเวลาที่สัมผัสกับสารแขวนลอย ส่วนประกอบทางเคมีของสารแขวนลอย และการกระจายขนาดอนุภาคของสารแขวนลอย (มนูวดี ห้างสพฤกษ์, 2542) สารแขวนลอยในแหล่งน้ำมีผลทำให้การส่องผ่านของแสงจากดวงอาทิตย์ลงสู่แหล่งน้ำลดลงได้ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้รับปริมาณแสงน้อยกว่าที่ควรจะได้รับ ทำให้ผลผลิตเบื้องต้นลดต่ำลงได้ อนุภาคแขวนลอยยังส่งผลโดยตรงต่อการหายใจของสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์น้ำที่หายใจผ่านเหงือก อนุภาคแขวนลอยอาจจะเข้าไปทำให้เหงือกอุดตันได้ ทำให้สัตว์น้ำตาย หรือมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง การที่อนุภาคแขวนลอยในแหล่งน้ำดูดกลืนแสงไว้ในปริมาณที่มาก อาจส่งผลกระทบต่ออ้อมในอุณหภูมิที่ผิวน้ำเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดการแยกชั้นน้ำ และยังส่งผลกระทบต่อเนื่องให้การแพร่ของออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำลดลงด้วย (สุวัจน์ ธีญรส, 2536)

## 2.7 แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton)

แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเซลล์เดียวที่สามารถสร้างอาหารได้เองจากกระบวนการสังเคราะห์แสง ภายในเซลล์มีสารสีหรือรงควัตถุ (pigment) ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (chlorophylls), แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และไฟโคบิลโพรตีน (phycobiloproteins) ทำให้สามารถดูดซับแสงจากดวงอาทิตย์และใช้พลังงานแสงเหล่านั้นผ่านกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน

กระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรต แพลงก์ตอนพืชจึงถูกจัดว่าเป็นผู้ผลิต(producer) ในห่วงโซ่อาหาร(food chain) ที่สำคัญในระบบนิเวศ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542) เนื่องจากเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์น้ำวัยอ่อนพวกครัสตาเซียหลายชนิดรวมทั้งสัตว์น้ำอื่นๆ ที่มีการกินอาหารโดยการกรองกินจากมวลน้ำโดยเฉพาะหอยสองฝา เช่นหอยแมลงภู่ หอยนางรม เป็นต้น นอกจากนี้หอยฝาดเดียวที่มีการกินอาหารแบบดูดและกินตามพื้นผิวต่างๆ ก็ต้องอาศัยแพลงก์ตอนพืชที่เกาะอยู่บนพื้นผิวเป็นอาหารด้วยเช่นกัน (กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2546)

### 2.7.1 ประโยชน์ของแพลงก์ตอนพืช (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

1. เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของห่วงโซ่อาหาร (food chain) และสายใยอาหาร (food web) ซึ่งแพลงก์ตอนพืชจะเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์และสัตว์น้ำ
2. เป็นตัวชี้วัด (indicator) ระดับความอุดมสมบูรณ์ของมวลน้ำ ชนิดของแพลงก์ตอนพืชสามารถเป็นตัววัดชี้วัดปริมาณสารอาหารในมวลน้ำได้ เช่น บริเวณที่มีสารอาหารสูงจะพบไดอะตอมกลุ่ม *Thalassiosira hyaline* และบริเวณที่มีสารอาหารต่ำจะพบไดอะตอมกลุ่ม *Rhizosolenia* และ *Planktoniella*
3. เป็นตัวชี้กระแสน้ำ (currents) ในทะเลและมหาสมุทรนิยมใช้แพลงก์ตอนพืชที่มีขนาดใหญ่ระบุบริเวณที่มีกระแสน้ำเย็นจากขั้วโลกไหลผ่าน จะพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม เช่น *Thalassiosira hyaline*
4. ชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชยังสามารถใช้ในการตรวจสอบมลภาวะของแหล่งน้ำ เช่น การที่แพลงก์ตอนพืช 2-3 ชนิดหรือเพียงชนิดเดียว เพิ่มจำนวนมากมายมหาศาล ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide)

### 2.7.2 สารชีวพิษที่สร้างโดยแพลงก์ตอนพืช (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558)

1. พิษอัมพาต (Paralytic Shellfish Poisoning: PSP) ออกฤทธิ์ต่อปลายประสาท ระบบกล้ามเนื้อและระบบทางเดินหายใจสารชีวพิษสร้างจากแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตในสกุล *Alexandrium* ได้แก่ *Alexandrium catenella* และ *Alexandrium tamarensis* พบในประเทศอเมริกา
2. พิษท้องร่วง (Diarrhetic Shellfish Poisoning: DSP) มีฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหารสารชีวพิษสร้างจากแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต ในสกุล *Dinophysis* ได้แก่ *Dinophysis fortii* และ *Dinophysis acuta*
3. พิษที่ทำให้ความจำเสื่อม (Amnesic Shellfish Poisoning: ASP) ออกฤทธิ์รบกวนการส่งสัญญาณในสมอง อาจส่งผลให้สูญเสียความทรงจำ แพลงก์ตอนพืชที่สร้างสารชีวพิษคือแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม ได้แก่ *Pseudo-nitzschia pungens*



4. พิษต่อระบบประสาทรับความรู้สึก (Neurotoxic Shellfish Poisoning: NSP) ออกฤทธิ์ต่อระบบทางเดินหายใจ สารชีวพิษสร้างจากแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต ได้แก่ *Gymnodinium breve*

5. พิษซิกัวเทอรา (Ciguatera Fish Poisoning: CFP) ทำให้เกิดอาการทางระบบประสาทและระบบทางเดินอาหารสารชีวพิษสร้างจากแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต ได้แก่ *Gambierdiscus toxicus*

## 2.8 ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) (สุวัจน์ ธีรธร, 2549)

ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันเป็นการเพิ่มปริมาณสารอาหารและสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ ยังรวมถึงการเปลี่ยนแปลงกำลังผลผลิตเบื้องต้น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตอันเนื่องมาจากแหล่งน้ำอยู่ในสถานะที่มีกำลังผลิตมากเกินไป อันเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของสารอาหารในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (Dissolved Inorganic Nitrogen and Phosphorus) จากแหล่งต่างๆ เช่น การชะล้างจากแผ่นดิน อากาศ ทะเลในพื้นที่ใกล้เคียง รวมถึงการเพิ่มสัดส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (N/P ratio) สารอาหารที่สำคัญและเป็นสาเหตุในการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน คือ ไนโตรเจน ในรูปของไนเตรทหรือแอมโมเนีย และฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟต ซึ่งถูกแบคทีเรียเปลี่ยนฟอสฟอรัสไปอยู่ในรูปฟอสเฟตและไนโตรเจนไปอยู่ในรูปแอมโมเนียจากนั้นแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์ไปอยู่ในรูปไนไตรท์และไนเตรท ในทะเลจะสามารถได้รับทั้งในรูปที่ละลายน้ำ (Dissolve) และในรูปของอนุภาค (Particulate) รวมทั้งสารอินทรีย์จากแผ่นดินผ่านทางแม่น้ำ จากการปล่อยลงทะเลโดยตรง จากบรรยากาศ รวมทั้งจากทะเลในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งสถานะที่แหล่งน้ำมีปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสารอินทรีย์ในปริมาณที่มากเกินไปทำให้แพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียบางชนิดมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

## 2.9 ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide)

ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Red tide) เกิดขึ้นเป็นประจำในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก(รวม ทรัพย์ ชำนาญธนา, 2549) จะทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีเป็นสีที่ผิดไปจากสีของน้ำทะเลปกติ เช่น สีเขียว สีแดง และ สีน้ำตาล มีกลิ่นเหม็นลักษณะเป็นตะกอนแขวนลอยในน้ำ เป็นหย่อมหรือเป็นแถบยาวตามแนวทิศของกระแสลม และคลื่น ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ชาวประมงเรียกว่า ขี้ปลาหวา (สุนีย์ สุวภีพันธ์, 2538) ปรากฏการณ์นี้มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มของปริมาณสารอาหารในบริเวณชายฝั่งทะเลจากกิจกรรมของมนุษย์ (DeLa-Cruz, 2002) เกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชบางชนิดที่อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการยูโทรฟิเคชันจนทำให้น้ำทะเลมีสีเปลี่ยนไปจากสีน้ำทะเลปกติ โดยการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยทุกปัจจัย ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่ง การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในธรรมชาตินั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอาหารที่จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สารอาหารที่มักจะเป็นตัวจำกัดการเจริญของแพลงก์ตอนพืชในธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสเฟต (กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2546) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอาหารทั้งสองย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้สารอาหารบางชนิดก็มีความสัมพันธ์กับแพลงก์ตอนพืชบางกลุ่ม เช่น ซิลิกา ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม ในส่วนของการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนสัตว์ก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารที่มีอยู่ในขณะนั้น (พรศิลป์ ผลพันธิน, 2544)

ปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเกิดขึ้นบ่อยครั้งในบริเวณชายฝั่งทะเลของหาดบางแสน โดยในปี พศ 2550-2551 พบว่าเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่หาดบางแสน-วอนนภาศัพท์ ทั้งสิ้น 8 ครั้ง (ประนิตดา และ ถนอมศักดิ์, 2553) โดยน้ำทะเลจะมีสีแดง เหลืองน้ำตาล และเขียว มักจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอันมีสาเหตุมาจากไดโนแฟลกเจลเลต *Noctiluca scintillans* และเปลี่ยนสีเป็นสีแดง โดยมีสาเหตุมาจากไดโนแฟลกเจลเลต *Ceratium furca* (ประนิตดา และถนอมศักดิ์ 2553) แพลงก์ตอนพืชเหล่านี้เป็นกลุ่มที่ไม่สร้างสารชีวพิษ (Cheevaporn and Menasveta, 2003; Mohamed and Mesaad 2007) แต่ก็สามารถทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่นในน้ำได้ เพราะจะมีปริมาณออกซิเจนในน้ำลดต่ำลงและมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้น ทำให้ปลาและสัตว์น้ำตายลงเป็นจำนวนมาก (กรมควบคุมมลพิษ และสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2546)

**2.9.1 การเกิดขึ้นของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี** อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะคือ (พรศิลป์ ผลพันธิน, 2544)

1. ระยะเริ่มต้น (Initiation) เป็นระยะที่แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีเกิดขึ้นในบริเวณนั้น ซึ่งแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้จะเปรียบเป็นเสมือนหัวเชื้อ ที่จะทำให้น้ำเปลี่ยนสีปรากฏขึ้น
2. ระยะพัฒนา (Development) เป็นระยะที่แพลงก์ตอนพืชเริ่มเข้าสู่กระบวนการพื้นฐานของการเจริญ โดยมีการแบ่งเซลล์ในอัตราสูงที่สุด

3. ระยะการรวมตัว (Aggregation) เป็นระยะที่ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสีของน้ำทะเล ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของแพลงก์ตอนพืชเป็นจำนวนมาก
4. ระยะสลายตัว (Dissipation) เป็นระยะที่แพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาเหตุเริ่มมีการสลายตัวซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับกลไกต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานะของมวลน้ำในบริเวณนั้นด้วย

## 2.10 ไอโซโทปเสถียร

ไอโซโทปเสถียรถูกนำมาใช้ในการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ และสามารถใช้ในการศึกษากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของผู้ผลิตขั้นต้น การย่อยสลาย การเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม และการตกตะกอนทับถม (Boutton, 1991) ไอโซโทปเสถียรใช้บ่งบอกแหล่งที่มาที่แตกต่างกันของสารอินทรีย์ได้ (Peterson, Howarth & Garritt, 1985) และติดตามการกระจายของน้ำเสียที่มาจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน เช่น จากการขับถ่ายของสัตว์ น้ำทิ้งจากบ้านเรือนหรือโรงงานบำบัดน้ำเสีย (Dolence & Vokal, 2005) ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์จะมีปริมาณของไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน แตกต่างไปจากสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีผลกระทบจากน้ำเสีย (Yamamuro, Kayanne & Yamano, 2003)

ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในการศึกษาระบบนิเวศชายฝั่ง ถูกนำมาใช้ในการหาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอน และสารอินทรีย์ที่แขวนลอยในมวลน้ำ นอกจากนี้ยังใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำ (Fry & Sherr, 1984) เนื่องจากไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) สามารถที่ใช้บ่งบอกแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของสิ่งมีชีวิตและไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกแหล่งที่มาของสารอาหารไนโตรเจนได้เป็นอย่างดีเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการใช้สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ในการบ่งบอกแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ได้ซึ่งถ้า C:N มีค่าน้อยกว่า 12 แสดงว่าสารอินทรีย์มีแหล่งที่มาจากแพลงก์ตอนพืช แต่ถ้ามากกว่า 12 แสดงว่ามาจากกิจกรรมของมนุษย์ (Wu, Zuang, Li, Wei & Lu, 2003)

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปริมาณและกระจายของไนโตรเจนในบริเวณชายฝั่ง พบว่าแหล่งที่มาของสารอาหารต่างๆในแหล่งน้ำนั้นมาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ แหล่งที่มาจากภายนอกโดยเฉพาะจากการชะล้างน้ำพาสารอาหารจากแผ่นดินลงสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีของเสียจากชุมชนรวมถึงเขตพื้นที่เกษตรกรรม และอีกแหล่งที่สำคัญคือ สารอาหารในทะเล อาจมาจากการย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิตจำพวกแบคทีเรียและการเปลี่ยนรูปของสารอาหาร เช่นการศึกษาของ Ramesh et al.(2017) พบว่าการแพร่กระจายของไนโตรเจนจากแผ่นดินไปสู่แหล่งน้ำนั้นโดยการชะล้างและการไหลของน้ำผิวดิน ซึ่งบริเวณปากแม่น้ำพบความเข้มข้นของ  $\text{NH}_4^+$  เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน ในขณะที่ชายฝั่งตะวันออกที่เชื่อมกับอ่าวเบงกอลพบ

ความเข้มข้นของ  $\text{NH}_4^+$  ในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง ต่อมาในปี ค.ศ.2018 X.Wang et al. พบว่าน้ำที่มาจากแหล่งน้ำใต้ดิน มาจากการไหลของแม่น้ำที่เข้าสู่อ่าว Daya Bay ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากกระบวนการและกิจกรรมของมนุษย์ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การทำเหมืองและการเพาะเลี้ยงในกระชัง ซึ่งการปล่อยของเสียจากกิจกรรมเหล่านี้เป็นตัวการสำคัญในการเพิ่มขึ้นของสารอาหารในอ่าว Daya Bay จากการศึกษาของ X.Gao et al.(2018) พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียและไนเตรทบริเวณปากแม่น้ำ Jiangdong มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลและในช่วงที่เกิดน้ำท่วมความเข้มข้นของไนเตรทเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการชะล้างน้ำจากแผ่นดินลงสู่ปากแม่น้ำ และจากการศึกษาของ บุษยา ปลั่งอ่อนและคณะ(2559) พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน ไนเตรทและแอมโมเนียมีค่าสูงขึ้นในช่วงฤดูฝน เนื่องจากฤดูฝนมีการไหลของน้ำผิวดิน ทำให้พัดพาสารอาหารที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ลงสู่อ่าวบ้านดอนมากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Buranapratheprat et al.(2002) พบว่าพื้นที่อ่าวชลบุรีในช่วงฤดูน้ำมากจะมีปริมาณสารอาหารในมวลน้ำสูงกว่าในช่วงฤดูน้ำน้อยซึ่งเป็นผลมาจากการชะล้างของน้ำผิวดิน ต่อมา มนุชดี หังสพฤกษ์(2532) พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเล ในช่วงเวลาที่มีแสงแดดยาวนานจะช่วยให้แพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำบริเวณที่แสงส่องถึงลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการศึกษาการแพร่กระจายของสารอาหารบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ตอนล่างของปัญญานิษฐ์ พรพวงษ์และคณะ(2532) พบว่าอินทรีย์ไนโตรเจนในช่วงฤดูแล้งมีค่าน้อยกว่าฤดูฝน โดยปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในช่วงฤดูแล้งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน เนื่องจากอินทรีย์ไนโตรเจนถูกออกซิไดซ์เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับการศึกษาของมินตรา มารบุญและคณะ(2556) พบว่าการแพร่กระจายของสารอาหารในอ่าวไทยมีการสะสมบริเวณพื้นที่ตื้นกว่าระดับผิวน้ำน้ำ เมื่อมีการฟุ้งกระจายของดินตะกอนจะส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนและไนเตรทสูงขึ้น ในขณะที่อินทรีย์มีการย่อยสลายเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย หากมีมากเกินไปจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนโตรเจนและไนเตรทสูงแหล่งน้ำ ต่อมาฉลุย มุสิกะและคณะ(2541) พบว่าบริเวณหาดบางแสนตอนบนมีปริมาณสารอาหารสูงเกินมาตรฐาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะบริเวณนี้มีการพัฒนาในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เช่น มีการสร้างโรงแรมที่พัก ร้านอาหาร ตลอดจนอาคารพาณิชย์ ทำให้นักท่องเที่ยวนิยมไปที่จุดนี้สูงขึ้นจากแต่ก่อน ส่งผลให้บริเวณหาดบางแสนตอนบนได้รับการปนเปื้อนจากของเสียต่างๆ เป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำทะเลเสื่อมโทรมมากกว่าบริเวณอื่นๆ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสและซิลิเกตบริเวณชายฝั่ง ฟอสฟอรัสมาจากการสลายตัวของหิน ฟอสเฟตหรือมาจากการเนาเปื้อยของซากพืชและสัตว์ ส่วนซิลิเกตมาจากการสลายตัวของหินอัคนีโดยน้ำเป็นตัวกลางที่ทำหน้าที่ชะล้างและละลายสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสและซิลิเกต ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและแม่น้ำ ออกสู่ทะเล โดยระยะทางของการลำเลียงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสและซิลิเกต จากการศึกษาของ Li et al. (2007) ในแม่น้ำแยงซี ประเทศจีน พบว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 ปริมาณซิลิเกตและฟอสฟอรัสที่ไหลลงสู่ทะเล มีปริมาณที่ลดลง โดยระยะทางในการลำเลียงของสารอาหารก็มีผลต่อการลดลงของฟอสฟอรัสและซิลิเกต เนื่องจากถูกแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในลำน้ำแยงซีกักเก็บเอาไว้ และยังมีเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสอย่างช้าๆ

ในปี ค.ศ. 1950 - ค.ศ. 1970 แต่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในปี ค.ศ.1980 จนถึงปัจจุบัน เนื่องจากการเกษตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัสที่มีปริมาณมากขึ้น ทำให้แพลงก์ตอนพืชมีการเพิ่มจำนวนและน้ำซึลิกเกตไปใช้

การชะล้าง ละลาย และลำเลียงฟอสฟอรัสและซิลิเกตลงสู่แหล่งน้ำ ออกสู่ชายฝั่ง โดยน้ำที่มีปริมาณมาก ในฤดูฝนส่งผลให้มีการลำเลียงฟอสฟอรัสและซิลิเกตได้มาก จึงทำให้ฟอสฟอรัสและซิลิเกตมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ตามการศึกษาของ อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ และเผชญิโชค จินตเศรษฐี (2545) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงในช่วงเดือนเมษายน มิถุนายน กันยายน และธันวาคม พ.ศ. 2545 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสและซิลิเกตตามฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งได้ผลตรงกับเผชญิโชค จินตเศรษฐี และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาฟอสเฟตและซิลิเกตละลายน้ำบริเวณบางปะกงเอสทูรีในฤดูน้ำมากและน้ำน้อย พบว่าฟอสเฟตและซิลิเกตละลายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยพบความเข้มข้นสูงในช่วงฤดูน้ำมากและลดลงเมื่อเข้าสู่ฤดูน้ำน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เนื่องจากบริเวณชายฝั่งบางพื้นที่อย่างเช่นหาดวอนนภาถึงแหลมแท่น ไม่มีแม่น้ำที่ลำเลียงฟอสฟอรัสและซิลิเกตออกสู่ชายฝั่ง การลำเลียงฟอสฟอรัสและซิลิเกตบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นนี้ จึงอาจมาจากการลำเลียงผ่านการเคลื่อนย้ายน้ำใต้ดิน ซึ่งจากผลการศึกษาของ Burnett et al. (2007) พบว่าน้ำใต้ดินบริเวณศรีราชามีการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสและซิลิเกตลงสู่อ่าวไทยสูงเกือบครึ่งหนึ่งของการเคลื่อนย้ายผ่านแม่น้ำเจ้าพระยา นอกจากนี้การศึกษาของ มินตรา มารบุญ และคณะ (2556) ยังพบว่าเมื่อฟอสฟอรัสและซิลิเกตลำเลียงสู่บริเวณชายฝั่งจะสะสมอยู่บริเวณพื้นที่ท้องน้ำ โดยพบว่าสารอาหารบริเวณพื้นที่ท้องน้ำมีความเข้มข้นสูงกว่าบริเวณผิวน้ำและ Boonphakdee and Fujiwara (2008) พบว่าปริมาณสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำในเอสทูรีแม่น้ำบางปะกงมีความสัมพันธ์กับ pH ของน้ำ โดยน้ำที่มี pH ที่เป็นค่าสูงจะส่งผลให้สารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำมีพฤติกรรมแบบอนุรักษ์ จึงทำให้ Polyphosphate ที่มาจากโรงงานและชุมชนเปลี่ยนแปลงเป็น Orthophosphate ซึ่งแพลงก์ตอนสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ และอาจนำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

การศึกษาเกี่ยวกับชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งทะเล ทั้งในและต่างประเทศ มีการศึกษาทั้งในบริเวณปากแม่น้ำและบริเวณชายฝั่งทะเล ดังเช่นการศึกษาของHuang et al. (2018) พบการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตบริเวณชายฝั่งฮ่องกงมากที่สุดในเดือนมีนาคม และพบการเพิ่มจำนวนของไดอะตอมมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูใบไม้ผลิ นั้น ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของ ไดโนแฟลกเจลเลต และไดอะตอม ต่อมาในปี ค.ศ. 2002 Dela-Cruz et al. (2002) พบ *Noctiluca scintillians* บริเวณชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของออสเตรเลีย ในช่วงฤดูใบไม้ผลิจำนวน 16 เซลล์ต่อลิตร ส่วนในช่วงฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว พบจำนวนน้อยกว่า 1 เซลล์ต่อลิตร และในช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน พบจำนวนมากถึง 79 เซลล์ต่อลิตร ภายหลังจากการเพิ่มจำนวนขึ้นของไดอะตอม

ส่วนการศึกษานิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในชายฝั่งทะเลของประเทศไทยนั้น มีการศึกษาของรวมทรัพย์ ชำนาญธนา (2549) ที่ได้ทำการศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน พบแพลงก์ตอนพืช

ทั้งหมด 3 ดิวิชัน 94 สกุล แพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นชนิดเด่นคือ ไดอะตอมสกุล *Chaetoceros* spp. และ *Skeletonema costatum* รองลงมาคือ ไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ceratium* spp. ส่วนการศึกษาความชุกชุมของ แพลงก์ตอนพืชตามฤดูกาลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ได้มีการศึกษาในพื้นที่อ่าวพัทยาถึงแหลมฉบัง จ. ชลบุรี โดยมุกดา ศิริสังวร (2532) ซึ่งพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 66 สกุล ในกลุ่ม ไดโนแฟลกเจลเลต ไดอะตอม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และสาหร่ายสีเขียว แพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นสกุลเด่นมากที่สุดคือ *Chaetoceros* spp., *Bacteriastrium* spp., และ *Rhizosolenia* spp. ซึ่งแพลงก์ตอนมีจำนวนสูงสุดในช่วงฤดูฝนรองลงมาคือฤดูร้อน และฤดูหนาว ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแพลงก์ตอนพืชมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลทั้งในด้านของจำนวน และชนิด ต่อมาเฉลิมชัย อยู่สำราญ และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืช บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืชทั้งสิ้น 3 Division รวม 53 สกุล โดยความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แอมโมเนีย ไนเตรท และคลอโรฟิลล์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณ แพลงก์ตอนพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าเมื่อปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากขึ้น จะทำให้ปริมาณ คลอโรฟิลล์เพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งต่อมาประนิตตา เพ็งจิว และถนอมศักดิ์ บุญภักดี (2553) ได้ทำการศึกษา การเปลี่ยนแปลงชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชขณะเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณหาดบาง แสนชลบุรี จำนวน 8 ครั้ง พบแพลงก์ตอนพืช 17 สกุลประกอบด้วยไดอะตอม (diatom) มากที่สุด 11 สกุล รองลงมาได้แก่ไดโนแฟลกเจลเลต (dinoflagellate) 5 สกุล และแพลงก์ตอนพืชสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) 1 สกุล แพลงก์ตอนพืชที่เพิ่มจำนวนจนทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของน้ำทะเลเดือน เมษายน พฤษภาคม และ สิงหาคม ได้แก่ *Chaetoceros* spp., *N. scintillans* และ *C. furca* ส่งผลให้น้ำทะเลมีสีเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล แดง สีเขียว และสีแดง ตามลำดับ

การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีอาจมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัส เพราะเนื่องจาก แพลงก์ตอนพืชต้องการฟอสฟอรัสปริมาณไม่มากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ส่วนซิลิเกตก็มีความจำเป็นสำหรับ แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม โดยการศึกษาของ วาสนา อากรรัตน์ (2555) พบว่าแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณซิลิเกต และจากการศึกษา lam et al. (1997) อ้างโดยแววตา ทองระอา (2541) พบว่าปริมาณของไนเตรทและฟอสฟอรัสสูงในระหว่างการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี และตรวจพบปริมาณฟอสฟอรัสสูงในช่วงก่อนเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและปริมาณฟอสฟอรัสได้ลดลง ภายหลังจากที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีสิ้นสุดลงแล้ว และจากการศึกษาของ Liu et al. (2013) บริเวณปากแม่น้ำแยงซีและน่านน้ำใกล้เคียง โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) ใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี ระหว่างปี ค.ศ. 1972 ถึง 2009 พบปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีเกิดขึ้นรวม 174 ครั้ง ซึ่งมี 25 ครั้งที่มีขนาดใหญ่กว่า 1,000 ตารางกิโลเมตร หลังจากปี 2000 ความถี่ของการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีในพื้นที่ดังกล่าวร้อยละ 51 และ 20 ตามลำดับ (มากกว่า 10 ครั้งต่อปี) ซึ่งเป็นการส่งผลเสียต่อเศรษฐกิจนอกชายฝั่งและชายฝั่งทะเลและต่อ

สุขภาพของมนุษย์ ซึ่งปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทย ดังการสำรวจของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (สมภพ รุ่งสุภา และคณะ, 2546) พบบริเวณอ่าวไทยตอนบนฝั่งตะวันออกในเขตจังหวัด ชลบุรีเป็นบริเวณที่มีความถี่ของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีสูงสุด ต่อมา ปีพ.ศ. 2548 (2548) พบการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี 21 ครั้ง บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงจนถึงอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ส่วนมากจากการเพิ่มจำนวนของไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *N. scintillians* และ *C. furca* ต่อมา วรินทร์า วศิณะเมฆินทร์ และคณะ (2551) พบการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสี 5 ครั้ง บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จากการเพิ่มจำนวนของไดโนแฟลกเจลเลต *N. scintillians* เพียงสกุลเดียว 2 ครั้ง ในเดือน เมษายนและสิงหาคม 2550 ทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียว และการเพิ่มจำนวนของไดโนแฟลกเจลเลต *N. scintillians* และ *C. furca* จำนวน 3 ครั้ง ทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ซึ่งในปัจจุบันการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีในพื้นที่ดังกล่าวยังไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนมากนัก และต่อมากรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2558) พบการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในช่วงปี 2557-2558 ที่ผ่านมา ทั้งฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย แต่มักเกิดบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยเป็นส่วนใหญ่ โดยพื้นที่ชายฝั่งทะเล บริเวณหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี จะพบแพลงก์ตอนพืชไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *N. scintillians* และไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 2-1 บริเวณที่พบการเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีในจังหวัดชลบุรี (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558)

วันที่เก็บข้อมูล	สถานที่เกิด	ชนิดแพลงก์ตอนพืช	จำนวน (cell/L)
11-12 ก.ย. 2557	ท่าเรือแหลมฉบัง พัทยาใต้	<i>Noctiluca scintillians</i>	23400
		<i>Ceratium furca</i>	18533
		<i>Pseudonitzschia</i>	17316
6 ก.ย. 2558	ชายหาดบางแสน	<i>Noctiluca scintillians</i>	2244-183714
		<i>Chaetoceros</i> spp.	160449
9 ส.ค. 2558	ชายหาดบางแสน	<i>Noctiluca scintillians</i>	2147-732000
		<i>Chaetoceros</i> spp.	481500
28 ส.ค. 2558	เกาะสีชัง	<i>Noctiluca scintillians</i>	0-2261
		<i>Chaetoceros</i> spp.	1297-4915

การเกิดปรากฏการณ์ Eutrophication นั้นสืบเนื่องมาจากปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสารอาหารในทะเลนั้นก็มาจากหลายแหล่ง เช่น มาจากบนบกโดยผ่านทางแม่น้ำขนาดใหญ่รวมถึงคลองขนาดเล็ก น้ำฝน และน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้สารอาหารในทะเลเพิ่มสูงขึ้นจนก่อให้เกิด ปรากฏการณ์ Eutrophication

และจะเกิดน้ำทะเลเปลี่ยนสีตามมา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวและสัตว์น้ำ ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสารอาหารที่มาจากแหล่งต่างๆ ที่ไหลลงสู่ทะเล จึงเป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณชายฝั่งทะเลในอ่าวไทยตอนในได้อย่างดี เช่น น้ำทิพย์และถนอมศักดิ์ (2553) ได้ทำการศึกษาปริมาณการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจนในคลองขนาดเล็กบริเวณเขตอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ที่ไหลลงสู่ทะเล พบว่ามีไนโตรเจนรวม 274.0 ตัน/ปี ไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี และเมื่อเปรียบเทียบกับแม่น้ำขนาดใหญ่ พบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนต่อพื้นที่ลุ่มน้ำของคลองขนาดเล็กมีปริมาณมากกว่าแม่น้ำขนาดใหญ่อย่างเห็นได้ชัด เช่นเดียวกับการศึกษาของ ศิริพรเพ็ญ และคณะ (2553) ที่ทำการศึกษาการเคลื่อนย้ายสารอาหารฟอสฟอรัสพบว่าคลองขนาดเล็กในจังหวัดชลบุรี เคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสรวมออกสู่ทะเลมากกว่า 800 ตัน/ปี จากผลการศึกษาจะเห็นว่าคลองขนาดเล็กก็มีบทบาทในการเคลื่อนย้ายสารอาหารลงสู่อ่าวไทยตอนในเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้น้ำฝนก็ยังเป็นตัวพาไนโตรเจนลงสู่อ่าวไทยตอนในด้วยเช่นกัน เช่น การศึกษาของ Sutthasom and Boonphakdee (2013) พบว่าอนินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำฝนลงสู่อ่าวไทยตอนใน 0.8 ตันไนโตรเจน/วัน ในช่วงฤดูฝน และยังมีการศึกษาของ Burnett et al (2007) ที่ศึกษาปริมาณสารอาหารในน้ำใต้ดินที่ไหลลงสู่อ่าวไทยตอนในโดยผ่านแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าน้ำใต้ดินเคลื่อนย้ายอนินทรีย์ไนโตรเจน 40 – 50% อนินทรีย์ฟอสฟอรัส 60 – 70% และซิลิเกต 15 – 40% ลงสู่อ่าวไทยตอนใน

การศึกษาปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำความเข้าใจถึงแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช และเข้าใจถึงสภาวะการเพิ่มปริมาณของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในน้ำทะเล ดังนั้นหากสามารถบ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของสารอาหารอันเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิด Eutrophication และเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ก็จะทำให้การจัดการและควบคุมปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (Costanzo et.al.,2001) มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งในการศึกษาแหล่งที่มาของสารอาหารที่เป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ Eutrophication นั้นจะต้องใช้เทคนิคทางด้านไอโซโทปเสถียร แต่ในปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยในประเทศไทยที่ใช้บ่งชี้ถึงแหล่งที่มาของสารอาหารในการเกิดปรากฏการณ์ Eutrophication บริเวณชายฝั่ง แม้แต่ในต่างประเทศก็ยังมีศึกษาไม่มากนัก (Tucker et al, 1999; Dolence et al., 2005) ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะเป็นการศึกษาการแพร่กระจายของคาร์บอนและไนโตรเจนในระบบนิเวศแหล่งน้ำโดยใช้ไอโซโทปเสถียร(Sugimoto et al., 2006 ; Viana et al., 2011 and reference therein) สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลทั้งที่เป็นพวกแพลงก์ตอนหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่จะสะสมไนโตรเจนที่มาจากน้ำเสียจากกิจกรรมมนุษย์ได้ซึ่งจะมีปริมาณของไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) จะต่ำกว่า 3 ‰ (Andrew et al., 1998) และไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) จะมีค่าน้อยกว่า -25 ‰ (Cifuentes et al., 1999)



Andrew et al (1998) ทำการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอนในอ่าวฮันส์โดยใช้ไอโซโทปเสถียรคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ในน้ำและในตะกอนดินเพื่อบ่งบอกแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ พบว่าในอ่าวฮันส์ได้รับน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์เช่น น้ำเสียจากโรงงานกระดาษ และโรงงานน้ำตาล เช่นเดียวกับการศึกษาของ Boonphakdee et al (2008) ที่พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในปากแม่น้ำบางปะกงมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยจะมาจากดินในนาข้าวและจากพีชบกในช่วงฤดูน้ำมาก และมาจากทะเลและน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ในระหว่างฤดูน้ำน้อย

Dela-Cruz et al (2002) พบว่าปริมาณของ *Noctiluca scintillans* ในบริเวณชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศออสเตรเลียมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณของไดอะตอม (*Thalassiosira partheneia*) ซึ่งพบใน food vacuole ของ *Noctiluca* และจากวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) พบว่าที่มาของสารอาหารที่ *Thalassiosira* ใช้ในการเจริญเติบโตมีแหล่งที่มาจากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งลงสู่อ่าวซิดนีย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Gaston and Suthers (2004) ที่พบว่าปลาที่กินแพลงตอนเป็นอาหาร (planktivorous fish) ในอ่าวซิดนีย์ มีการสะสมไนโตรเจนและคาร์บอนที่มาจากน้ำทิ้งของชุมชนเมืองซิดนีย์เช่นกัน

Marci et al (2004) ศึกษาปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ใน Macrophytes ตรวจสอบแหล่งที่มาของน้ำเสียในระบบนิเวศทางน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ใน Macrophytes เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับผลกระทบจากน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ และภายในชั้นน้ำมีความเข้มข้นของอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นเช่นกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lin et al. (2007) ที่พบว่าไนโตรเจนในสาหร่ายที่อยู่ในอ่าว Nanwan ทางตอนใต้ของประเทศไต้หวันมีที่มาจากน้ำเสียมีปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  สูงกว่าสาหร่ายที่อยู่ด้านนอก และไกลจากเขตชายฝั่ง ดังนั้นจากการศึกษาปริมาณของไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนใน Macrophytes จึงสามารถบ่งชี้แหล่งที่มาของไนโตรเจนจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ลงสู่แหล่งน้ำได้ และเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมต่อไป (Kevin and Jeffrey, 2008 ; Viana et al., 2011)

Dolence et al (2005) ได้ตรวจสอบการแพร่กระจายของน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ใน Adriatic Sea โดยใช้ปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  พบว่ามีการแพร่กระจายของน้ำเสียจากชุมชนลงสู่พื้นที่ศึกษาและไนโตรเจนจากแหล่งกำเนิดดังกล่าวยังแพร่เข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยในพื้นที่นั้น โดยผ่าน food web การแพร่กระจายดังกล่าวยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล

Rebecca and Charles (2008) ทำการศึกษาโดยใช้ปริมาณ  $\delta^{15}\text{N}$  ในการติดตามการได้รับไนโตรเจนจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ไหลลงสู่บริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งทำการเลือกตัวอย่างผู้ผลิตและผู้บริโภคจากบริเวณที่ได้รับ

ผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ตัวอย่างของ *Spartina alterniflora* ใน Cape Cod ใน Massachusetts ทางใต้ของอ่าว Great และอ่าว Jamaica ใน New York จากผลการศึกษาในเนื้อเยื่อของ *Spartina alterniflora* พบว่าจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในกลุ่มผู้บริโภ�กับ น้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ไหลลงสู่ปากแม่น้ำ สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงแหล่งที่มาของ ไนโตรเจนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการบ่งชี้การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีซึ่งจะเกิดขึ้นสืบเนื่องหลังจากการเกิด ปรากฏการณ์ Eutrophication ในบริเวณชายฝั่ง ส่วนใหญ่จะใช้ปริมาณของ  $\delta^{15}\text{N}$  เป็นตัวบ่งชี้เป็นหลัก แต่มี Oczkowaski et al (2014) ได้ทำการศึกษาในอ่าว Narragansett ประเทศสหรัฐอเมริกา และรายงานว่  $\delta^{13}\text{C}$  สามารถใช้บ่งชี้การเกิดปรากฏการณ์ Eutrophication ในบริเวณชายฝั่งได้ด้วย โดย  $\delta^{13}\text{C}$  จะเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีการ เจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และ  $\delta^{13}\text{C}$  จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง primary production ที่เกิดจากการ ได้รับสารอาหารที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการศึกษา

#### 3.1 พื้นที่การศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำและวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำจากบริเวณสะพานปลาหาดวอนนภาและสะพานราชเทวีแหลมแท่น จ.ชลบุรี รวมทั้งหมด 2 สถานี ได้แก่ สะพานปลาหาดวอนนภา (สถานีที่ 1) และ สะพานราชนาวิแหลมแท่น (สถานีที่ 2)

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดสถานีเก็บตัวอย่าง

Station	Code	Latitude	Longitude
หาดวอนนภา	WB	N13° 16' 04.4"	E100° 55' 12.1"
แหลมแท่น	LT	N13° 18' 17.7"	E100° 54' 05.0"



ภาพที่ 3-1 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภา (สถานีที่ 1) และ สะพานราชนาวิแหลมแท่น (สถานีที่ 2)

จังหวัดชลบุรี (มาตราส่วน 1: 30000)

### 3.2 ระยะเวลาดำเนินการศึกษา

ทำการศึกษในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 – เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ วันจันทร์ และวันพฤหัสบดี รวมจำนวนทั้งสิ้น 94 ครั้ง (ยกเว้นในช่วงแพลงก์ตอนบลูม คือ *Noctiluca scintillans* มากกว่า 100 เซลล์ต่อลิตร *Ceratium furca* มากกว่า 50,000 เซลล์ต่อลิตร และ *Skeletonema costatum* มากกว่า 100,000 เซลล์ต่อลิตร (สมภพ รุ่งสุภา และคณะ, 2546) จะทำการเก็บตัวอย่างทุกวันจนเข้าสู่ภาวะปกติ

### 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษา

#### 3.3.1 อุปกรณ์ที่ภาคสนาม

- เครื่อง Multi probe YSI85
- Secchi disc
- ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง
- ถังน้ำขนาด 10 ลิตร
- เครื่องวัดความลึกของน้ำโดยใช้คลื่นเสียง
- เชือก
- ถังลากแพลงก์ตอนขนาดตา 55 ไมครอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากถัง 30 เซนติเมตร

#### 3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

- เครื่อง Auto analyzer 3
- กระจกกรอง GF/F ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm
- อุปกรณ์ชุดกรอง ประกอบด้วย กรวย (Funnel) คีบหนีบ (Clamp) ฐานกรวย (base) จุกยาง (stopper) และ Sustion Flask
- เครื่องดูดอากาศ Vaccum pump
- เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่อุณหภูมิ 103-105°C
- เครื่องชั่งละเอียดที่สามารถชั่งได้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 (0.0001 g)
- กระจกฟอยล์
- กระจกตวง (cylinder) ขนาด 50 ml และ 250 ml
- ปากคีบ (forceps)
- ขวดโพลีเอทิลีน
- เครื่องวัด pH meter

- กล้องจุลทรรศน์
- Multi probe YSI 85
- Spectrophotometer
- Centrifuge
- Sedgewick Rafter Chamber ขนาด 1 มิลลิลิตร

### 3.4 วิธีการศึกษา

#### 3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากระดับผิวน้ำโดยใช้กระบอกเก็บน้ำ (Water sampler) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำสถานีละ 3 ซ้ำ ใส่แกลลอนขนาด 5 ลิตร และเก็บตัวอย่างน้ำทั้งจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic waste) ทั้งที่ผ่านการบำบัด (Treated wastewater) และไม่ผ่านการบำบัด (Untreated wastewater) จากท่อระบายน้ำทิ้งที่ไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลในพื้นที่ทำการศึกษ จากนั้นนำตัวอย่างน้ำทั้งหมดไปแช่เย็นในระหว่างการขนส่งก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ), ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรต ( $\delta^{15}N - NO_3$ ) ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนอินทรีย์ (POC, PON) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) และ สัดส่วนคาร์บอนอินทรีย์ต่อคลอโรฟิลล์เอ (POC:Chl a) ในห้องปฏิบัติการ และวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในน้ำ ได้แก่ ไนโตรเจนรวม (TN) อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ในห้องปฏิบัติการ รวมถึงตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนาม ได้แก่ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และอุณหภูมิ ด้วยเครื่อง YSI 85 และความเป็นกรด - ด่าง โดยใช้ pH Meter (HANNA; HI 98185)

#### 3.4.2 เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับผิวน้ำทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชโดยใช้ถุงลากลากแพลงก์ตอนขนาดตา 55 ไมครอน โดยการลากถุงในแนวขนานกับผิวน้ำเป็นระยะทางประมาณ 3 เมตร โดยควบคุมให้ถุงลากอยู่ในแนวระดับให้มากที่สุด พร้อมทั้งวัดพารามิเตอร์ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ, ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ด้วยเครื่อง Multi probe YSI 85

### 3.5 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง

#### 3.5.1 สารอินทรีย์แขวนลอย (POM) คาร์บอนอินทรีย์ (POC) และไนโตรเจนอินทรีย์ (PON) ในน้ำ

นำตัวอย่างน้ำประมาณ 1000 ml มากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman GF/C (ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 650 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง) นำกระดาษกรองไปแช่กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำ

กระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) และ วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนอินทรีย์ (POC, PON) ด้วยเครื่อง CHN analyser Perkin Elmer รุ่น 2400

### 3.5.2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ( $\delta^{15}\text{N} - \text{NO}_3$ ) ในน้ำ

ดำเนินการตามวิธีของ Tanaka and Saino (2002) โดยนำน้ำทะเลที่ผ่านการกรอง ปริมาตร 10 ลิตร มาเติม 10 % NaOH 100 มิลลิลิตร ลงไปแล้วลดปริมาตรให้เหลือปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นทำการลดปริมาตรอีกครั้งจนเหลือปริมาตรน้อยกว่า 1 ml นำไปอบให้แห้งบรรจุตัวอย่างที่เหลือใส่ Tin capsules และนำไปวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS)

### 3.5.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chl *a*)

นำกระดาษกรอง Whatman GF/F ที่ผ่านการกรองตัวอย่างน้ำใส่หลอดเซนตริฟิวจ์ แล้วใส่สารละลาย 90 % acetone ปริมาตร 2 - 3 ml ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ จากนั้นหุ้มหลอดเซนตริฟิวจ์ด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟอยล์จนมิดและเก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อสกัดรงควัตถุ จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดโดยการทิ้งไว้ข้ามคืนออกจากตู้เย็น และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่ที่มีแสงสว่างจนตัวอย่างมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง แล้วนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดแล้วเติมสารละลาย 90 % acetone จนมีปริมาตรเป็น 10 ml และนำตัวอย่างไปปั่นให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ที่ความเร็ว 3000 - 4000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 - 10 นาที นำสารละลายใสที่ได้จากการเซนตริฟิวส์มาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร โดยใช้ cuvette ขนาด 1 ซม. ลบค่าการดูดกลืนแสงของ blank คือสารละลาย 90 % acetone พร้อมกระดาษกรองที่ถูกเตรียมด้วยวิธีเดียวกันกับตัวอย่าง จากนั้นเติมสารละลายเจือจางของกรดเกลือ (5 %) 2 หยด ลงไปในตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเดิมหลังจากผสมตัวอย่างกับสารละลายกรดเกลือ คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ไมโครกรัม/ลิตร) ตามวิธีของ Strickland and Parsons, (1984) อ้างโดยกรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ (2545) ตามสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{Chlorophyll } a \text{ } (\mu\text{g/l}) = \frac{26.7(665_0 - 665_a) \times v}{V \times 1}$$

665<sub>0</sub> แทน ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง 665 นาโนเมตรก่อนการ เติมกรดเกลือ

665<sub>a</sub> แทน ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง 665 นาโนเมตรหลังการ เติมกรดเกลือ

V แทน ปริมาตรของน้ำที่กรอง (ลิตร)

v แทน ปริมาตรของ acetone ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

## 1 แทน ขนาดของ cuvette ที่ใช้ (เซนติเมตร)

### 3.5.4 ปริมาณสารอาหารในน้ำ

นำน้ำตัวอย่างมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman GF/F และใส่ขวดโพลีเอทิลีนทันที แล้วนำมาวิเคราะห์ อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN) และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ส่วนตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรองนำมาวิเคราะห์ไนโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ซึ่งปริมาณสารอาหารจะนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Auto analyzer 3 ตามวิธีของ Grasshoff, Ehrhardt, and Kremling (1983) โดยการคำนวณปริมาณสารอาหารจะสร้างกราฟมาตรฐานของสารอาหารในรูปต่าง ๆ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานจากสมการเส้นตรง โดยกำหนดให้ค่า R square ที่ได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน ต้องไม่น้อยกว่า 0.995 จึงนำกราฟมาตรฐานนั้นมาใช้คำนวณปริมาณของสารอาหารได้

### 3.6 การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ )

ซึ่งข้อมูลของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) และไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ที่รายงานออกมานั้น เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของตัวอย่างและสารมาตรฐาน

$$\delta X (\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 10^3$$

เมื่อ X แทน ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ( $^{13}\text{C}$  และ  $^{15}\text{N}$ )  
R แทน ค่าของสัดส่วนไอโซโทป ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  และ  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ )

นำข้อมูลที่ได้ไปทำเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ซึ่งใช้เปรียบเทียบกับปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ของแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ที่สำคัญ เช่น สารอินทรีย์ที่ได้มาจากในทะเล และสารอินทรีย์ที่ได้รับมาจากแผ่นดิน และใช้ Simple two sources mixing model ในการเปรียบเทียบสัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์โดยคำนวณได้จากสมการ

$$f (\%) = \frac{\delta^{13}\text{C}_{\text{marine}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{sample}}}{\delta^{13}\text{C}_{\text{marine}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{terrestrial}}} \times 100$$

เมื่อ  $f$  คือ สัดส่วนของสารอินทรีย์จากแผ่นดิน  
 $\delta^{13}\text{C}_{\text{marine}}$  คือ  $\delta^{13}\text{C}$  ของสารอินทรีย์ในทะเล

$\delta^{13}\text{C}_{\text{terrestrial}}$  คือ  $\delta^{13}\text{C}$  ของสารอินทรีย์จากแผ่นดิน

$\delta^{13}\text{C}_{\text{sample}}$  คือ  $\delta^{13}\text{C}$  ของสารอินทรีย์ในตัวอย่าง

### 3.7 เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ระดับผิวน้ำทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาดตา 55 ไมครอน โดยการลากถุงในแนวขนานกับผิวน้ำเป็นระยะทางประมาณ 3 เมตร โดยควบคุมให้ถุงลากอยู่ในแนวระดับให้มากที่สุด พร้อมทั้งวัดพารามิเตอร์ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ, ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ด้วยเครื่อง Multi probe YSI 85

### 3.8 การจำแนกและนับจำนวนตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช

- การจำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืช

จำแนกชนิดของแพลงก์ตอนพืชตามของลัดดา วงศ์รัตน์ (2542)

- การนับจำนวนตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช

ทำการนับตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชจำนวน 3 ซ้ำในขวดเก็บตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้ Sedgewick Rafter Chamber ขนาด 1 มิลลิลิตร เพื่อคำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดที่พบ (เซลล์ต่อลิตร) จากการนับโดยใช้

### 3.9 การคำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2545)

3.9.1 คำนวณปริมาตรน้ำที่ผ่านถุงลากแพลงก์ตอนพืช โดยใช้สูตร

$$V = (3.14)R^2h$$

V = ปริมาตรน้ำที่ผ่านถุงลากแพลงก์ตอน (ลิตร)

R = รัศมีของปากถุงลากแพลงก์ตอน

h = ระยะทางที่ลากถุงแพลงก์ตอน



### 3.9.2 คำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช โดยใช้สูตร

$$D = [N \cdot (d \cdot v \cdot 1000)] / V$$

D = ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (เซลล์/ลิตร)

N = จำนวนที่ตรวจนับได้ใน Sedgewick Rafter Chamber

d = จำนวนเท่าที่เจือจาง(ถ้ามี)

v = ปริมาตรน้ำในขวดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรน้ำที่ผ่านอุ้งลากลแพลงก์ตอน

### 3.10 การคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายและความสม่ำเสมอ

#### 3.10.1 คำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย (Hurlbert, 1971)

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

H' = ค่าดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืช

Pi = จำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดหารด้วยจำนวน  
แพลงก์ตอนพืชรวม (i) ทั้งหมด

#### 3.10.2 คำนวณค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Clarke and Warwick, 1994)

$$E = H / \ln S$$

E = ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ

N = ค่าดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดในสถานีนั้น

### 3.11. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.11.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของสารอาหารไนโตรเจน โดยนำข้อมูลปริมาณของแอมโมเนีย(NH<sub>3</sub>) ไนไตรท์(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) สารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DON) สารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DIN) ไนโตรเจนละลายน้ำ(TDN) ไนโตรเจนแขวนลอย (PN) ไนโตรเจนรวม(TN), ฟอสฟอรัสรวม(TP), ฟอสฟอรัสแขวนลอย(PP), สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ(DIP), สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ(DOP) และซิลิเกตที่ได้ทำการศึกษานำมาทดสอบหาความแตกต่างระหว่างฤดูกาลและสถานี โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Two-way ANOVA เป็นตัวทดสอบทางสถิติ

3.11.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเพลงก็ต่อนพีช โดยนำข้อมูลความหนาแน่นของเพลงก็ต่อนพีช และข้อมูลคุณภาพน้ำ มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Mini tab ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance : ANOVA) ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา และในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างพร้อมทั้งทดสอบการแจกแจงปกติด้วย Normality Test และหาความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าว โดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การศึกษการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในรูปของแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ไนโตรเจนรวม แววนลอย ไนโตรเจนรวมละลายน้ำ ไนโตรเจนรวม และคุณภาพน้ำทั้งปริมาณสารแขวนลอย อุณหภูมิ ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลายน้ำ ความโปร่งแสงตามเวลาในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ.2560 จนถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

#### 4.1 คุณภาพน้ำ

จากการศึกษาตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ในระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 โดยมีปัจจัยทางกายภาพของน้ำทะเลเป็นดังต่อไปนี้

##### 4.1.1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม พบว่าบริเวณหาดวอนนภาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 3.01-7.50 mg/L มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม เฉลี่ย  $6.58 \pm 0.35$  mg/L และค่าเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในเดือนตุลาคม  $4.42 \pm 0.94$  mg/L ส่วนบริเวณแหลมแท่นพบค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤษภาคม เฉลี่ย  $5.91 \pm 1.02$  mg/L และค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายนค่าเฉลี่ย  $4.22 \pm 0.46$  mg/L จากการศึกษพบว่าทั้ง 2 บริเวณมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยพบว่าทั้ง 2 บริเวณมีการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน

##### 4.1.2 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม พบว่าบริเวณหาดวอนนภาอุณหภูมิสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ เฉลี่ย  $33.96 \pm 1.60$  °C และมีค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ย  $27.00 \pm 2.22$  °C ส่วนบริเวณแหลมแท่นพบว่ามีอุณหภูมิสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย  $33.98 \pm 1.44$  °C และต่ำสุดในเดือนมกราคมค่าเฉลี่ย  $27.02 \pm 1.45$  °C จากการศึกษพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาทั้ง 2 บริเวณ โดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิจะสูงในเดือนกันยายนและมีแนวโน้มค่อยๆลดลงจนถึงเดือนมกราคมและอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์

#### 4.1.3 ความเค็ม (Salinity)

ความเค็ม ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม พบว่าบริเวณหาดวอนนภา พบว่าความเค็มสูงสุดของบริเวณหาดวอนนภาอยู่ในเดือนธันวาคมเฉลี่ย  $30.59 \pm 0.33$  และค่าเฉลี่ยต่ำสุด  $16.91 \pm 3.25$  และพบว่าบริเวณแหลมแท่นความเค็มสูงสุดอยู่ในเดือนธันวาคม เฉลี่ย  $30.71 \pm 0.44$  และพบค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เฉลี่ย  $14.68 \pm 4.57$  จากการศึกษา พบว่าทั้ง 2 บริเวณมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยทั้งหาดวอนนภาและแหลมแท่นมีการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน คือ ความเค็มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนและมีค่าสูงสุดในเดือนพฤศจิกายนและต่ำสุดในเดือนกันยายนทั้ง 2 บริเวณ

#### 4.1.4 ความเป็นกรด-ด่าง

ความเป็นกรด-ด่าง ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาบริเวณหาดวอนนภามีความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 7.94-9.02 ค่าเฉลี่ย  $8.66 \pm 0.24$  พบว่าบริเวณหาดวอนนภาที่มีค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคม เฉลี่ย  $8.94 \pm 0.18$  ค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เฉลี่ย  $8.16 \pm 0.59$  และบริเวณแหลมแท่นมีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 8.03-8.97 ค่าเฉลี่ย  $8.69 \pm 0.19$  พบว่าบริเวณแหลมแท่นมีค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคมเฉลี่ย  $8.93 \pm 0.22$  และมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เฉลี่ย  $8.28 \pm 0.49$  จากการศึกษาพบว่าทั้งบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นมีการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 บริเวณมีค่าสูงสุดในเดือนธันวาคมและค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน

#### 4.1.5 ความนำไฟฟ้า (Conductivity)

ความนำไฟฟ้า ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม พบว่าบริเวณหาดวอนนภาค่าความนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 24.65-52.40 ms/cm มีค่าเฉลี่ย  $44.71 \pm 7.14$  ms/cm โดยบริเวณหาดวอนนภาที่มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคมเฉลี่ย  $50.29 \pm 1.00$  ms/cm ค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคมเฉลี่ย  $29.84 \pm 5.64$  ms/cm และบริเวณแหลมแท่นมีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 24.21-52.40 ms/cm ซึ่งค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม เฉลี่ย  $50.38 \pm 0.99$  ms/cm และมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เฉลี่ย  $28.91 \pm 6.45$  ms/cm จากการศึกษาพบว่าทั้ง 2 บริเวณมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา และมีเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกันคือ ค่าความนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยต่ำสุดในเดือนกันยายนและสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์

#### 4.1.6 ความโปร่งใส (Transparency)

ความโปร่งใส ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาบริเวณหาดวอนนภาที่มีค่าความโปร่งใสอยู่ในช่วง 0.50-3.00 m. ค่าเฉลี่ย  $1.80 \pm 0.53$  m. พบค่าความโปร่งใสสูงสุดในเดือนมกราคม มีค่าเฉลี่ย  $2.01 \pm 0.11$  m ค่าต่ำสุดในเดือนมิถุนายน เฉลี่ย  $0.50 \pm 0.16$  m. ส่วนบริเวณแหลมแท่นมีค่าความโปร่งใสอยู่ในช่วง 0.60-2.90 m.

ค่าเฉลี่ย  $1.66 \pm 0.50$  m. ซึ่งพบว่ามีค่าความโปร่งใสสูงสุดในเดือนมกราคม เฉลี่ย  $1.88 \pm 0.24$  m และต่ำสุดในเดือนมิถุนายนเฉลี่ย  $0.63 \pm 0.28$  m โดยทั้ง 2 บริเวณมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความโปร่งใสตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากเดือนกันยายนและค่าสูงสุดในเดือนมกราคมทั้ง 2 บริเวณ

#### 4.1.7 สารแขวนลอย (Suspension)

สารแขวนลอย ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม พบว่าบริเวณหาดวอนนภา มีปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 20.00-174.00 mg/L ค่าเฉลี่ย  $62.00 \pm 42.81$  mg/L มีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน  $121.60 \pm 21.88$  mg/L และมีค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม เฉลี่ย  $24.95 \pm 5.20$  mg/L ส่วนบริเวณแหลมแท่น ปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 17.00-237.00 mg/L ค่าเฉลี่ย  $70.00 \pm 36.80$  mg/L โดยพบค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน เฉลี่ย  $108.55 \pm 35.79$  mg/L และค่าต่ำสุดในเดือนตุลาคม เฉลี่ย  $23.90 \pm 4.84$  mg/L

#### 4.1.8 ความเข้มแสง

ความเข้มแสง ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม พบว่าบริเวณหาดวอนนภา มีความเข้มแสงอยู่ในช่วง 25793-245049 lx ค่าเฉลี่ย  $112279 \pm 55682$  lx มีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม  $173426 \pm 53554$  lx และต่ำสุดในเดือนธันวาคม  $61156 \pm 36466$  lx ส่วนบริเวณแหลมแท่น มีค่าความเข้มแสงอยู่ในช่วง 24462-219434 lx และค่าเฉลี่ย  $105886 \pm 48053$  lx พบค่าความเข้มแสงสูงสุดอยู่ในเดือนมีนาคมเฉลี่ย  $180137 \pm 42077$  lx และค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนธันวาคม  $55634 \pm 41225$  lx

ตารางที่ 4-1 คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 - เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)		อุณหภูมิ (°C)		ความเค็ม		ความเป็นกรด-ด่าง	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD
กันยายน 2560	หาดวอนนภา	3.59-5.83	4.64±0.89	30.60-32.50	31.34±0.73	14.00-21.80	18.74±3.14	8.33-8.86	8.64±0.20
	แหลมแท่น	4.47-5.76	5.11±0.48	30.50-32.80	31.36±0.82	12.00-21.40	17.14±3.44	8.35-8.90	8.62±0.21
ตุลาคม 2560	หาดวอนนภา	3.01-5.60	4.42±0.94	29.40-31.40	30.70±0.54	10.30-29.80	21.79±5.97	8.51-8.91	8.73±0.15
	แหลมแท่น	2.87-5.60	4.29±0.84	29.80-31.50	30.87±0.50	17.30-30.70	22.49±5.07	8.55-8.91	8.76±0.13
พฤศจิกายน 2560	หาดวอนนภา	3.32-5.64	4.58±0.71	26.90-29.60	28.00±0.92	29.40-31.00	30.26±0.52	7.94-8.81	8.44±0.27
	แหลมแท่น	3.40-4.86	4.22±0.46	26.40-29.30	27.89±0.84	28.20-31.10	29.79±1.13	8.03-8.77	8.48±0.24
ธันวาคม 2560	หาดวอนนภา	4.12-6.28	5.92±0.65	23.50-29.70	27.00±2.22	30.00-31.00	30.56±0.33	8.52-8.92	8.74±0.14
	แหลมแท่น	4.45-6.87	6.07±0.95	22.10-30.20	26.88±2.83	29.90-31.10	30.71±0.44	8.47-8.97	8.67±0.16
มกราคม 2561	หาดวอนนภา	3.50-6.32	5.34±0.95	25.40-29.20	27.23±1.45	29.00-30.90	30.21±0.58	8.11-9.02	8.66±0.35
	แหลมแท่น	4.30-6.80	5.31±0.81	25.10-29.40	27.02±1.45	29.00-31.10	30.52±0.65	8.74-8.85	8.80±0.04
กุมภาพันธ์ 2561	หาดวอนนภา	3.73-6.12	5.05±0.87	25.60-29.90	33.96±1.60	28.80-31.40	30.37±0.91	8.73-8.88	8.81±0.05
	แหลมแท่น	4.47-5.76	5.11±0.48	26.20-29.80	33.98±1.44	29.30-31.30	30.59±0.67	8.57-8.93	8.80±0.12

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 2-2 คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 - เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บ ตัวอย่าง	สถานี	ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)		อุณหภูมิ (°C)		ความเค็ม		ความเป็นกรด-ด่าง	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD
มีนาคม 2561	หาดวอนนภา	6.08-6.96	6.58±0.35	28.90-31.50	30.48±0.93	27.80-30.10	29.15±0.83	8.21-8.98	8.61±0.31
	แหลมแท่น	4.22-7.32	5.63±1.33	30.30-31.00	30.70±0.30	28.70-30.60	29.45±0.91	8.25-9.04	8.60±0.31
เมษายน 2561	หาดวอนนภา	5.60-6.74	6.17±0.78	28.40-32.90	31.10±1.27	26.80-29.80	28.61±0.90	8.62-9.08	8.83±0.15
	แหลมแท่น	3.89-7.18	5.62±0.96	28.70-32.20	31.17±1.07	28.90-30.20	28.98±0.77	8.61-9.09	8.82±0.14
พฤษภาคม 2561	หาดวอนนภา	4.48-6.84	6.05±0.97	31.10-32.70	31.96±0.72	27.20-28.90	28.16±0.63	8.68-9.16	8.94±0.18
	แหลมแท่น	4.83-7.45	5.91±1.02	31.20-32.50	31.92±0.63	26.80-29.30	28.00±1.11	8.73-9.20	8.93±0.22
มิถุนายน 2561	หาดวอนนภา	5.70-7.50	6.62±0.76	31.00-33.20	31.80±0.99	24.20-25.50	25.04±0.49	8.76-9.03	8.89±0.11
	แหลมแท่น	4.30-7.55	5.80±1.22	31.10-32.50	31.66±0.56	23.30-25.40	24.86±0.88	8.56-9.05	8.91±0.21
กรกฎาคม 2561	หาดวอนนภา	2.70-6.95	5.24±1.20	29.30-31.50	30.50±0.74	18.20-26.00	23.12±2.15	7.64-9.19	8.59±0.56
	แหลมแท่น	3.46-5.87	5.24±1.20	28.80-31.50	29.94±0.93	19.80-30.90	20.37±4.34	7.80-9.11	8.71±0.59
สิงหาคม 2561	หาดวอนนภา	4.10-6.99	5.24±1.04	28.70-30.20	29.47±0.48	12.90-22.30	16.91±3.25	7.16-8.91	8.16±0.59
	แหลมแท่น	3.00-7.00	4.66±1.34	28.70-30.20	29.55±0.52	9.40-22.80	14.68±4.57	7.04-8.90	8.28±0.49

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 4-3 คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 - เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	ความนำไฟฟ้า (ms/cm)		ความโปร่งแสง (m)		สารแขวนลอย (mg/L)	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD
กันยายน 2560	หาดวอนนภา	24.65-38.32	32.33±5.01	0.50-2.30	1.27±0.71	21.20-85.00	48.55±26.09
	แหลมแท่น	24.21-34.32	30.38±4.08	0.60-1.80	1.17±0.54	16.80-70.00	38.21±18.15
ตุลาคม 2560	หาดวอนนภา	28.64-49.09	39.99±6.98	1.70-2.70	1.81±0.30	16.40-32.67	24.95±5.20
	แหลมแท่น	31.15-51.70	38.71±8.17	1.50-2.50	1.72±0.29	18.40-32.00	23.90±4.84
พฤศจิกายน 2560	หาดวอนนภา	45.21-50.04	48.19±1.64	1.60-2.70	1.98±0.41	31.60-57.33	38.73±9.00
	แหลมแท่น	28.00-50.90	46.36±7.05	1.80-2.60	1.66±0.31	28.80-60.00	37.56±9.96
ธันวาคม 2560	หาดวอนนภา	45.68-50.80	48.45±2.10	1.80-3.00	1.78±0.42	29.20-65.33	40.99±12.05
	แหลมแท่น	44.83-52.00	48.81±2.61	1.90-2.90	1.79±0.39	28.40-67.33	41.32±13.82
มกราคม 2561	หาดวอนนภา	44.85-51.40	48.40±2.05	2.10-2.40	2.01±0.11	51.33-152.00	86.93±30.84
	แหลมแท่น	44.98-50.60	47.73±1.79	1.70-2.40	1.88±0.24	57.33-156.00	84.48±30.59
กุมภาพันธ์ 2561	หาดวอนนภา	45.04-52.40	49.66±2.44	1.70-2.50	1.87±0.29	36.40-74.00	55.56±13.13
	แหลมแท่น	47.90-52.40	49.89±1.60	1.50-2.30	1.64±0.28	24.80-57.33	48.23±11.44

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)



ตารางที่ 4-4 คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 - เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บ ตัวอย่าง	สถานี	ความนำไฟฟ้า (ms/cm)		ความโปร่งแสง (m)		สารแขวนลอย (mg/L)	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD
มีนาคม 2561	หาดวอนนภา	48.36-51.00	50.29±1.00	0.50-1.70	1.12±0.50	65.00-168.00	113.86±39.52
	แหลมแท่น	49.14-52.00	50.38±0.99	0.60-1.80	1.25±0.47	42.00-132.00	88.57±37.43
เมษายน 2561	หาดวอนนภา	45.10-52.00	49.07±2.14	0.50-2.00	0.99±0.50	59.00-196.00	111.98±42.65
	แหลมแท่น	48.25-52.60	50.35±1.43	0.40-1.20	0.78±0.30	50.00-174.00	98.05±37.35
พฤษภาคม 2561	หาดวอนนภา	47.94-50.90	49.64±1.10	0.50-1.90	1.16±0.57	48.00-108.00	70.27±23.26
	แหลมแท่น	47.87-50.90	49.48±1.43	0.30-1.80	1.06±0.55	48.00-83.00	61.10±13.33
มิถุนายน 2561	หาดวอนนภา	39.57-50.20	44.34±4.13	0.30-0.70	0.50±0.16	90.00-151.00	121.60±21.88
	แหลมแท่น	25.10-45.35	39.07±8.27	0.30-0.90	0.63±0.28	69.00-158.00	108.55±35.79
กรกฎาคม 2561	หาดวอนนภา	29.50-46.82	39.17±5.38	0.30-1.70	0.86±0.50	36.00-237.00	93.91±54.52
	แหลมแท่น	28.61-48.89	35.34±6.12	0.30-1.50	0.94±0.51	38.00-166.00	79.19±43.04
สิงหาคม 2561	หาดวอนนภา	21.57-39.55	29.84±5.64	0.50-1.80	1.05±0.34	28.00-68.00	58.64±35.99
	แหลมแท่น	18.25-39.01	28.91±6.45	0.20-1.50	0.90±0.33	21.00-88.00	51.88±32.74

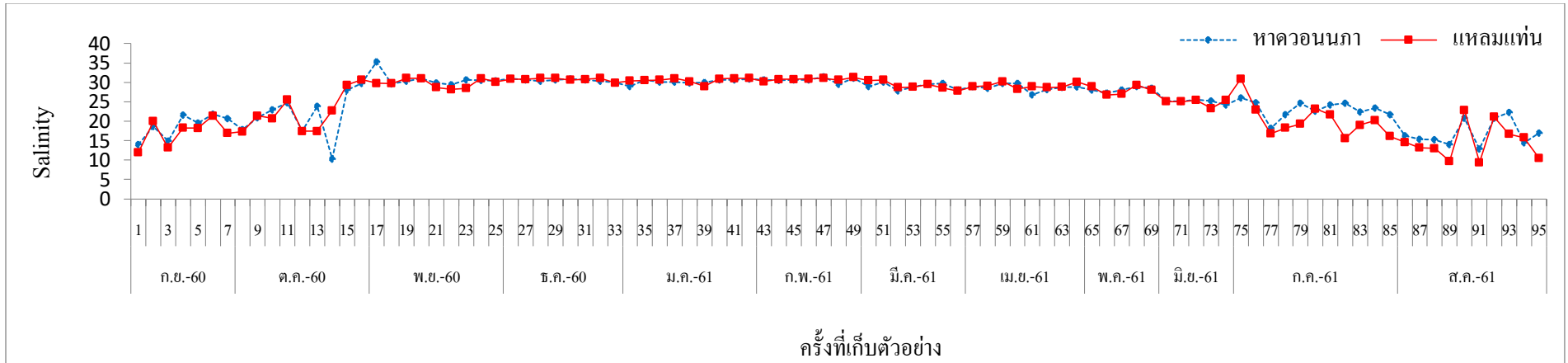
หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 4-5 คุณภาพน้ำบริเวณหาดวอนนภาและบริเวณแหลมแท่น ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 - เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561

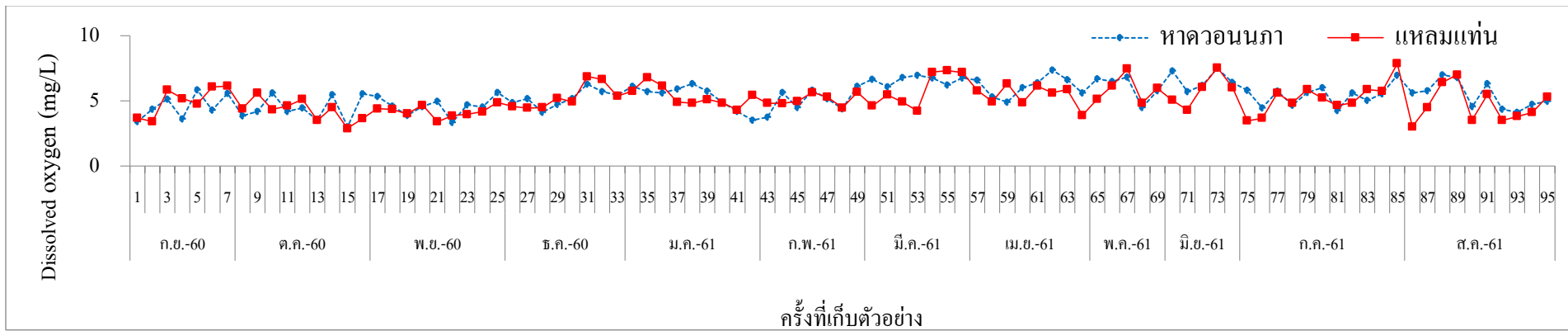
เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	ความเข้มแสง (lux)		เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	ความเข้มแสง (lx)	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD			ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย±SD
กันยายน 2560	หาดวอนนภา			มีนาคม 2561	หาดวอนนภา	86414-245049	173426±53554
	แหลมแท่น				แหลมแท่น	105212-210434	180137±42077
ตุลาคม 2560	หาดวอนนภา	45874-241090	106677±77825	เมษายน 2561	หาดวอนนภา	113208-184375	161862±42854
	แหลมแท่น	47326-159196	95003±38194		แหลมแท่น	105212-164067	138775±35207
พฤศจิกายน 2560	หาดวอนนภา	44999-210434	85503±52046	พฤษภาคม 2561	หาดวอนนภา	47356-176583	117655±55727
	แหลมแท่น	47326-164067	83849±38848		แหลมแท่น	41982-176583	110306±61436
ธันวาคม 2560	หาดวอนนภา	25739-133516	61156±36466	มิถุนายน 2561	หาดวอนนภา	80120-124586	100116±18204
	แหลมแท่น	24462-133516	55634±41225		แหลมแท่น	78246-124240	102556±25174
มกราคม 2561	หาดวอนนภา	32631-133516	81092±39705	กรกฎาคม 2561	หาดวอนนภา	62451-192413	124885±41772
	แหลมแท่น	28217-133516	66770±32602		แหลมแท่น	74582-175684	128749±36286
กุมภาพันธ์ 2561	หาดวอนนภา	58845-245049	122243±64278	สิงหาคม 2561	หาดวอนนภา	62548-158742	105359±26762
	แหลมแท่น	50675-147785	101552±39724		แหลมแท่น	65485-145784	104944±26669

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

(ก) ความเค็ม (Salinity)

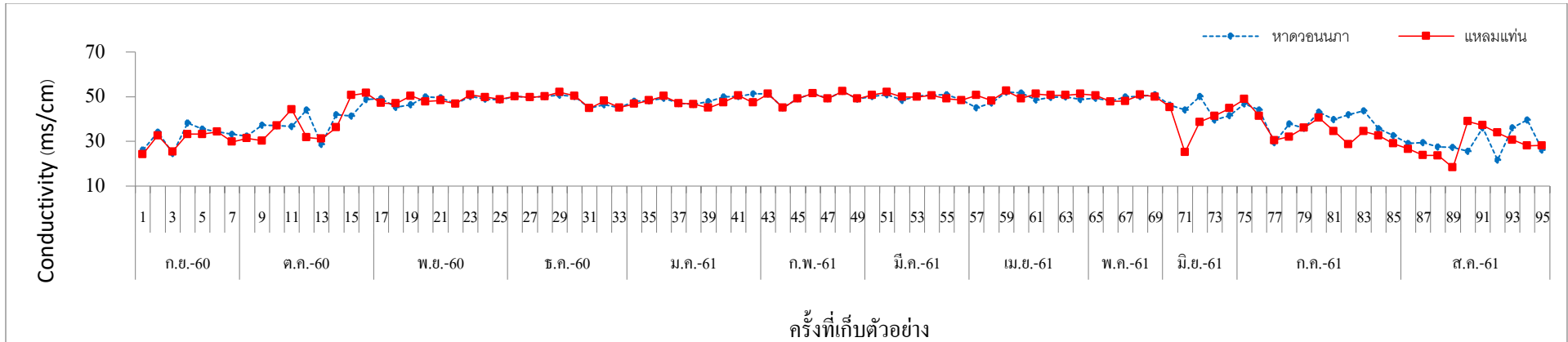


(ข) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen)

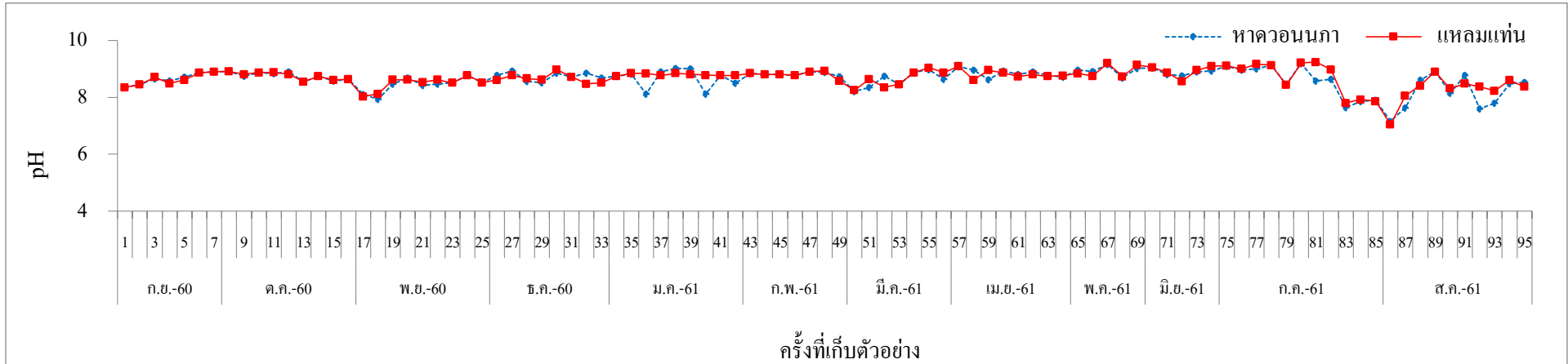


ภาพที่ 4-1 การเปลี่ยนแปลงของ (ก)ความเค็ม (ข)ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

(ก) ความนำไฟฟ้า (Conductivity)

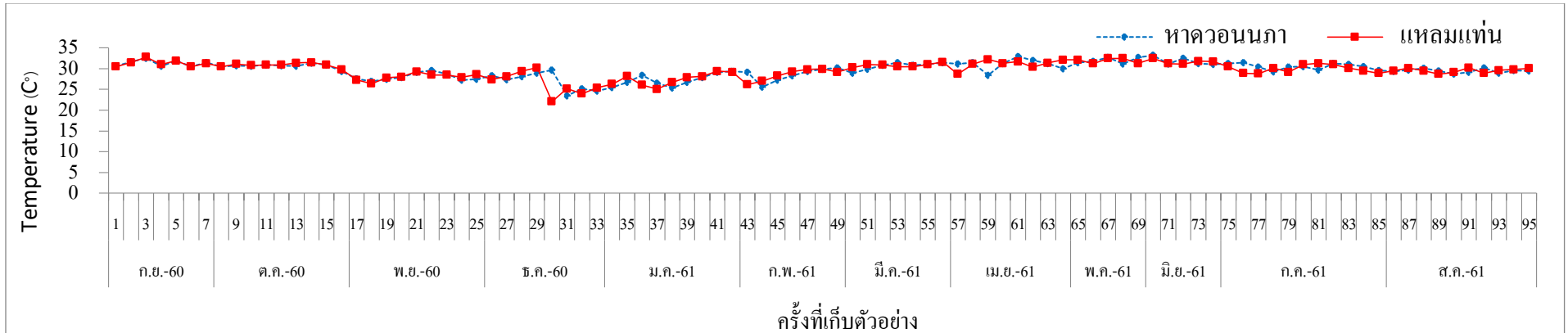


(ข) ความเป็นกรด-ด่าง

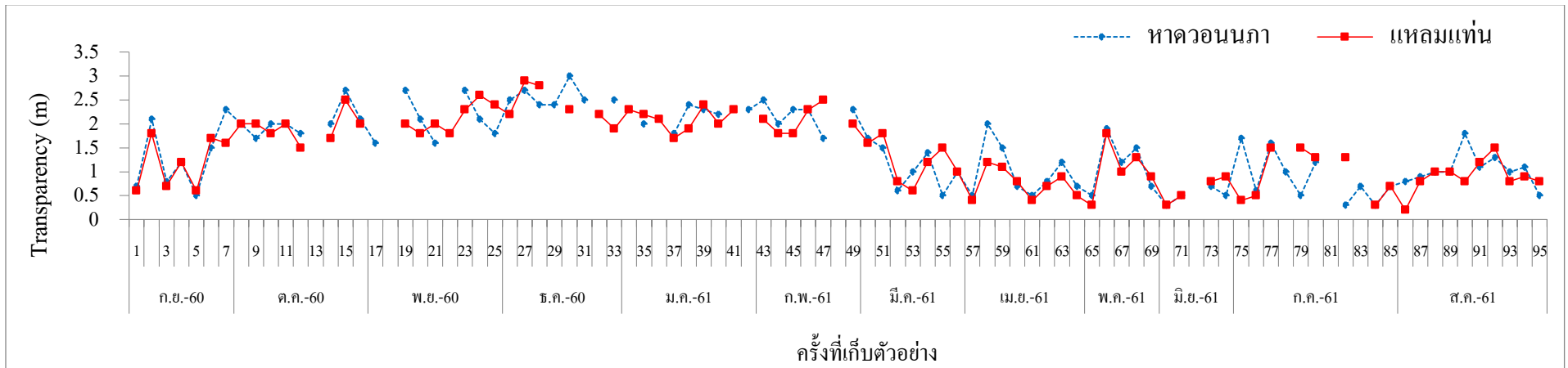


ภาพที่ 4-2 การเปลี่ยนแปลงของ (ก)ความนำไฟฟ้า (ข)ความเป็นกรด-ด่าง ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

(ก)อุณหภูมิ (Temperature)

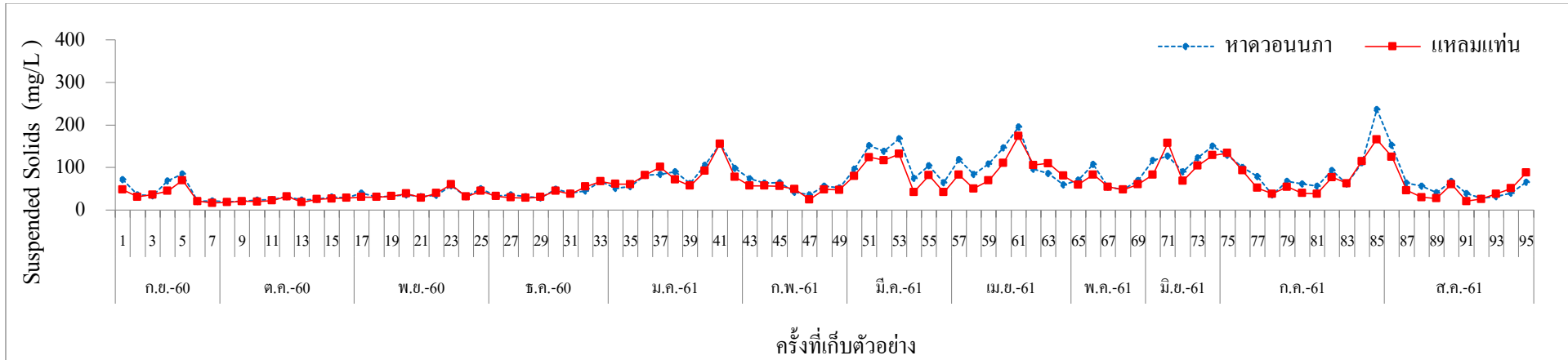


(ข)ความโปร่งใส (Transparency)

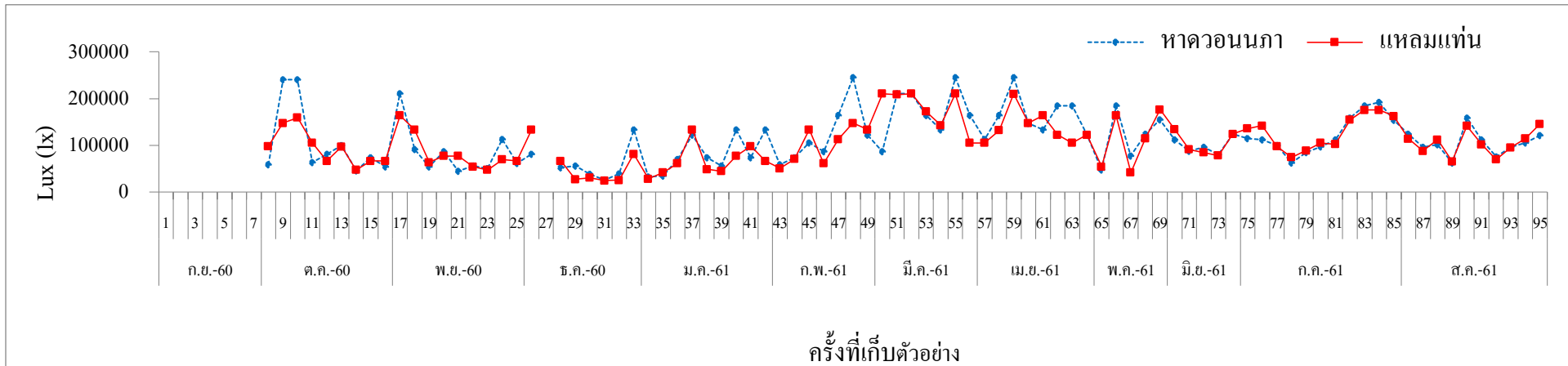


ภาพที่ 4-3 การเปลี่ยนแปลงของ (ก)อุณหภูมิ (ข)ความโปร่งใส ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

(ก) ปริมาณสารแขวนลอย (SS)



(ข) ความเข้มแสง



ภาพที่ 4-4 การเปลี่ยนแปลงของ (ก)ปริมาณสารแขวนลอย (ข)ความเข้มแสง ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

## 4.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารไนโตรเจน (ตารางที่ 4-6 ถึง 4-7)

### 4.2.1 แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ )

ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคมพบว่าบริเวณหาดวอนนภา พบค่าสูงสุดเฉลี่ยในเดือนธันวาคม  $155.95 \pm 38.32 \mu\text{g/L}$  และมีค่าต่ำสุดในเดือนมีนาคม  $26.12 \pm 11.20 \mu\text{g/L}$  ส่วนบริเวณแหลมแท่นพบค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงสุดในเดือนธันวาคม เฉลี่ย  $153.74 \pm 42.12 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดที่พบอยู่ในเดือนกันยายน เฉลี่ย  $29.77 \pm 18.06 \mu\text{g/L}$  จากการทำการศึกษาพบว่าทั้งสองสถานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ไม่แน่นอน (ภาพที่ 4.5)

### 4.2.2 ไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ )

ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรท ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคมบริเวณหาดวอนนภา มีค่าความเข้มข้นของไนเตรท สูงสุดเฉลี่ยในเดือนพฤศจิกายน  $48.88 \pm 22.38 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนกุมภาพันธ์  $0.35 \pm 0.47 \mu\text{g/L}$  ส่วนบริเวณแหลมแท่นพบค่าความเข้มข้นของไนเตรท สูงสุดในเดือนตุลาคม เฉลี่ย  $112.20 \pm 63.27 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดเฉลี่ย  $16.50 \pm 5.89 \mu\text{g/L}$  จากการทำการศึกษาพบว่าทั้งสองสถานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นค่าความเข้มข้นของไนเตรทมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน (ภาพที่ 4.5)

### 4.2.3 ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN)

ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ตลอดระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม บริเวณหาดวอนนภา มีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ สูงสุดในเดือนสิงหาคม เฉลี่ย  $175.03 \pm 205.34 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดในเดือนมีนาคมเฉลี่ย  $33.58 \pm 10.70 \mu\text{g/L}$  ส่วนบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ สูงสุดในเดือนพฤศจิกายน เฉลี่ย  $247.48 \pm 55.66 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดในเดือนกันยายน เฉลี่ย  $55.41 \pm 20.78 \mu\text{g/L}$  จากการศึกษพบว่าทั้งสองสถานมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา (ภาพที่ 4.6)

### 4.2.4 ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON)

ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ตลอดระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม บริเวณหาดวอนนภา มีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำสูงสุดของปริมาณ

สารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำในเดือนกรกฎาคม เฉลี่ย  $141.67 \pm 157.95 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนกันยายน เฉลี่ย  $26.22 \pm 12.30 \mu\text{g/L}$  ส่วนบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ สูงสุดของปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำอยู่ในเดือนกุมภาพันธ์ เฉลี่ย  $138.18 \pm 59.15 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม เฉลี่ย  $26.54 \pm 15.50 \mu\text{g/L}$  จากการศึกษาพบว่าทั้งสองสถานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ทั้งสองบริเวณ (ภาพที่ 4.6)

#### 4.2.5 ปริมาณไนโตรเจนแวนลอย(PN)

ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนแวนลอย ตลอดระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม บริเวณหาดวอนนภามีปริมาณไนโตรเจนแวนลอย สูงสุดอยู่ในเดือนสิงหาคม เฉลี่ย  $309.97 \pm 322.30 \mu\text{g/L}$  และพบค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม เฉลี่ย  $35.05 \pm 3.094$  ส่วนบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณไนโตรเจนแวนลอย สูงสุดในเดือนสิงหาคม เฉลี่ย  $247.62 \pm 292.11 \mu\text{g/L}$  และพบค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม เฉลี่ย  $33.9422.60 \mu\text{g/L}$  จากการศึกษาพบว่าทั้งสองสถานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นปริมาณไนโตรเจนแวนลอยมีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน (ภาพที่ 4.7)

#### 4.2.6 ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN)

ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนรวม ตลอดระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนสิงหาคม พบว่าบริเวณหาดวอนนภามีปริมาณไนโตรเจนรวมค่าสูงสุดอยู่ในเดือนกรกฎาคม เฉลี่ย  $356.49 \pm 421.49 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดในเดือนมิถุนายน เฉลี่ย  $180.48 \pm 49.68 \mu\text{g/L}$  ส่วนบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงสุดในเดือนตุลาคม เฉลี่ย  $403.79 \pm 98.55 \mu\text{g/L}$  และค่าต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เฉลี่ย  $154.43 \pm 46.28 \mu\text{g/L}$  จากการศึกษาพบว่าทั้งสองสถานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นปริมาณไนโตรเจนรวมมีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน (ภาพที่ 4.7)



#### 4.3 ปริมาณสารอาหารฟอสฟอรัส (ตารางที่ 4-8 ถึง 4-9)

##### 4.3.1 ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved organic phosphorus : DOP)

ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ กันยายน 2560 ถึง สิงหาคม 2561 พบว่าบริเวณหาดวอนนภาที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำในช่วง 2.17-81.03  $\mu\text{g/L}$  โดยมีค่าต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนธันวาคม  $9.10 \pm 2.28 \mu\text{g/L}$  และสูงสุดอยู่ในเดือนกันยายน  $66.92 \pm 3.18 \mu\text{g/L}$  และบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำในช่วง 7.21-101.73  $\mu\text{g/L}$  โดยสูงสุดอยู่ในเดือนธันวาคม เฉลี่ย  $75.49 \pm 1.21 \mu\text{g/L}$  และต่ำสุดอยู่ในเดือนกันยายน เฉลี่ย  $12.23 \pm 3.49 \mu\text{g/L}$  จากการศึกษาพบว่าทั้งสองสถานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน (ภาพที่ 4.11)

##### 4.3.2 ปริมาณสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved inorganic phosphorus : DIP)

ปริมาณสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ กันยายน 2560 ถึง สิงหาคม 2561 พบว่าบริเวณหาดวอนนภาที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ ช่วง 23.80-120.90  $\mu\text{g/L}$  โดยมีค่าต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนมีนาคม  $45.11 \pm 21.76 \mu\text{g/L}$  และสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายน  $85.72 \pm 20.04 \mu\text{g/L}$  และบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ ในช่วง 38.43-123.02  $\mu\text{g/L}$  โดยสูงสุดอยู่ในเดือนกันยายน เฉลี่ย  $99.52 \pm 21.22 \mu\text{g/L}$  และต่ำสุดอยู่ในเดือนมิถุนายน เฉลี่ย  $50.79 \pm 9.03 \mu\text{g/L}$  จากการศึกษาพบว่าทั้งสองสถานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นค่าความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน (ภาพที่ 4.9)

##### 4.3.3 ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย (Particulate phosphorus : PP)

ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย (Particulate phosphorus : PP) ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ กันยายน 2560 ถึง สิงหาคม 2561 พบว่าบริเวณหาดวอนนภาที่มีปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสแขวนลอย ช่วง 10.20-80.27  $\mu\text{g/L}$  โดยมีค่าต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนพฤษภาคม  $17.16 \pm 4.94 \mu\text{g/L}$  และสูงสุดอยู่ในเดือนกันยายน  $64.46 \pm 10.20 \mu\text{g/L}$  และบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย ช่วง 14.00-74.73  $\mu\text{g/L}$  โดยสูงสุดอยู่ในเดือนมิถุนายน เฉลี่ย  $58.87 \pm 13.36 \mu\text{g/L}$  และต่ำสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม เฉลี่ย  $23.41 \pm 9.58 \mu\text{g/L}$  จากการศึกษาพบว่าทั้งสองสถานที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วง

ระยะเวลาที่ทำการศึกษาโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสแขวนลอย มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน (ภาพที่ 4.10)

#### 4.3.4 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus : TP)

ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus : TP) ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ กันยายน 2560 ถึง สิงหาคม 2561 พบว่าบริเวณหาดวอนนภามีปริมาณความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัสรวม ช่วง 103.13-242.95  $\mu\text{g/L}$  โดยมีค่าต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนกุมภาพันธ์ 118.67 $\pm$ 6.09  $\mu\text{g/L}$  และสูงสุดอยู่ในเดือน กันยายน 214.45 $\pm$ 18.03  $\mu\text{g/L}$  และบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวม ช่วง 102.50-259.26  $\mu\text{g/L}$  โดยสูงสุดอยู่ในเดือนกันยายน เฉลี่ย 118.73 $\pm$ 5.93  $\mu\text{g/L}$  และต่ำสุดอยู่ในเดือนพฤษภาคม เฉลี่ย 228.88 $\pm$ 19.87  $\mu\text{g/L}$  (ภาพที่ 4.12)

#### 4.4 ปริมาณสารอาหารซิลิเกต (Silicate) (ตารางที่ 4-9)

ปริมาณซิลิเกต (Silicate) ตลอดระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ กันยายน 2560 ถึง สิงหาคม 2561 พบว่าบริเวณหาดวอนนภามีปริมาณความเข้มข้นของซิลิเกต ช่วง 0.03-16.10 mg/L โดยมีค่าต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนเมษายน 0.03 $\pm$ 0.12 mg/L และสูงสุดอยู่ในเดือนธันวาคม 6.74 $\pm$ 3.39 mg/L และบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณซิลิเกต ช่วง 0.14-13.27 mg/L โดยสูงสุดอยู่ในเดือนธันวาคม เฉลี่ย 4.59 $\pm$ 3.68 mg/L และต่ำสุดอยู่ในเดือนเมษายน เฉลี่ย 0.39 $\pm$ 0.14 mg/L จากการศึกษพบว่าทั้งสองสถานมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนธันวาคม และลดลงในเดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม (ภาพที่ 4.8)

ตารางที่ 4-6 ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย(Ammonia) ไนไตรท์(Nitrite) ไนไตรท(Nitrate) ปริมาณสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DIN) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	Ammonia ( $\mu\text{g/L}$ )		Nitrite ( $\mu\text{g/L}$ )		Nitrate ( $\mu\text{g/L}$ )		DIN ( $\mu\text{g/L}$ )	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
กันยายน	หาดวอนนภา	10.17-77.80	35.48 $\pm$ 31.08	0.13-3.67	1.05 $\pm$ 1.33	11.43-55.27	37.61 $\pm$ 18.61	35.50-120.82	74.14 $\pm$ 29.12
	แหลมแท่น	5.07-60.87	29.77 $\pm$ 18.06	0.07-4.85	2.02 $\pm$ 1.45	17.40-30.85	23.62 $\pm$ 5.29	34.73-93.07	55.41 $\pm$ 20.78
ตุลาคม	หาดวอนนภา	2.80-132.07	54.04 $\pm$ 46.89	0.30-5.91	1.51 $\pm$ 1.78	2.80-132.07	54.04 $\pm$ 46.87	73.70-290.85	141.15 $\pm$ 77.21
	แหลมแท่น	15.99-210.35	112.20 $\pm$ 63.27	0.33-7.25	2.96 $\pm$ 2.25	15.99-210.35	112.20 $\pm$ 63.27	75.96-386.71	224.04 $\pm$ 85.49
พฤศจิกายน	หาดวอนนภา	33.93-132.77	83.90 $\pm$ 30.04	0.23-2.17	1.06 $\pm$ 0.57	11.40-78.03	48.88 $\pm$ 22.38	73.30-212.00	133.83 $\pm$ 41.99
	แหลมแท่น	103.70-185.20	140.88 $\pm$ 30.05	1.87-5.77	3.38 $\pm$ 1.25	36.27-165.42	103.22 $\pm$ 40.03	181.80-356.39	247.48 $\pm$ 55.66
ธันวาคม	หาดวอนนภา	110.67-235.70	155.95 $\pm$ 38.32	0.23-3.13	0.99 $\pm$ 0.94	8.27-32.30	17.43 $\pm$ 7.51	122.27-254.60	174.37 $\pm$ 40.58
	แหลมแท่น	84.53-201.47	153.74 $\pm$ 42.17	0.50-4.15	1.80 $\pm$ 1.34	11.33-51.10	28.51 $\pm$ 16.05	96.37-246.63	184.05 $\pm$ 47.73
มกราคม	หาดวอนนภา	103.40-149.60	125.18 $\pm$ 15.18	0.10-1.53	0.35 $\pm$ 0.47	12.30-18.60	15.40 $\pm$ 2.12	119.93-169.73	140.93 $\pm$ 16.42
	แหลมแท่น	54.83-160.33	102.47 $\pm$ 36.83	0.23-2.17	0.82 $\pm$ 0.62	11.20-28.60	16.50 $\pm$ 5.89	67.40-189.23	119.79 $\pm$ 41.12
กุมภาพันธ์	หาดวอนนภา	99.90-162.55	121.62 $\pm$ 22.83	0.23-1.43	0.73 $\pm$ 0.39	10.27-17.80	13.03 $\pm$ 2.61	114.20-174.15	135.38 $\pm$ 21.47
	แหลมแท่น	49.53-196.40	108.20 $\pm$ 36.91	0.50-2.60	1.39 $\pm$ 0.70	11.27-25.70	17.23 $\pm$ 5.30	63.00-190.47	126.81 $\pm$ 40.16

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 4-6 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย(Ammonia) ไนไตรท์(Nitrite) ไนไตรท(Nitrate) ปริมาณสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DIN) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 – เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	Ammonia ( $\mu\text{g/L}$ )		Nitrite ( $\mu\text{g/L}$ )		Nitrate ( $\mu\text{g/L}$ )		DIN ( $\mu\text{g/L}$ )	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
มีนาคม	หาดวอนนภา	11.47-65.47	26.12 $\pm$ 11.20	1.40-2.47	2.03 $\pm$ 0.44	2.07-14.83	5.67 $\pm$ 1.53	20.33-48.10	33.58 $\pm$ 10.70
	แหลมแท่น	6.60-65.47	34.48 $\pm$ 22.66	1.37-6.17	3.50 $\pm$ 2.10	17.27-80.83	26.91 $\pm$ 14.60	15.33-99.80	64.89 $\pm$ 34.44
เมษายน	หาดวอนนภา	8.13-94.33	44.09 $\pm$ 30.76	1.30-7.20	11.23 $\pm$ 1.86	3.00-7.50	5.48 $\pm$ 1.70	24.20-116.40	71.90 $\pm$ 30.64
	แหลมแท่น	10.93-182.17	68.11 $\pm$ 56.50	1.70-4.50	2.94 $\pm$ 1.01	5.07-26.37	11.54 $\pm$ 6.80	19.37-195.07	82.60 $\pm$ 56.41
พฤษภาคม	หาดวอนนภา	11.03-67.73	37.34 $\pm$ 22.11	0.93-1.53	1.26 $\pm$ 0.22	5.37-39.10	12.91 $\pm$ 14.66	19.20-79.17	51.51 $\pm$ 26.69
	แหลมแท่น	20.37-99.53	53.07 $\pm$ 34.92	2.63-5.03	3.54 $\pm$ 1.01	2.90-38.30	14.34 $\pm$ 13.92	37.27-105.07	70.95 $\pm$ 29.11
มิถุนายน	หาดวอนนภา	11.73-141.73	51.07 $\pm$ 52.20	0.83-2.03	1.36 $\pm$ 0.55	2.07-14.83	7.51 $\pm$ 5.16	15.67-147.40	59.93 $\pm$ 50.90
	แหลมแท่น	31.07-94.30	55.51 $\pm$ 23.71	2.80-9.63	5.45 $\pm$ 2.59	17.27-80.83	40.83 $\pm$ 24.99	71.33-181.03	101.79 $\pm$ 46.84
กรกฎาคม	หาดวอนนภา	10.17-454.53	89.04 $\pm$ 124.17	0.33-6.80	2.16 $\pm$ 2.08	2.63-18.43	8.95 $\pm$ 5.60	14.27-466.93	98.78 $\pm$ 125.55
	แหลมแท่น	20.83-148.70	73.75 $\pm$ 42.02	2.00-4.30	3.32 $\pm$ 0.93	9.07-246.00	97.99 $\pm$ 64.05	41.90-298.43	175.97 $\pm$ 73.48
สิงหาคม	หาดวอนนภา	23.10-578.87	119.08 $\pm$ 169.96	1.67-23.67	7.96 $\pm$ 8.21	1.00-149.30	48.00 $\pm$ 49.33	54.47-696.90	175.03 $\pm$ 205.34
	แหลมแท่น	7.80-445.03	102.22 $\pm$ 135.53	1.27-37.47	8.37 $\pm$ 10.72	12.97-91.70	39.77 $\pm$ 24.12	26.03-548.77	150.36 $\pm$ 163.50

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 4-7 ปริมาณความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DON) ปริมาณไนโตรเจนละลายน้ำ(TDN) ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย(PN) ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	DON ( $\mu\text{g/L}$ )		PN ( $\mu\text{g/L}$ )		TN ( $\mu\text{g/L}$ )	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
กันยายน	หาดวอนนภา	15.17-49.90	26.22 $\pm$ 12.30	20.93-229.20	121.66 $\pm$ 72.66	99.50-384.92	222.01 $\pm$ 101.11
	แหลมแท่น	17.20-72.63	36.11 $\pm$ 20.54	23.50-213.30	101.65 $\pm$ 74.47	79.13-323.57	193.17 $\pm$ 87.65
ตุลาคม	หาดวอนนภา	13.96-105.43	56.64 $\pm$ 32.74	23.04-146.37	65.95 $\pm$ 36.80	193.90-339.77	263.74 $\pm$ 55.48
	แหลมแท่น	27.63-121.75	75.06 $\pm$ 30.62	27.67-176.73	84.69 $\pm$ 47.14	163.06-499.67	403.79 $\pm$ 98.55
พฤศจิกายน	หาดวอนนภา	18.40-110.07	43.85 $\pm$ 28.26	16.77-117.93	55.26 $\pm$ 36.85	159.53-328.30	232.94 $\pm$ 65.33
	แหลมแท่น	18.50-131.11	66.32 $\pm$ 36.79	22.90-80.80	46.24 $\pm$ 23.75	223.20-480.42	360.04 $\pm$ 89.39
ธันวาคม	หาดวอนนภา	1.63-91.77	33.96 $\pm$ 30.76	2.97-80.40	35.05 $\pm$ 30.94	192.30-373.63	243.37 $\pm$ 60.36
	แหลมแท่น	1.27-72.17	38.49 $\pm$ 27.58	6.63-156.50	85.15 $\pm$ 43.98	154.63-396.72	307.70 $\pm$ 74.90
มกราคม	หาดวอนนภา	10.70-76.32	37.06 $\pm$ 24.76	1.80-99.67	39.66 $\pm$ 34.13	150.47-298.92	217.65 $\pm$ 61.50
	แหลมแท่น	3.30-58.07	34.36 $\pm$ 17.63	1.73-81.50	33.94 $\pm$ 22.60	131.37-278.53	188.09 $\pm$ 48.29
กุมภาพันธ์	หาดวอนนภา	21.50-206.57	122.95 $\pm$ 55.24	22.80-82.03	53.18 $\pm$ 19.44	161.70-402.80	311.50 $\pm$ 76.87
	แหลมแท่น	44.00-208.50	138.18 $\pm$ 59.15	18.43-96.07	49.03 $\pm$ 28.10	125.43-393.87	314.02 $\pm$ 87.75

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)ปริมาณความเข้มข้นของปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DON) ปริมาณไนโตรเจนละลายน้ำ(TDN) ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย(PN) ปริมาณไนโตรเจนรวม(TN) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 – เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	DON ( $\mu\text{g/L}$ )		PN ( $\mu\text{g/L}$ )		TN ( $\mu\text{g/L}$ )	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
มีนาคม	หาดวอนนภา	57.67-114.07	82.79 $\pm$ 22.11	85.17-153.13	116.37 $\pm$ 27.30	111.27-487.47	205.64 $\pm$ 142.73
	แหลมแท่น	16.63-174.57	76.31 $\pm$ 55.28	101.53-202.67	141.19 $\pm$ 40.46	116.67-569.13	283.28 $\pm$ 190.01
เมษายน	หาดวอนนภา	13.30-290.93	80.92 $\pm$ 97.74	53.03-374.60	152.82 $\pm$ 102.12	72.67-575.63	282.01 $\pm$ 156.84
	แหลมแท่น	13.93-152.90	77.03 $\pm$ 51.07	111.83-223.40	159.63 $\pm$ 35.13	197.80-388.30	258.46 $\pm$ 90.06
พฤษภาคม	หาดวอนนภา	48.27-110.23	81.65 $\pm$ 28.21	120.23-164.23	133.16 $\pm$ 17.84	160.00-209.60	183.28 $\pm$ 18.77
	แหลมแท่น	3.03-39.53	26.54 $\pm$ 15.50	64.57-127.70	91.89 $\pm$ 25.55	89.10-219.10	154.43 $\pm$ 46.28
มิถุนายน	หาดวอนนภา	49.10-135.43	84.91 $\pm$ 33.87	103.87-214.27	144.85 $\pm$ 48.62	127.37-244.51	180.48 $\pm$ 49.68
	แหลมแท่น	40.13-135.57	71.37 $\pm$ 38.61	116.50-259.07	173.15 $\pm$ 59.63	155.27-303.37	231.62 $\pm$ 52.71
กรกฎาคม	หาดวอนนภา	19.10-539.50	141.67 $\pm$ 157.95	68.70-1006.43	236.98 $\pm$ 70.39	93.67-1525.37	356.49 $\pm$ 421.49
	แหลมแท่น	11.53-251.70	62.28 $\pm$ 75.02	129.379.07	238.25 $\pm$ 89.67	176.93-403.57	303.40 $\pm$ 83.26
สิงหาคม	หาดวอนนภา	3.40-362.20	134.94 $\pm$ 134.90	100.43-1030.33	309.97 $\pm$ 322.30	111.97-1242.87	350.19 $\pm$ 371.56
	แหลมแท่น	3.90-417.47	97.25 $\pm$ 133.29	48.87-966.23	247.62 $\pm$ 292.11	86.20-1072.77	294.19 $\pm$ 323.86

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 4-8 ปริมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) , สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) และฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	DOP ( $\mu\text{g/L}$ )		DIP ( $\mu\text{g/L}$ )		PP ( $\mu\text{g/L}$ )	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
กันยายน	หาดวอนนภา	64.69-73.73	66.92 $\pm$ 3.18	65.90-98.24	83.06 $\pm$ 14.02	52.37-80.27	64.46 $\pm$ 10.20
	แหลมแท่น	73.22-77.23	75.49 $\pm$ 1.21	70.30-123.02	99.52 $\pm$ 21.22	35.41-72.71	53.82 $\pm$ 14.77
ตุลาคม	หาดวอนนภา	14.49-81.03	51.72 $\pm$ 28.64	60.03-81.96	68.12 $\pm$ 6.89	13.40-56.43	44.77 $\pm$ 13.64
	แหลมแท่น	18.09-101.73	55.79 $\pm$ 32.06	64.20-101.07	78.72 $\pm$ 12.98	27.57-0.52	46.43 $\pm$ 10.00
พฤศจิกายน	หาดวอนนภา	10.48-25.84	17.04 $\pm$ 4.68	54.35-69.79	62.94 $\pm$ 4.10	35.61-50.91	44.37 $\pm$ 5.39
	แหลมแท่น	14.36-28.64	21.10 $\pm$ 4.28	62.77-90.14	72.84 $\pm$ 9.96	27.94-44.73	36.73 $\pm$ 4.59
ธันวาคม	หาดวอนนภา	6.73-13.61	9.10 $\pm$ 2.28	59.80-76.46	68.83 $\pm$ 4.86	34.57-45.36	38.95 $\pm$ 3.49
	แหลมแท่น	7.21-18.45	12.23 $\pm$ 3.49	69.09-100.25	77.68 $\pm$ 9.77	25.43-41.00	34.94 $\pm$ 5.63
มกราคม	หาดวอนนภา	2.75-18.08	10.94 $\pm$ 5.25	58.37-89.17	72.10 $\pm$ 12.56	34.15-47.33	41.85 $\pm$ 4.44
	แหลมแท่น	10.81-21.24	16.14 $\pm$ 3.72	60.24-85.35	70.91 $\pm$ 7.87	30.01-41.03	37.39 $\pm$ 3.64
กุมภาพันธ์	หาดวอนนภา	5.05-20.19	14.76 $\pm$ 4.85	64.08-73.16	67.32 $\pm$ 3.20	21.65-47.21	36.60 $\pm$ 7.65
	แหลมแท่น	13.61-27.41	19.99 $\pm$ 4.89	60.94-71.43	65.17 $\pm$ 4.09	23.28-40.82	33.52 $\pm$ 5.46

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)ปริมาณความเข้มข้นสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) , สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) และฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP ) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 – เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	DOP ( $\mu\text{g/L}$ )		DIP ( $\mu\text{g/L}$ )		PP ( $\mu\text{g/L}$ )	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
มีนาคม	หาดวอนนภา	30.90-73.10	57.23 $\pm$ 15.83	24.80-84.77	45.11 $\pm$ 21.76	28.90-108.25	48.66 $\pm$ 29.73
	แหลมแท่น	11.63-55.43	36.86 $\pm$ 18.38	54.40-73.50	61.94 $\pm$ 8.31	14.00-61.97	34.74 $\pm$ 21.39
เมษายน	หาดวอนนภา	4.50-55.00	33.14 $\pm$ 17.00	63.00-117.35	85.72 $\pm$ 20.04	8.60-42.30	20.88 $\pm$ 10.92
	แหลมแท่น	9.43-39.30	26.10 $\pm$ 9.03	59.43-82.73	70.99 $\pm$ 8.00	21.97-83.83	40.69 $\pm$ 17.90
พฤษภาคม	หาดวอนนภา	1.85-32.55	21.57 $\pm$ 13.03	74.05-95.60	84.75 $\pm$ 10.15	10.20-21.97	17.16 $\pm$ 4.94
	แหลมแท่น	24.53-54.80	39.95 $\pm$ 14.03	55.18-62.70	58.43 $\pm$ 3.25	15.90-40.03	23.41 $\pm$ 9.58
มิถุนายน	หาดวอนนภา	3.10-44.73	33.54 $\pm$ 21.68	60.20-85.80	74.39 $\pm$ 11.55	30.47-67.17	52.17 $\pm$ 18.10
	แหลมแท่น	58.25-69.90	58.15 $\pm$ 11.35	43.27-62.77	50.79 $\pm$ 9.03	40.80-74.73	58.87 $\pm$ 13.36
กรกฎาคม	หาดวอนนภา	13.70-72.90	44.17 $\pm$ 20.08	55.20-112.45	77.85 $\pm$ 18.92	23.40-68.50	43.91 $\pm$ 14.04
	แหลมแท่น	29.77-79.77	53.98 $\pm$ 12.02	38.43-91.60	61.91 $\pm$ 16.10	21.47-67.63	47.03 $\pm$ 12.40
สิงหาคม	หาดวอนนภา	14.30-58.15	33.19 $\pm$ 16.01	43.63-120.90	73.05 $\pm$ 24.62	27.23-64.45	38.75 $\pm$ 10.64
	แหลมแท่น	11.77-51.10	27.00 $\pm$ 15.81	62.20-86.00	71.82 $\pm$ 9.07	20.47-55.20	37.03 $\pm$ 10.88

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)



ตารางที่ 4-9 ปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสรวม (TP) และซิลิเกต (Silicate) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561

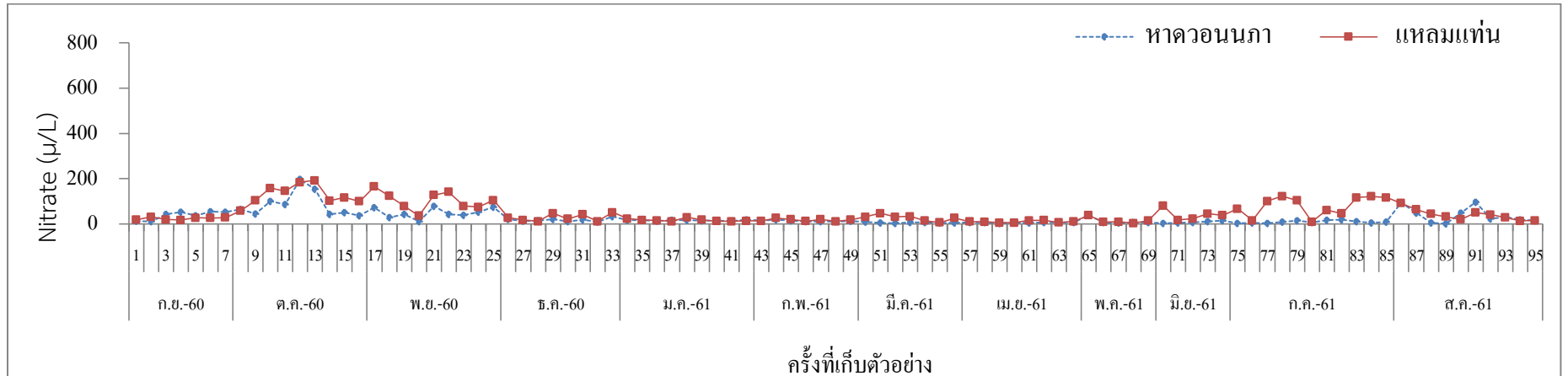
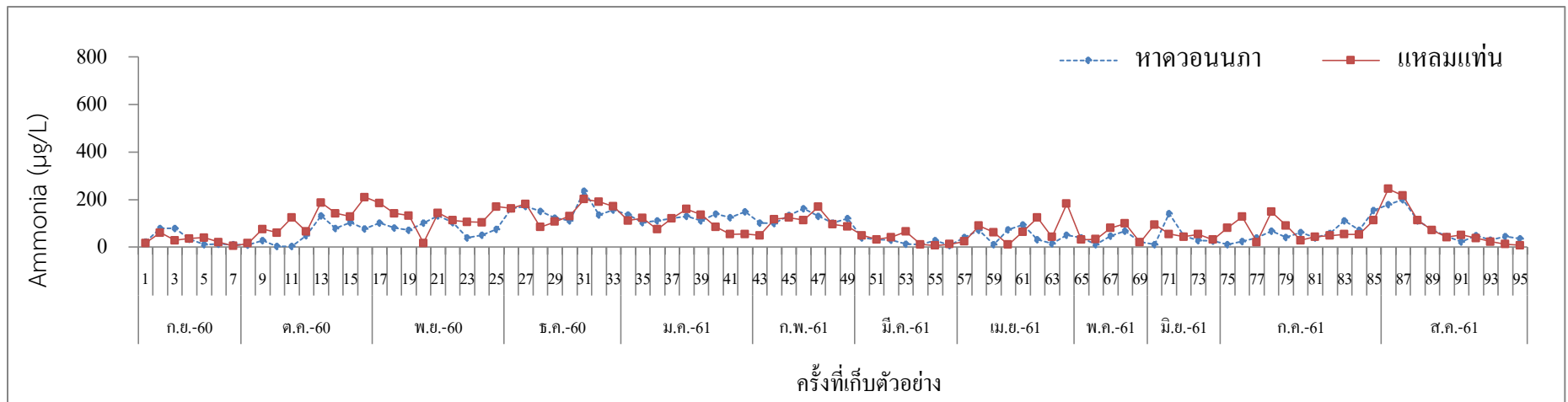
เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	TP ( $\mu\text{g/L}$ )		Silicate ( $\text{mg/L}$ )	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
กันยายน	หาดวอนนภา	192.15-242.95	214.45 $\pm$ 18.03	0.72-9.63	3.21 $\pm$ 3.09
	แหลมแท่น	192.90-259.26	228.88 $\pm$ 19.87	1.21-6.17	3.33 $\pm$ 1.60
ตุลาคม	หาดวอนนภา	124.60-205.82	164.61 $\pm$ 36.09	0.26-3.83	1.72 $\pm$ 1.23
	แหลมแท่น	126.48-251.94	180.99 $\pm$ 43.56	1.39-5.25	2.54 $\pm$ 1.38
พฤศจิกายน	หาดวอนนภา	118.42-134.98	124.30 $\pm$ 5.02	0.03-1.54	0.72 $\pm$ 0.46
	แหลมแท่น	117.41-153.52	130.73 $\pm$ 10.50	0.44-2.54	1.12 $\pm$ 0.67
ธันวาคม	หาดวอนนภา	103.13-124.51	116.85 $\pm$ 6.65	0.57-12.35	6.74 $\pm$ 3.39
	แหลมแท่น	114.06-148.7	124.83 $\pm$ 11.98	0.32-9.54	4.59 $\pm$ 3.68
มกราคม	หาดวอนนภา	115.05-139.61	124.87 $\pm$ 9.04	0.13-16.10	5.72 $\pm$ 4.74
	แหลมแท่น	117.30-133.07	124.46 $\pm$ 5.62	0.17-8.74	3.46 $\pm$ 3.05
กุมภาพันธ์	หาดวอนนภา	106.93-125.44	118.67 $\pm$ 6.09	0.11-3.02	1.34 $\pm$ 1.03
	แหลมแท่น	110.98-125.17	118.73 $\pm$ 5.93	0.66-13.27	4.19 $\pm$ 4.32

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ตารางที่ 4-9 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสรวม (TP) และซิลิเกต (Silicate) บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 – เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561

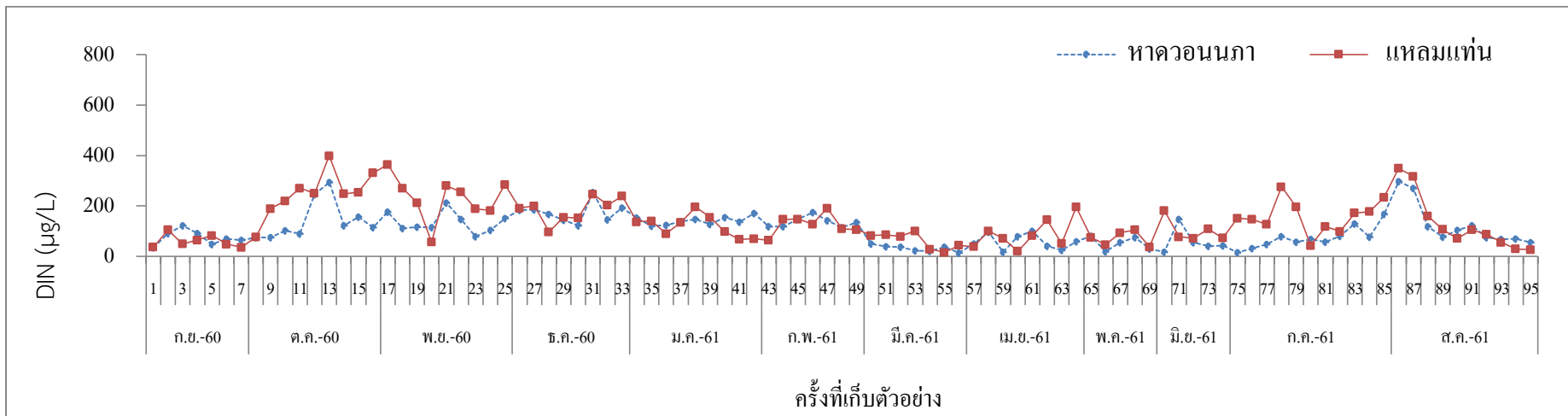
เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สถานี	TP ( $\mu\text{g/L}$ )		Silicate (mg/L)	
		ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD
มีนาคม	หาดวอนนภา	113.85-165.90	141.41 $\pm$ 18.70	0.31-0.92	0.61 $\pm$ 0.26
	แหลมแท่น	124.57-149.03	133.54 $\pm$ 9.30	0.14-0.73	0.47 $\pm$ 0.21
เมษายน	หาดวอนนภา	126.45-175.47	139.12 $\pm$ 15.88	0.12-0.42	0.30 $\pm$ 0.12
	แหลมแท่น	126.03-165.67	137.77 $\pm$ 12.06	0.15-0.57	0.39 $\pm$ 0.14
พฤษภาคม	หาดวอนนภา	106.35-148.50	123.70 $\pm$ 16.30	0.25-0.45	0.37 $\pm$ 0.08
	แหลมแท่น	102.50-132.13	121.79 $\pm$ 11.81	0.23-0.69	0.43 $\pm$ 0.17
มิถุนายน	หาดวอนนภา	143.53-177.10	161.38 $\pm$ 14.62	0.24-0.59	0.41 $\pm$ 0.14
	แหลมแท่น	154.00-187.90	167.81 $\pm$ 14.37	0.33-0.71	0.56 $\pm$ 0.17
กรกฎาคม	หาดวอนนภา	144.43-201.90	166.63 $\pm$ 14.08	0.30-2.90	1.02 $\pm$ 0.59
	แหลมแท่น	135.43-191.37	162.92 $\pm$ 17.42	0.55-3.41	1.50 $\pm$ 0.83
สิงหาคม	หาดวอนนภา	107.30-214.15	146.09 $\pm$ 34.29	0.26-4.17	1.09 $\pm$ 1.16
	แหลมแท่น	112.70-182.47	135.85 $\pm$ 22.10	0.43-3.94	1.64 $\pm$ 1.29

หมายเหตุ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

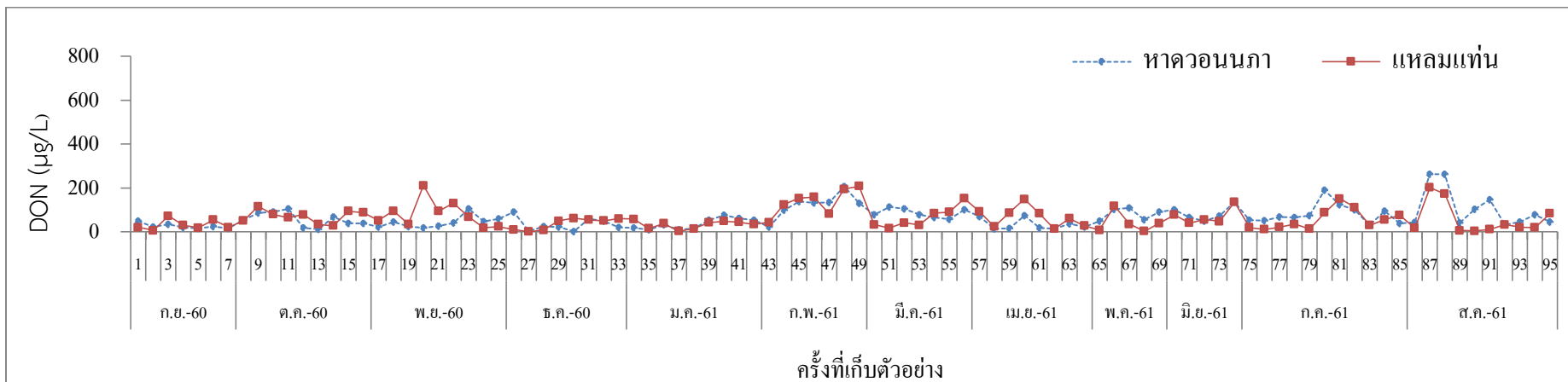
(ก) ไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ )(ข) แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ )

ภาพที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงของ (ก)ไนเตรท (ข)แอมโมเนีย ในบริเวณหาดวอนนahaและหลมแท่น จังหวัดชลบุรีตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

(ก) สารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN)



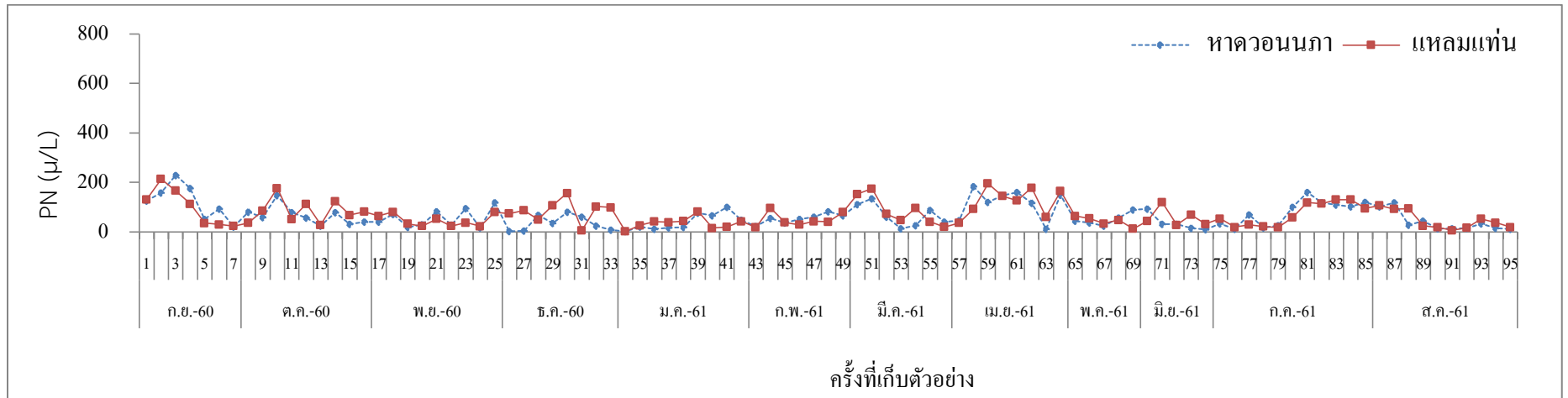
(ข) สารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON)



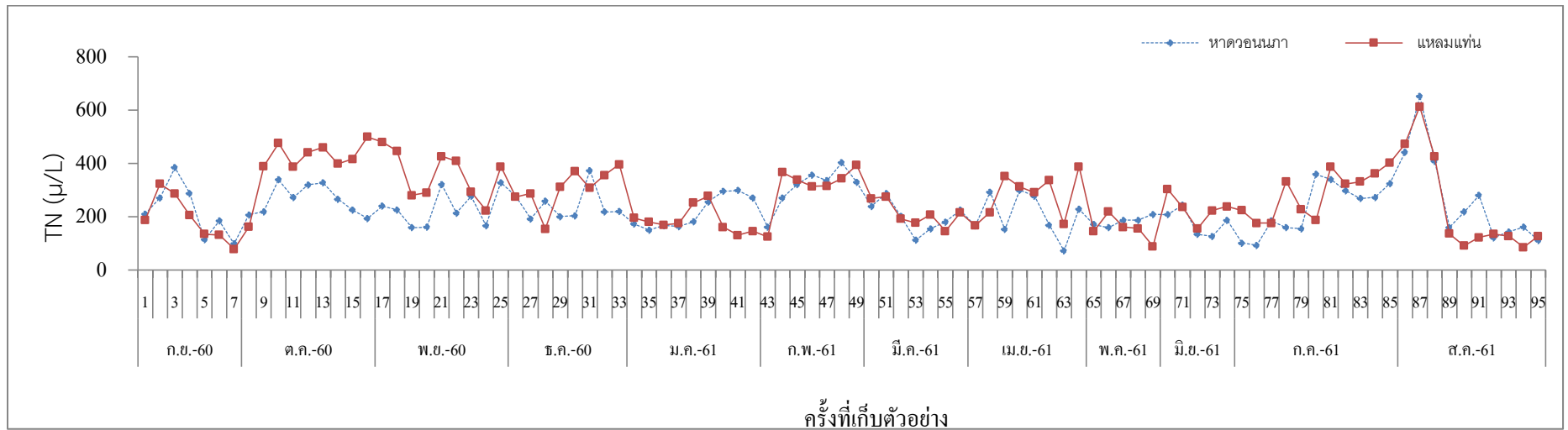
ภาพที่ 4-6 การเปลี่ยนแปลงของ(ก)สารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (ข)สารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นจังหวัดชลบุรี

ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

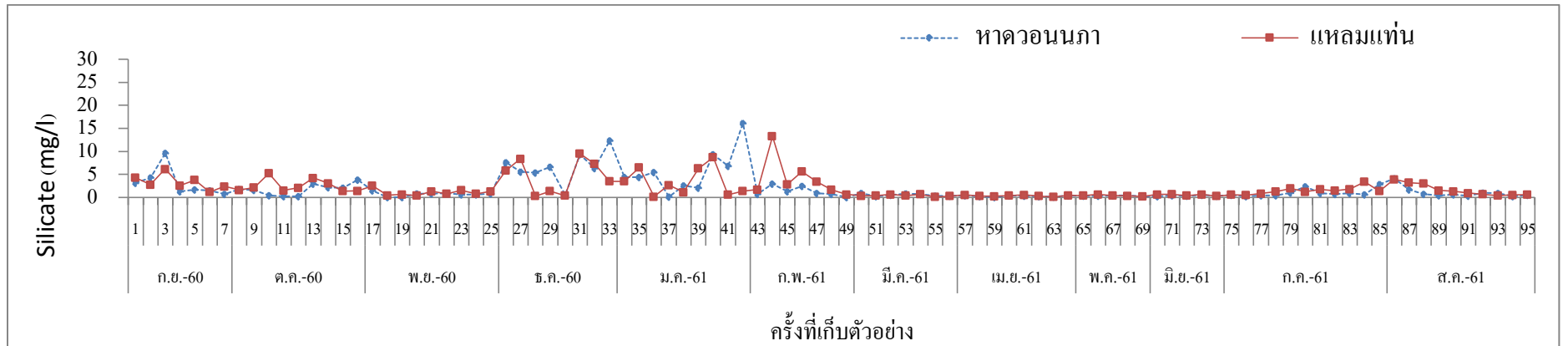
(ก) ไนโตรเจนแวนดอลอย (PN)



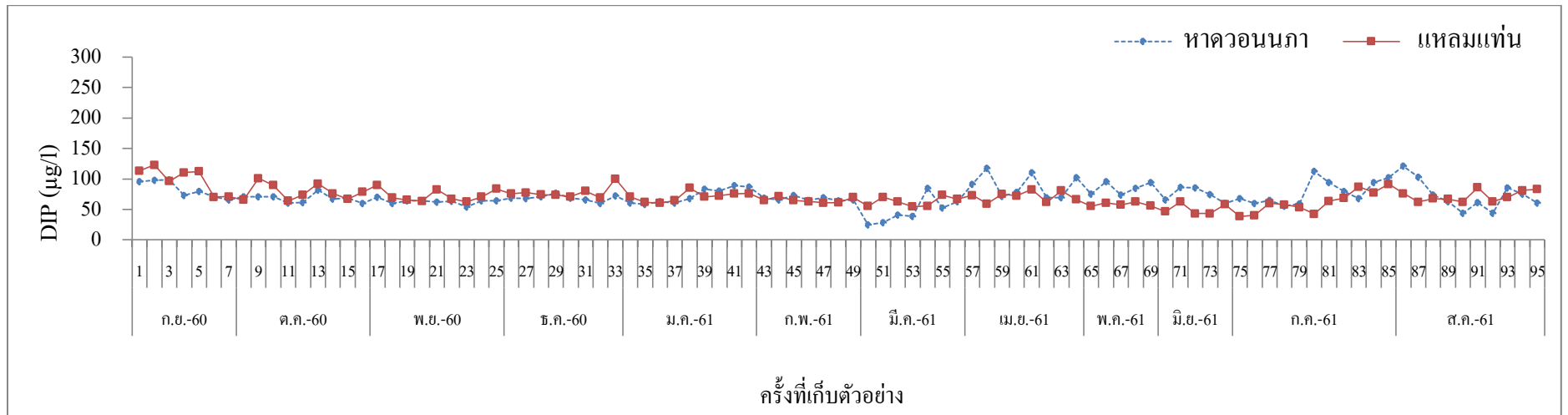
(ข) ไนโตรเจนรวม (TN)



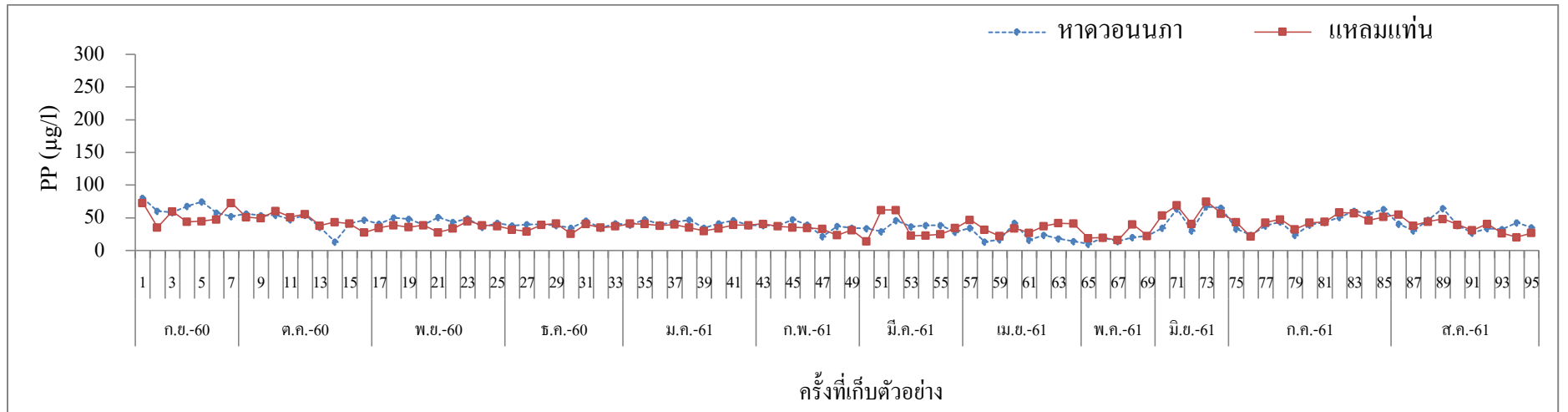
ภาพที่ 4-7 การเปลี่ยนแปลงของ(ก)ไนโตรเจนแวนดอลอย (ข)ไนโตรเจนรวม ในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จังหวัดชลบุรีตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา



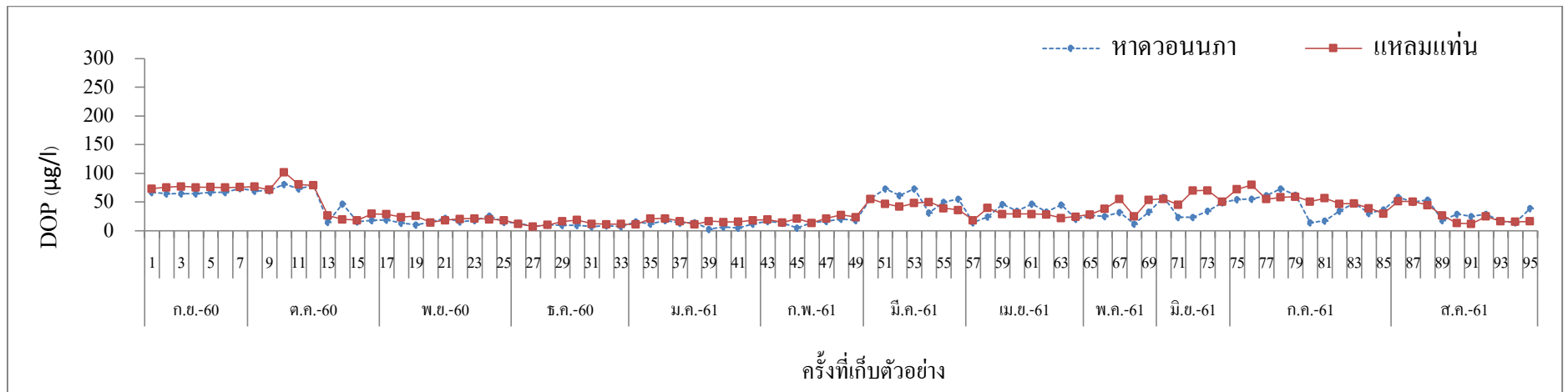
ภาพที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกต (Silicate) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 – สิงหาคม 2561



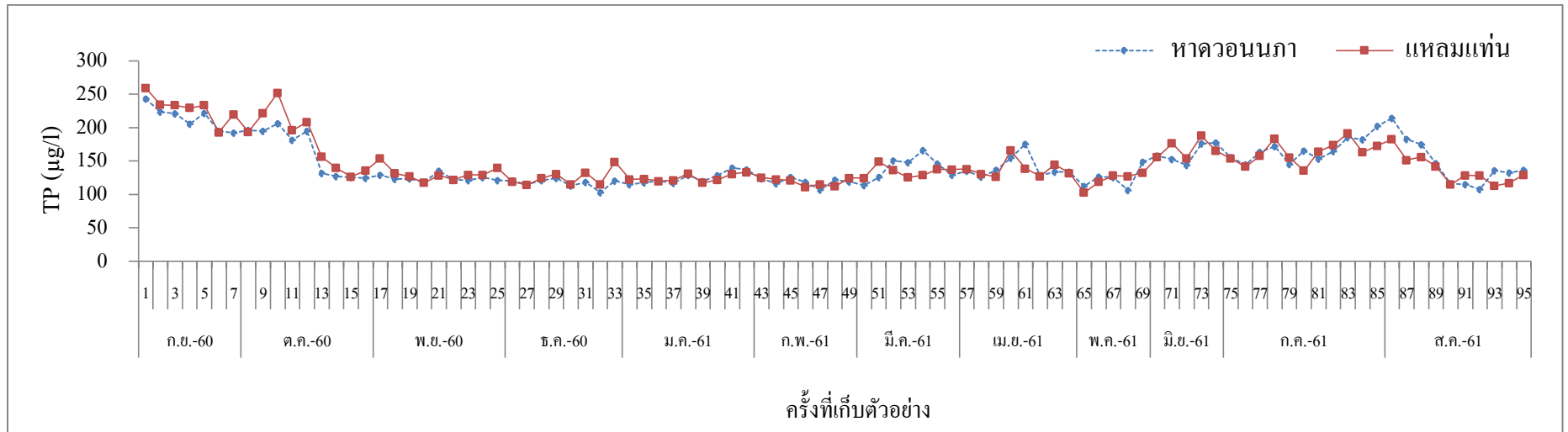
ภาพที่ 4-9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 – สิงหาคม 2561



ภาพที่ 4-4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 - สิงหาคม 2561



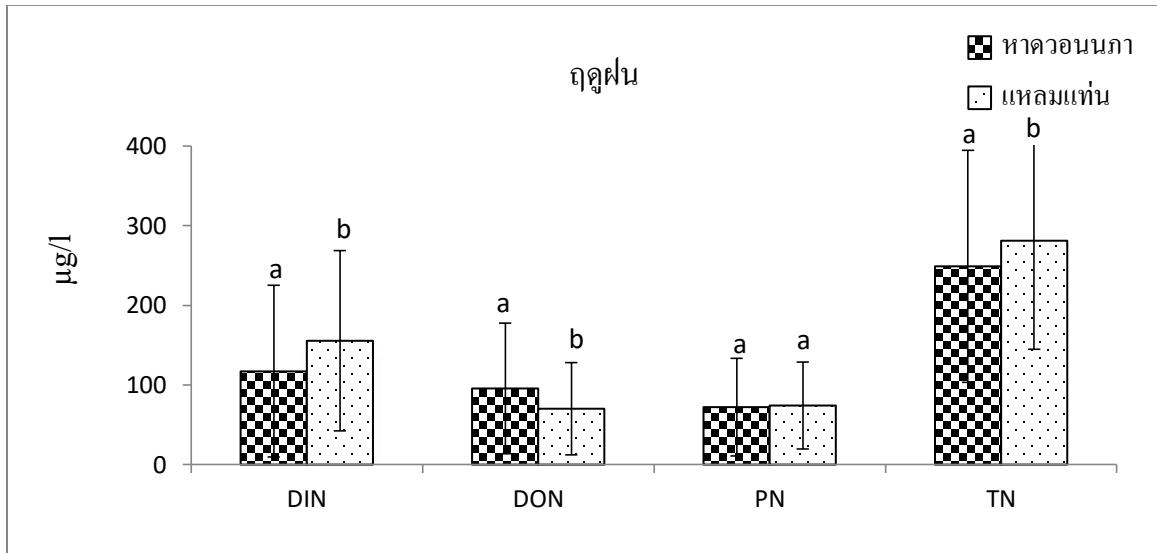
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 - สิงหาคม 2561



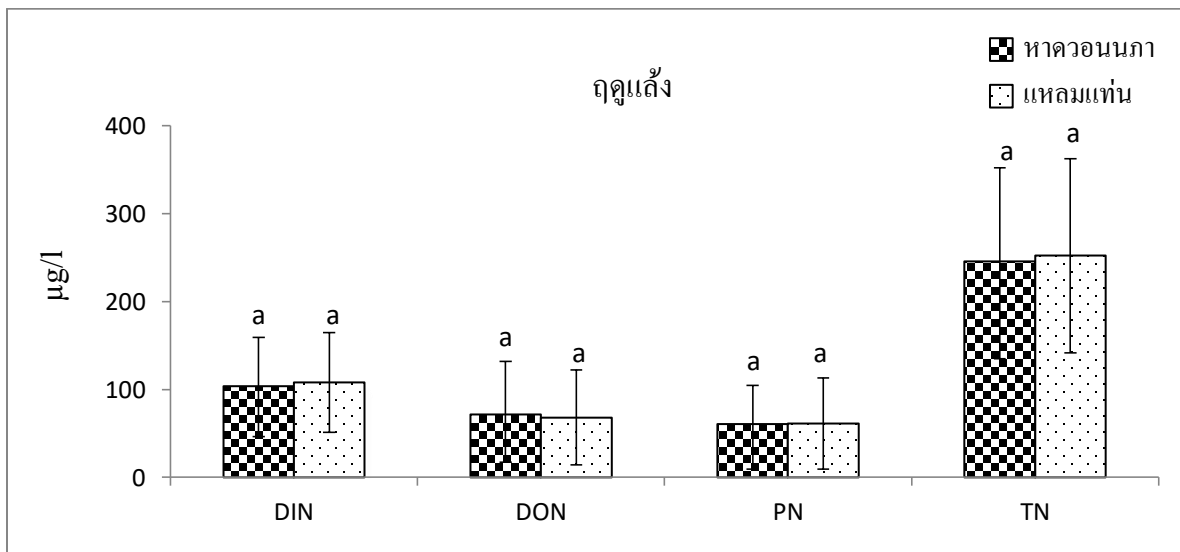
ภาพที่ 4-12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา กันยายน 2560 – สิงหาคม 2561



(ก) ฤดูฝน



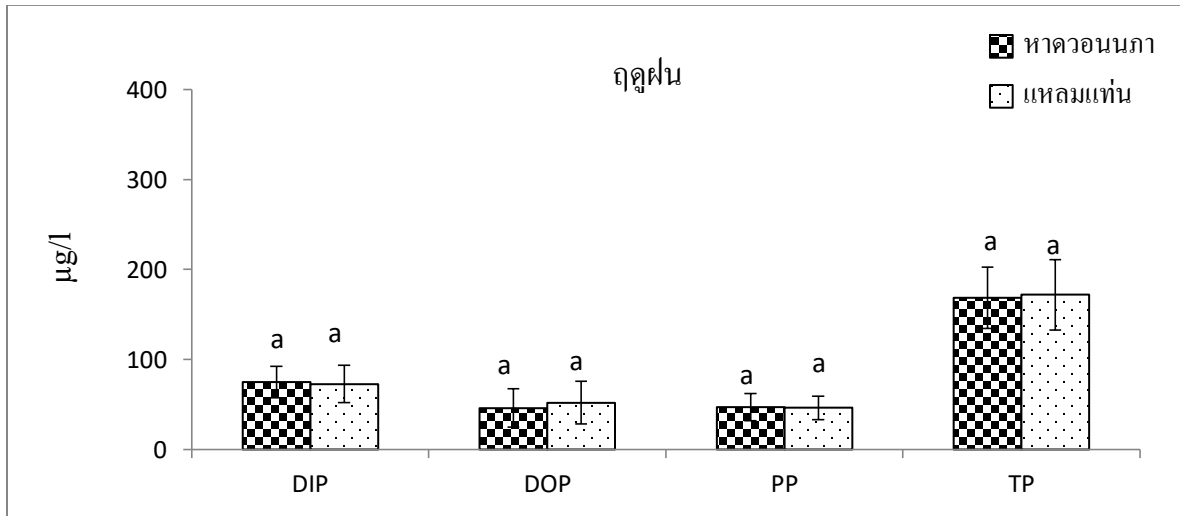
(ข) ฤดูแล้ง



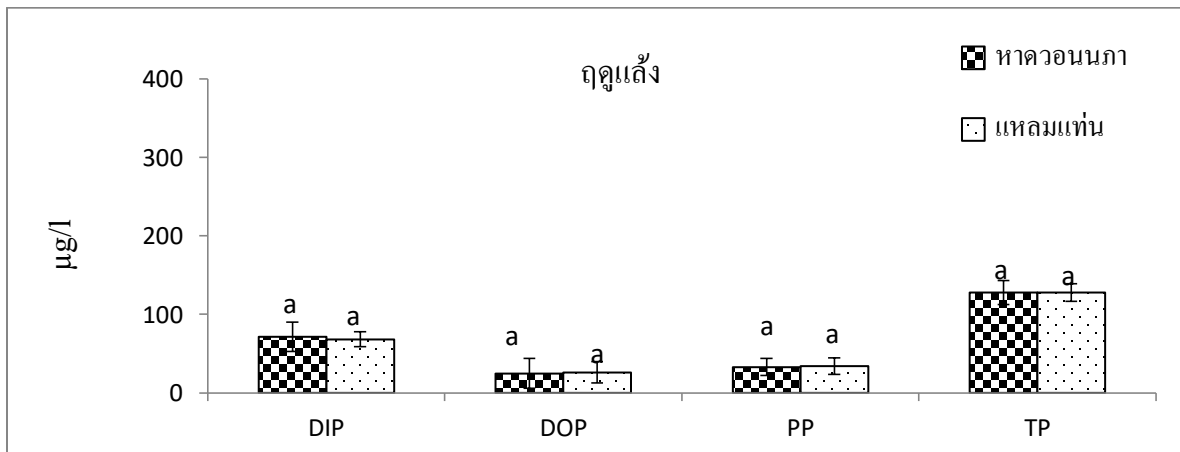
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่าง ( $p < 0.05$ )

ภาพที่ 1-13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเฉลี่ยสารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ(DIN) ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย(PN) และไนโตรเจนรวม(TN) ในช่วง(ก)ฤดูฝน (ข)ฤดูแล้ง ในแต่ละสถานี

(ก) ฤดูฝน

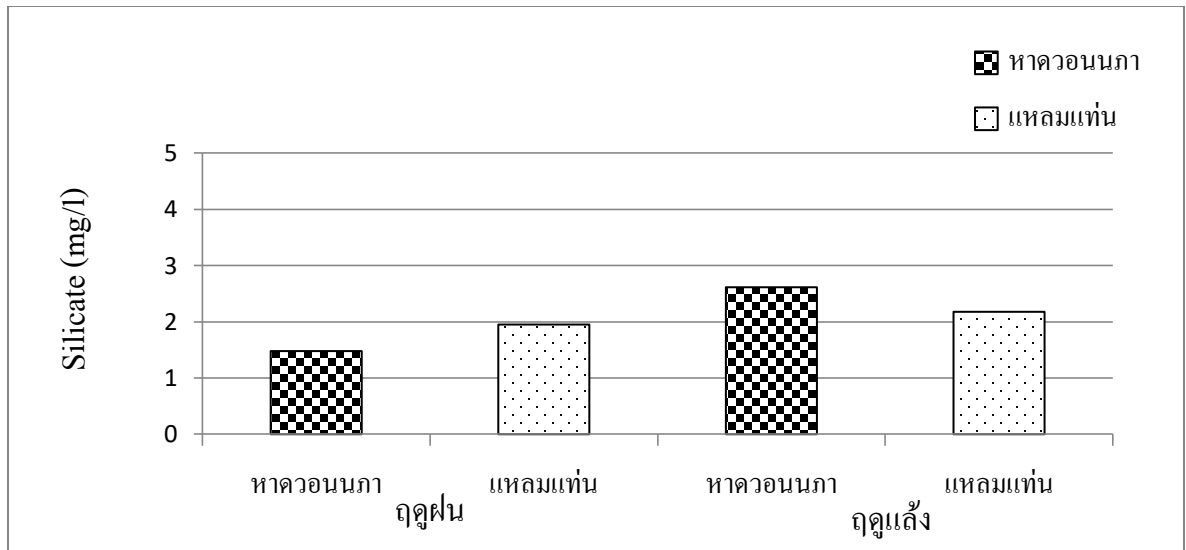


(ข) ฤดูแล้ง



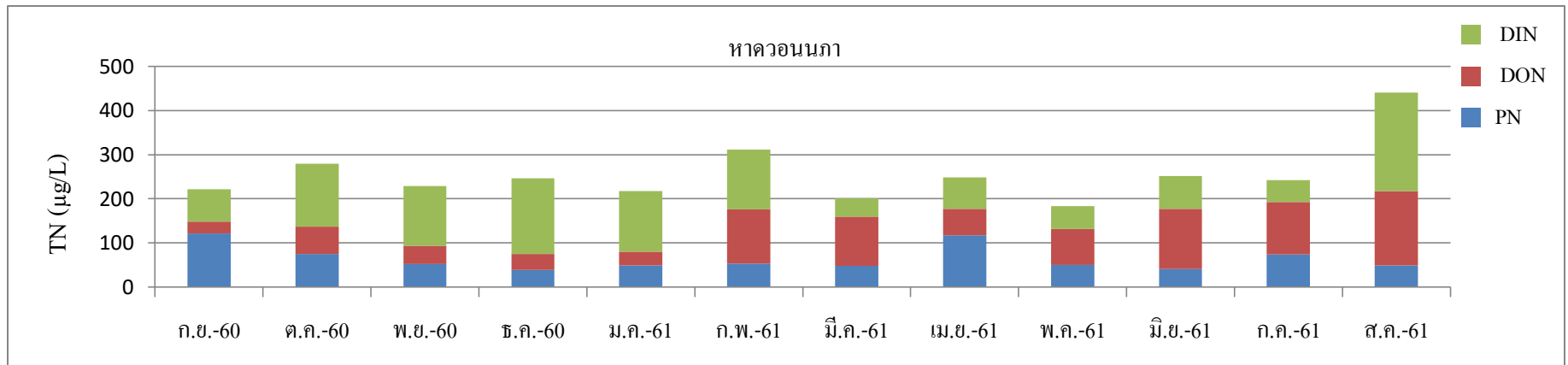
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่าง ( $p < 0.05$ )

ภาพที่ 4-14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเฉลี่ยสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ในช่วง(ก) ฤดูฝน (ข) ฤดูแล้ง ในแต่ละสถานี

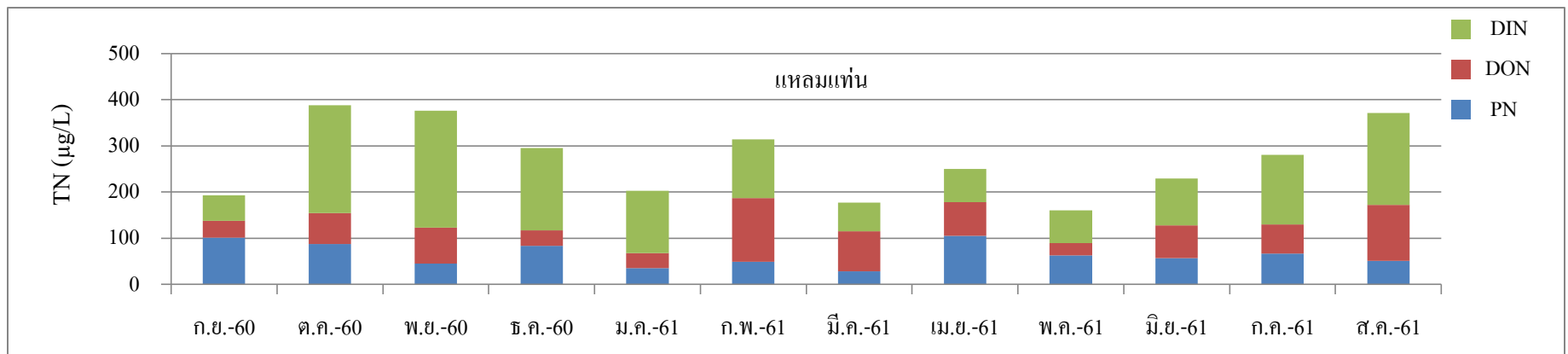


ภาพที่ 4-15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกตบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภาในฤดูฝนและฤดูแล้ง

(ก) หาดวอนนภา

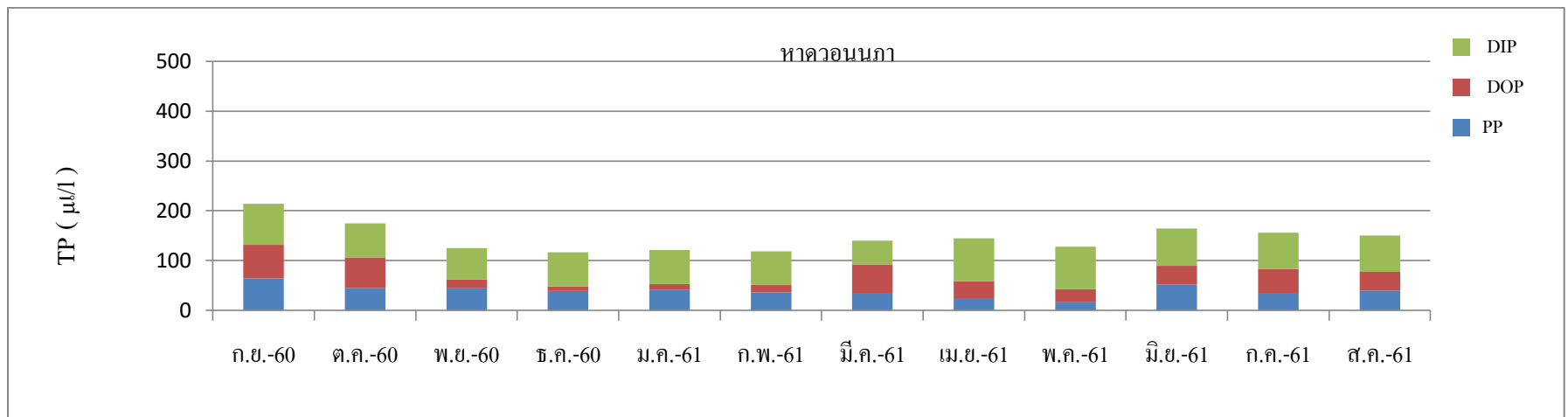


(ข) แหลมแท่น

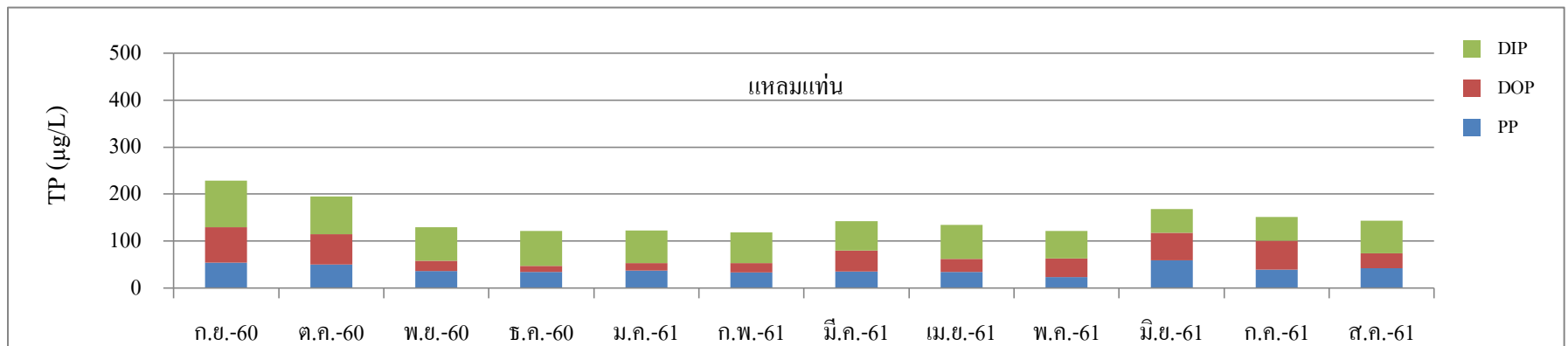


ภาพที่ 4-16 ปริมาณเฉลี่ยรายเดือนของไนโตรเจนรวม(TN) ในบริเวณ (ก)หาดวอนนภา และ(ข)แหลมแท่น

(ก) หาดวอนนภา



(ข) แหลมแท่น



ภาพที่ 4-17 ปริมาณเฉลี่ยรายเดือนของฟอสฟอรัสรวม(TP) ในบริเวณ (ก)หาดวอนนภา และ(ข)แหลมแท่น

#### 4.5 ชนิดและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช (ตารางที่ 4-14 และ 4-15)

พบแพลงก์ตอนพืช 25 สกุล ประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) พบ 1 อันดับ 1 วงศ์ 1 สกุล สาหร่ายสีเขียว (green algae) พบ 1 อันดับ 1 วงศ์ 1 สกุล ไดอะตอม (diatom) พบ 2 อันดับ 12 วงศ์ 18 สกุล และไดโนแฟลกเจลเลต (dinoflagellate) พบ 4 อันดับ 4 วงศ์ 5 สกุล (ตารางที่ 4-5) โดยมีความหลากหลายของชนิด และค่าดัชนีความสม่ำเสมอของแพลงก์ตอนพืชบริเวณหาดวอนนภา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 และ 0.33 ส่วนบริเวณแหลมแม่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 และ 0.40ตามลำดับ โดยมีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุดในเดือนที่ทำการศึกษามีดังนี้

เดือนกันยายน พบ *Pseudonitzschia* spp. มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด  $6.71 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร เดือนตุลาคม พฤษจิกายน ธันวาคม และมกราคม พบว่า *Chaetoceros* spp. มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด  $19 \times 10^4$  ,  $27.79 \times 10^4$  ,  $8.77 \times 10^4$  และ  $9.23 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ เดือนกุมภาพันธ์ พบว่า *Skeletonema* spp. มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด  $3.36 \times 10^5$  เซลล์ต่อลิตร เดือนมีนาคม พบว่า *Coscinodiscus* spp. มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด  $17.14 \times 10^5$  เซลล์ต่อลิตร เดือนเมษายน พบว่า *Thalassionema* sp มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด  $11.37 \times 10^5$  เซลล์ต่อลิตร เดือนพฤษภาคม พบ *Chaetoceros* spp ความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด  $26.58 \times 10^5$  เซลล์ต่อลิตร เดือนมิถุนายน พบความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ย *Laudaria* sp  $2.88 \times 10^4$ .เซลล์ต่อลิตร ในเดือนกรกฎาคม พบความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ย *Chaetoceros* spp.  $14.80 \times 10^5$  เซลล์ต่อลิตร และในเดือนสิงหาคมพบว่า *Coscinodiscus* spp. มีความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยสูงสุด  $74.66 \times 10^5$  เซลล์ต่อลิตร แพลงก์ตอนพืชสกุลที่พบเป็นประจำได้แก่ *Chaetoceros* spp. *Coscinodiscus* spp. *Protoperdinium* sp. และ *Ceratium furca*

ตารางที่ 4-10 แพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น ในระหว่างเดือนกันยายน 2560 – สิงหาคม 2561

Division	Class	Order	Family	Genus	
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.	
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chlorococcales	Hydrodictyceae	<i>Pediastrum</i> sp.	
Chromophyta	Bacillariophyceae	Biddulphiales	Thalassiosiraceae	<i>Planktoniella</i> sol	
				<i>Lauderia</i> sp.	
				<i>Skeletonema</i> sp.	
			Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i> spp.	
			Hemidiscaceae	<i>Hemidiscus</i> sp.	
			Triceratiaceae	<i>Triceratium</i> sp.	
			Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia</i> spp.	
			Chaetoceraceae	<i>Bacteriastrum</i> spp.	
				<i>Chaetoceros</i> spp.	
			Eupodiscaceae	<i>Odontella</i> sp.	
			Lithodesmaceae	<i>Ditylum</i> sp.	
				<i>Helicotheca</i> sp.	
			Hemiaulaceae	<i>Cerataulina</i> sp.	
			Bacillariales	Thalassionemataceae	<i>Thalassionema</i> sp.
					<i>Thalassiothrix</i> sp.
				Naviculaceae	<i>Pleurosigma</i> spp.
				Bacillariaceae	<i>Pseudonitzschia</i> spp.
		<i>Bacillaria</i> sp.			
	Dinophyceae	Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Dinophysis</i> sp.	
		Noctilucales	Noctilucaceae	<i>Noctiluca scintillans</i>	
		Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Ceratium</i> sp.	
				<i>Ceratium furca</i>	
		Peridinales	Protopteridiniaceae	<i>Protopteridium</i> sp.	

ตารางที่ 4-11 แพลงก์ตอนพืชที่พบตามฤดูกาลบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี

Class	สกุล	หาดวอนนภา		แหลมแท่น	
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> sp.	✓	✓	✓	✓
Chlorophyceae	<i>Pediastrum</i> sp.	✓	---	✓	---
Bacillariophyceae	<i>Planktoniella</i> sol	✓	---	✓	✓
	<i>Lauderia</i> sp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Skeletonema</i> sp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Coscinodiscus</i> spp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Hemidiscus</i> sp.	---	✓	---	✓
	<i>Triceratium</i> sp.	✓	---	---	---
	<i>Rhizosolenia</i> spp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Bacteriastrum</i> spp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Chaetoceros</i> spp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Odontella</i> sp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Ditylum</i> sp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Helicotheca</i> sp.	---	✓	---	✓
	<i>Cerataulina</i> sp.	---	✓	---	✓
	<i>Thalassionema</i> sp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Thalassiothrix</i> sp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Pleurosigma</i> spp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Pseudonitzschia</i> spp.	✓	✓	✓	✓
<i>Bacillaria</i> sp.	---	✓	✓	✓	
Dinophyceae	<i>Dinophysis</i> sp.	✓	✓	✓	✓
	<i>Noctiluca scintillans</i>	---	---	---	✓
	<i>Ceratium</i> sp.	---	✓	---	✓
	<i>Ceratium furca</i>	---	✓	---	✓
	<i>Protoperidinium</i> sp.	✓	✓	✓	✓



ตารางที่ 4-12 แพลงก์ตอนพืชที่มีความหนาแน่นสูงสุดที่พบบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น จ.ชลบุรี

เดือน	กลุ่ม	ชนิด	ความหนาแน่น ( cell/l)
กันยายน	Diatoms	<i>Pseudonitzschia</i> spp.	$6.71 \times 10^4$
ตุลาคม	Diatoms	<i>Chaetoceros</i> spp.	$19 \times 10^4$
พฤศจิกายน	Diatoms	<i>Chaetoceros</i> spp.	$27.79 \times 10^4$
ธันวาคม	Diatoms	<i>Chaetoceros</i> spp.	$8.77 \times 10^4$
มกราคม	Diatoms	<i>Chaetoceros</i> spp.	$9.23 \times 10^4$
กุมภาพันธ์	Diatoms	<i>Skeletonema</i> spp.	$3.36 \times 10^5$
มีนาคม	Diatoms	<i>Coscinodiscus</i> spp.	$17.14 \times 10^5$
เมษายน	Diatoms	<i>Thalassionema</i> sp.	$11.37 \times 10^5$
พฤษภาคม	Diatoms	<i>Chaetoceros</i> spp.	$26.58 \times 10^5$
มิถุนายน	Diatoms	<i>Laudaria</i> sp.	$2.88 \times 10^4$
กรกฎาคม	Diatoms	<i>Chaetoceros</i> spp.	$14.80 \times 10^5$
สิงหาคม	Diatoms	<i>Coscinodiscus</i> spp.	$74.66 \times 10^5$

แพลงก์ตอนพืชที่พบเป็นประจำ บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น



กลุ่มไดอะตอมสกุล *Chaetoceros* spp.



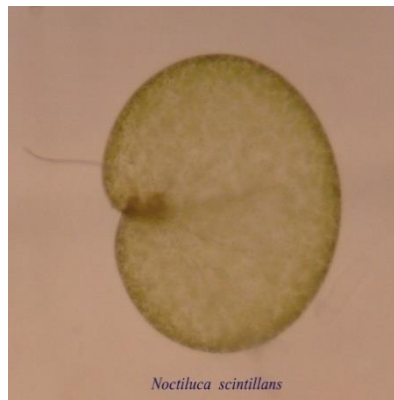
กลุ่มไดอะตอมสกุล *Coscinodiscus* spp.



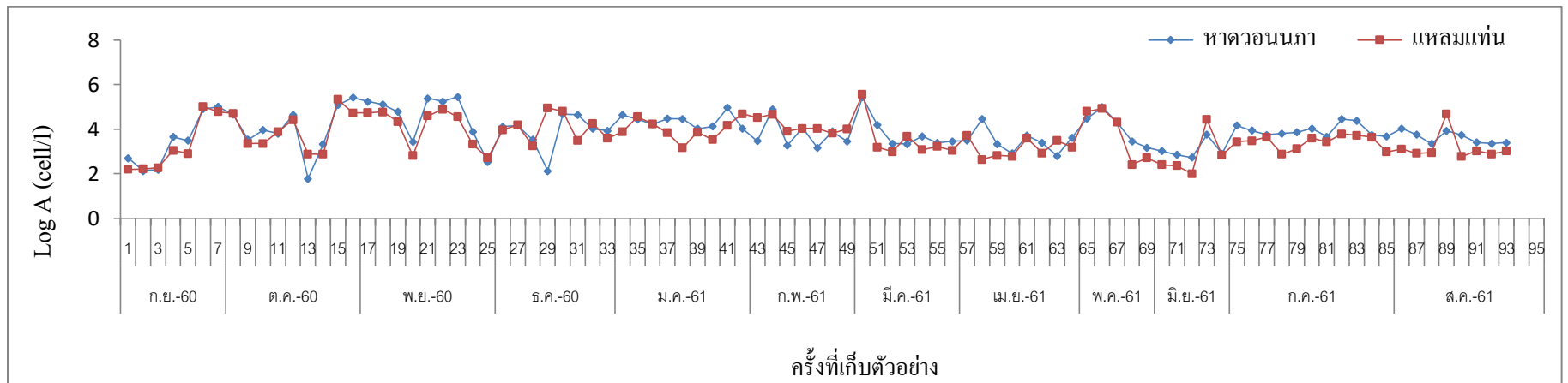
กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Protoperidinium* sp.



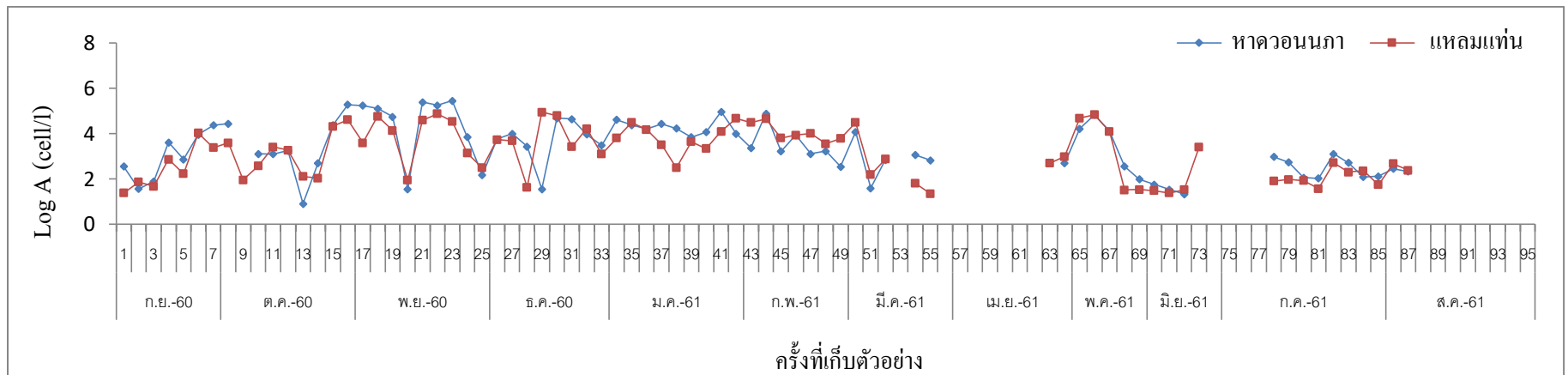
กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Ceratium furca*



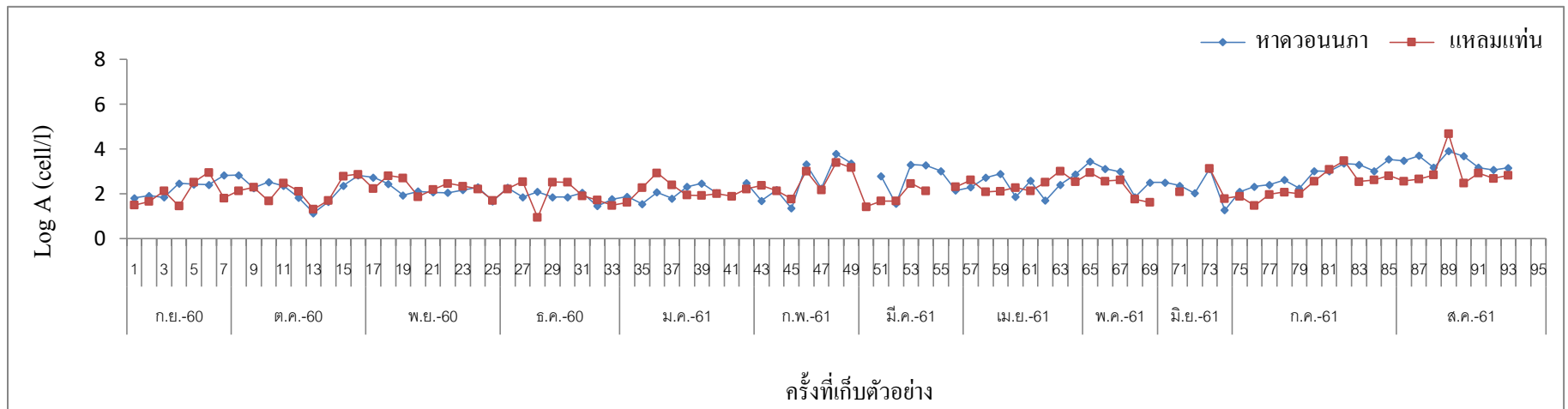
กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Noctiluca scintillans*



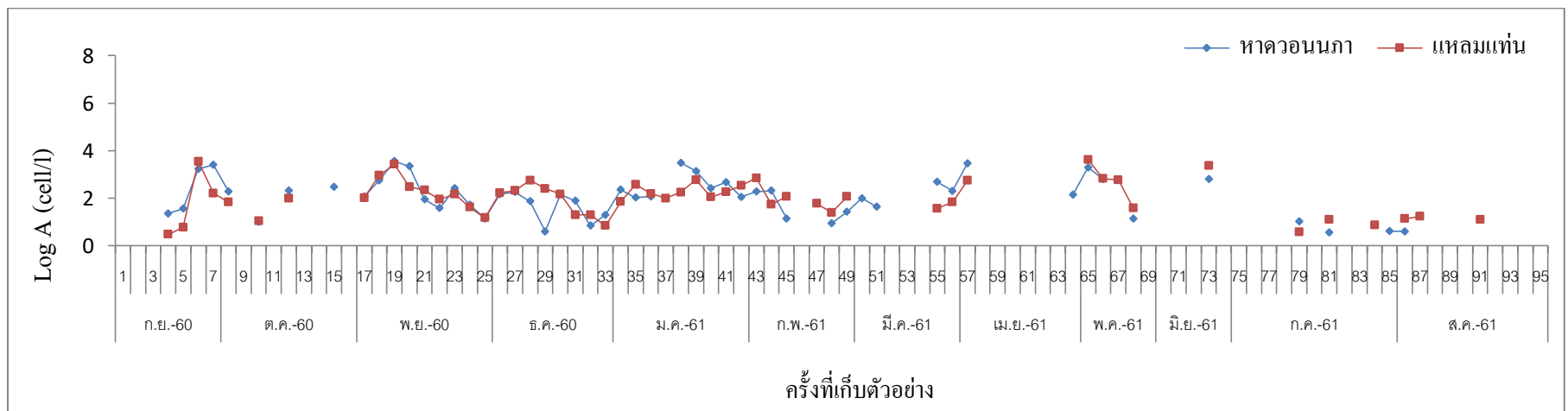
ภาพที่ 4-18 ปริมาณความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชรวม (cell/l) ที่พบบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น



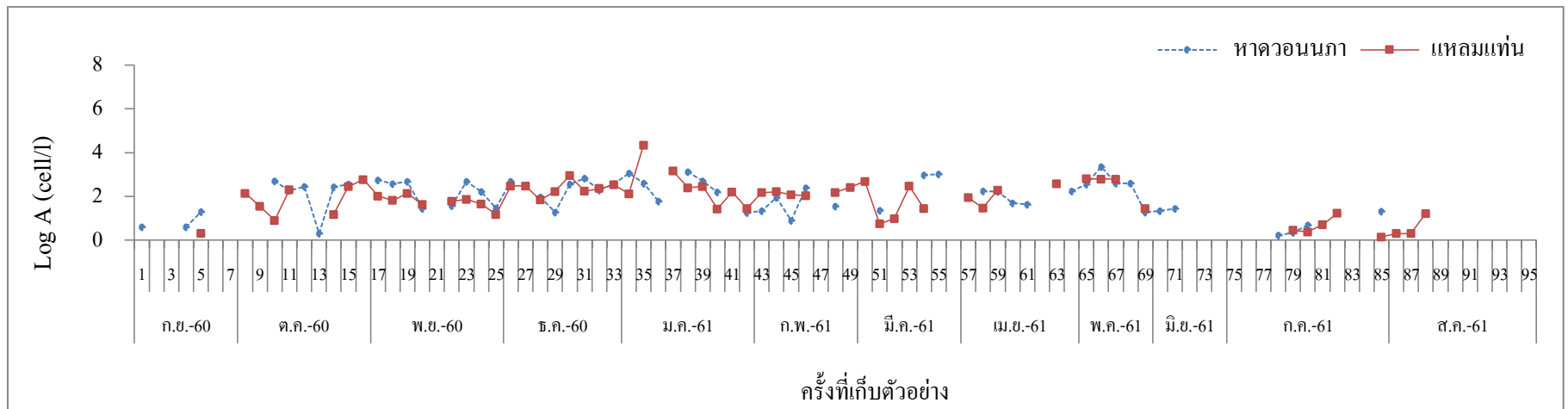
ภาพที่ 4-19 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม *Chaetoceros* spp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



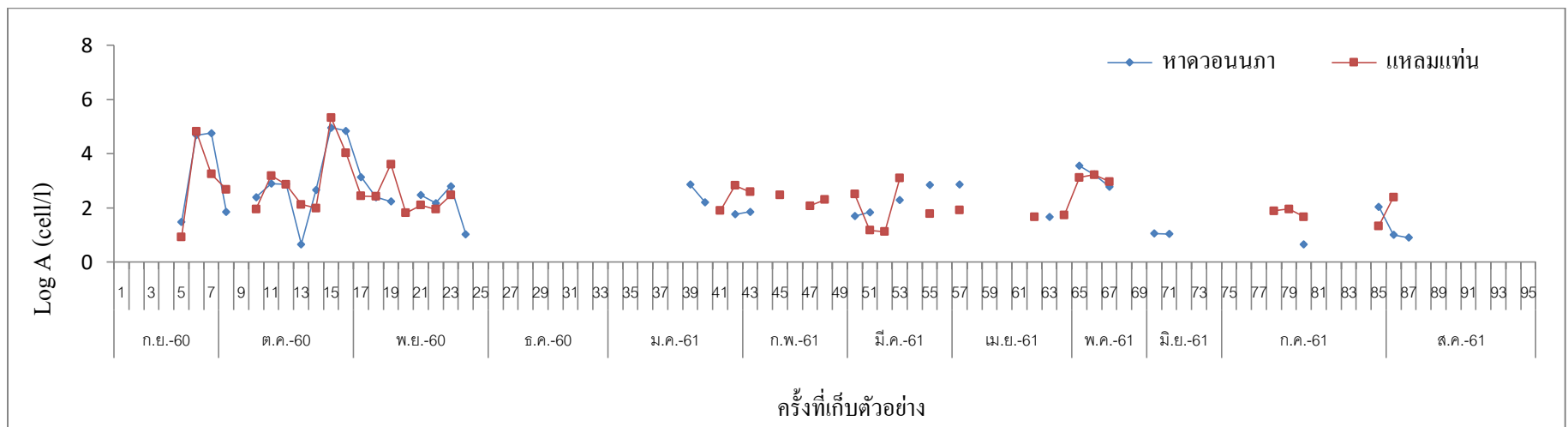
ภาพที่ 4-20 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม *Coscinodiscus* spp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



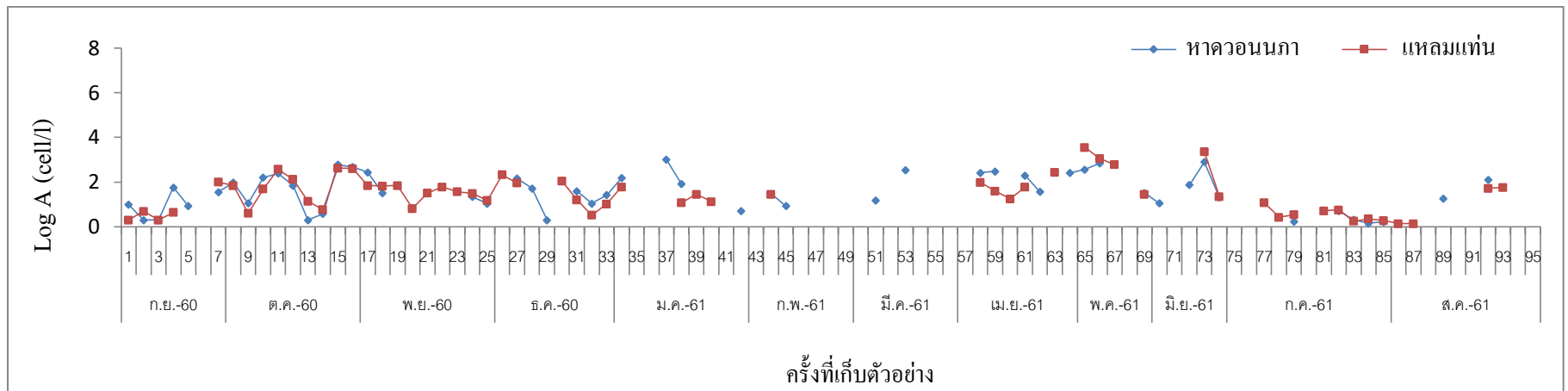
ภาพที่ 4-21 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม *Rhizosolenia* spp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



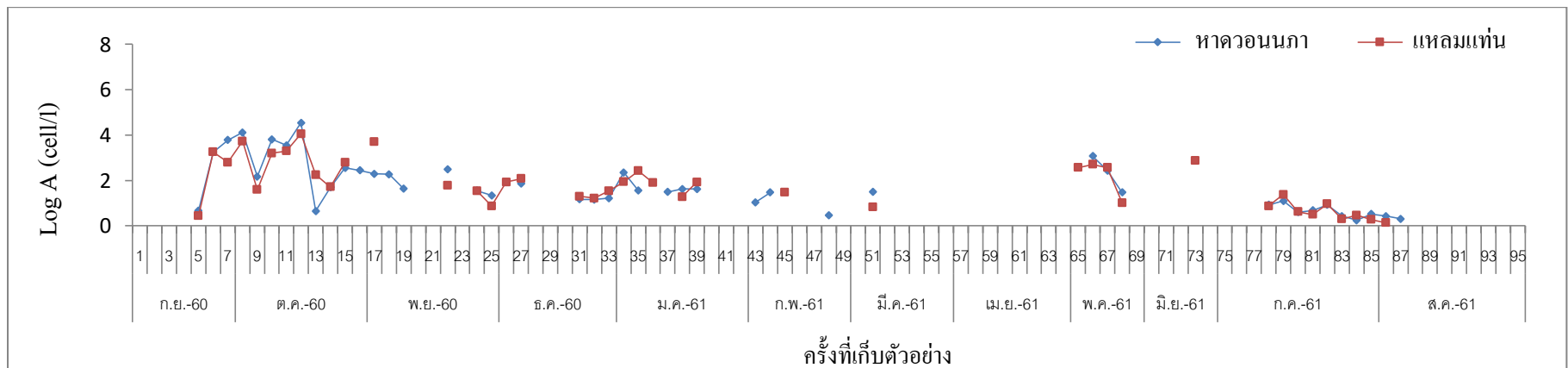
ภาพที่ 4-22 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม *Pleurosigma* spp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



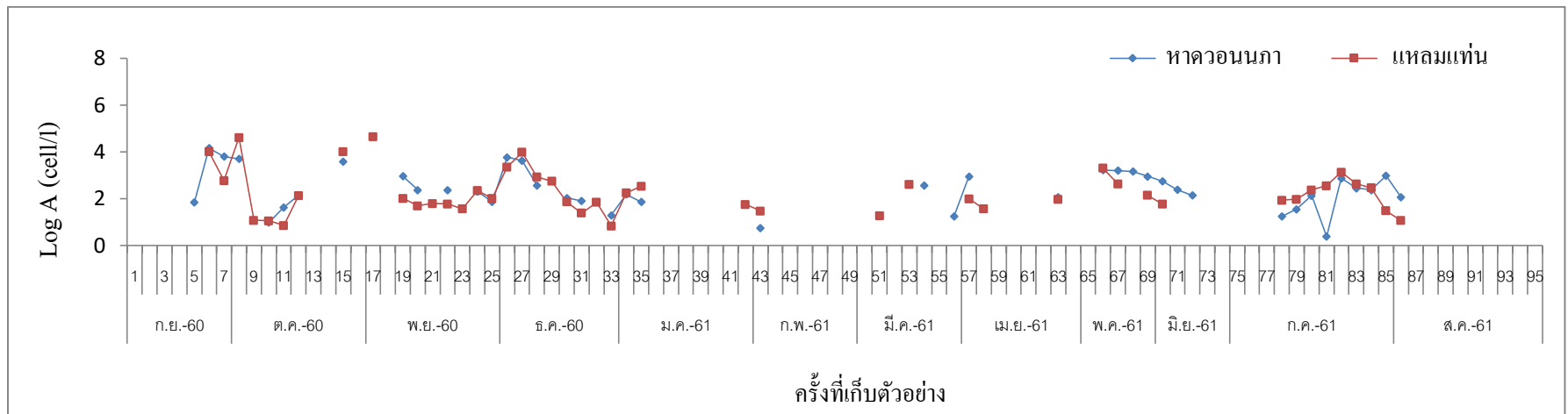
ภาพที่ 4-23 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม *Pseudonitzschia* spp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



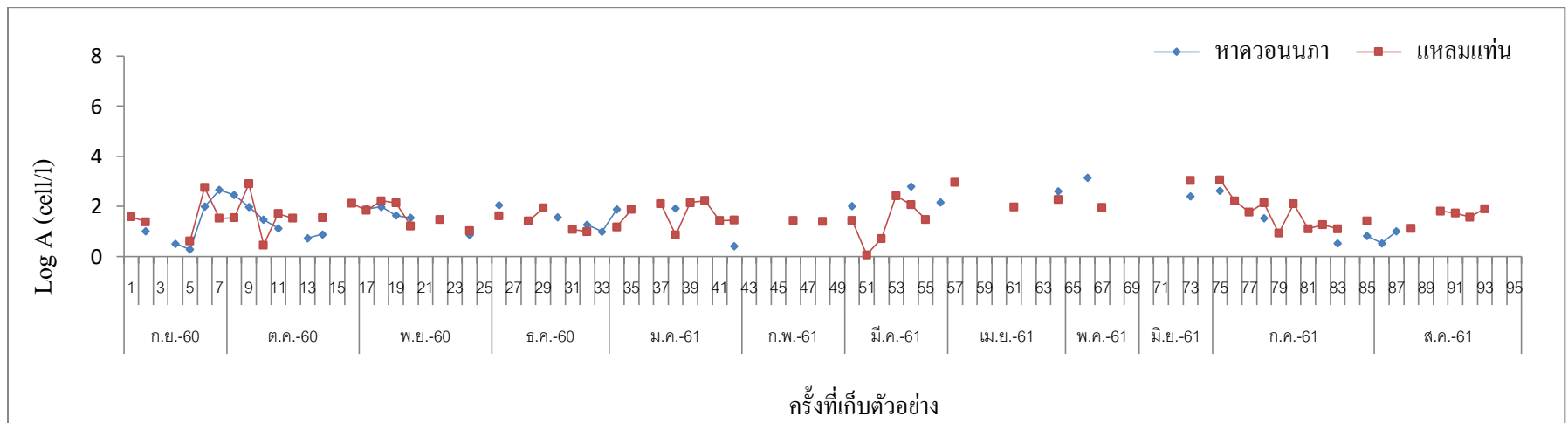
ภาพที่ 4-24 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม *Odontella* sp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



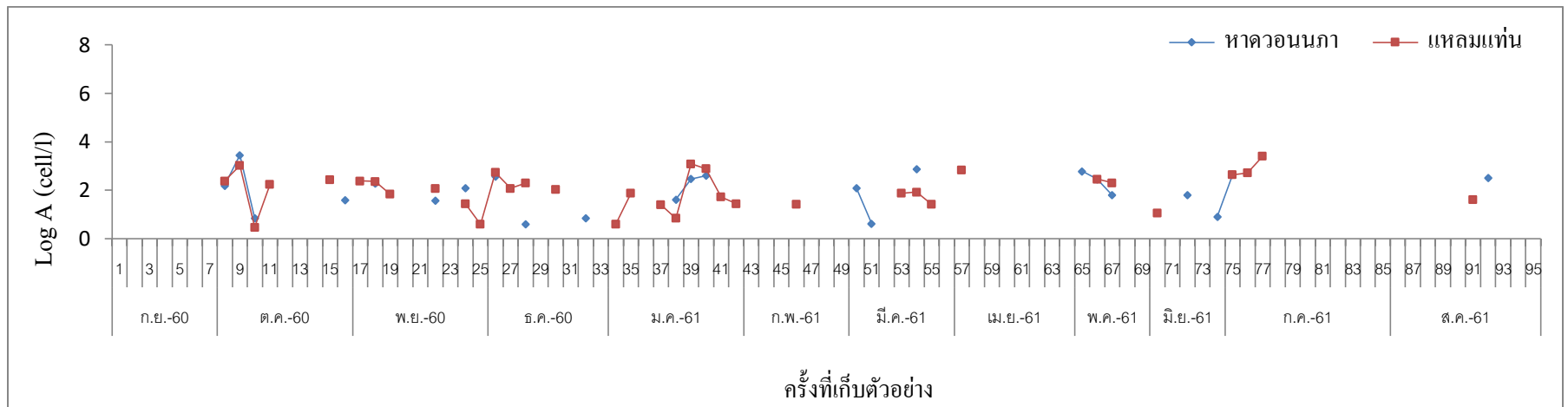
ภาพที่ 4-25 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม *Ditylum* sp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



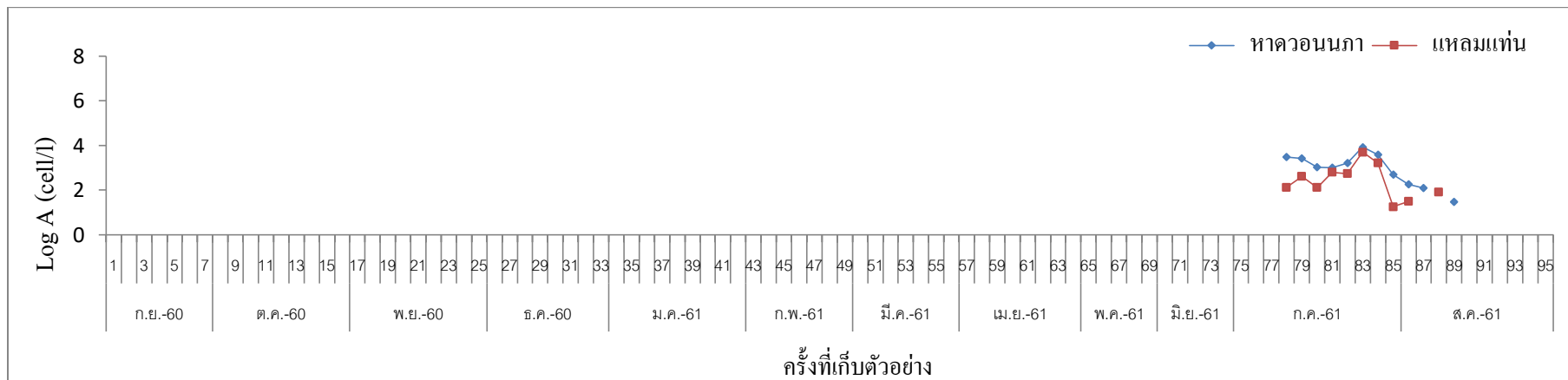
ภาพที่ 4-26 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดอะตอม *Lauderia* sp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 4-27 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต *Protoperidinium* sp. ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 4-28 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) กลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต *Ceratium furca* ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 4-29 ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช (cell/l) *Noctiluca sp.* ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา



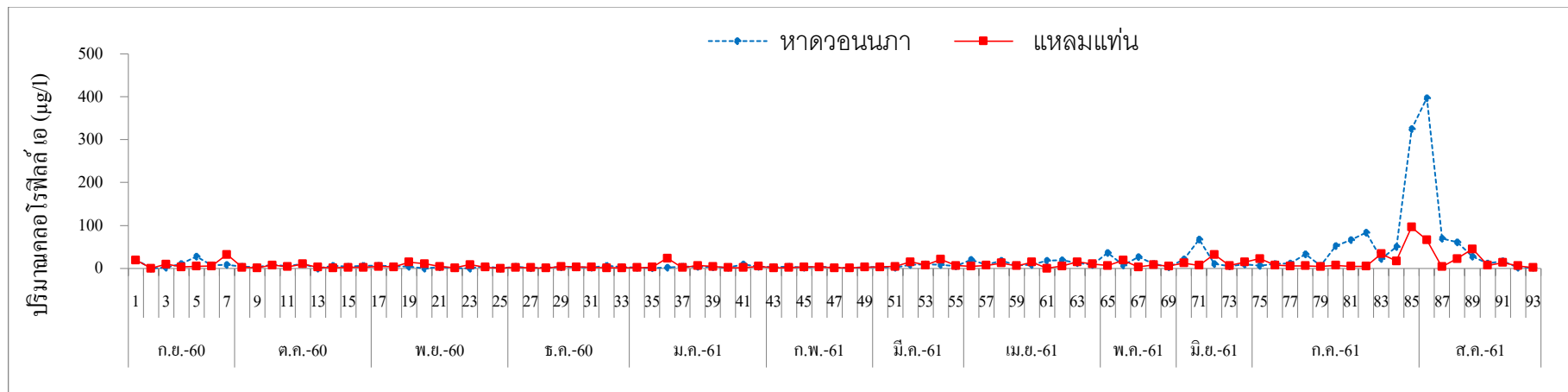
#### 4.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

จากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ตั้งแต่เดือนกันยายน 2560 – สิงหาคม 2561 แสดงไว้ในตารางที่ 4-13 พบว่าคลอโรฟิลล์เอ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดในเดือน กรกฎาคม คือ บริเวณหาดวอนนภา  $86.85 \pm 108.26$  ไมโครกรัม/ลิตร และบริเวณแหลมแท่น  $24.12 \pm 33.51$  ไมโครกรัม/ลิตร ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน คือ บริเวณหาดวอนนภา  $1.88 \pm 2.07$  ไมโครกรัม/ลิตร และบริเวณแหลมแท่นต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์  $2.08 \pm 1.01$  ไมโครกรัม/ลิตร

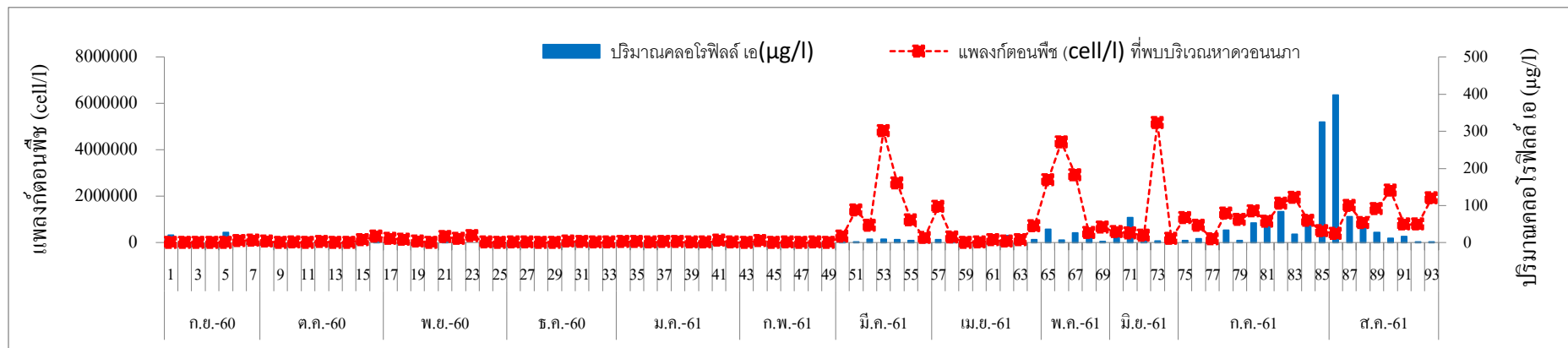
จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีการแจกแจงแบบปกติ ( $p > 0.05$ ) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ที่ทำการศึกษาในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 4-13 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอเฉลี่ยในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา บริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น

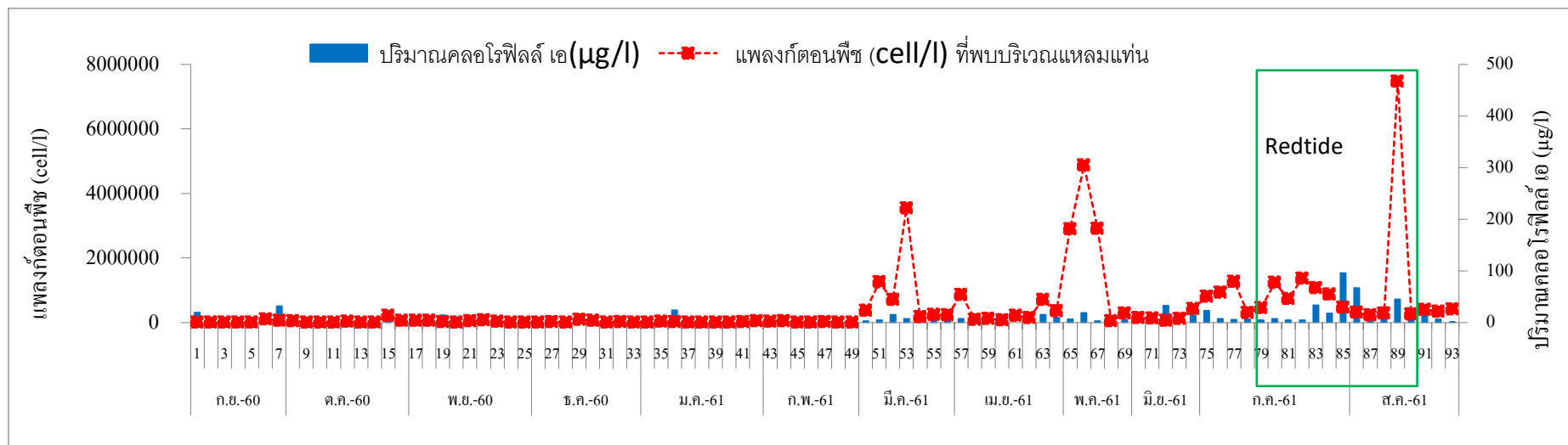
เดือน	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ไมโครกรัม/ลิตร)	
	หาดวอนนภา	แหลมแท่น
กันยายน	11.18±9.97	10.72±11.28
ตุลาคม	5.79±3.41	4.39±3.24
พฤศจิกายน	1.88±2.07	6.07±5.42
ธันวาคม	3.05±1.80	2.27±1.40
มกราคม	4.09±2.56	6.39±7.77
กุมภาพันธ์	2.82±1.21	2.08±1.01
มีนาคม	5.62±3.44	8.45±7.09
เมษายน	13.49±5.43	9.13±5.26
พฤษภาคม	14.71±12.12	8.16±5.07
มิถุนายน	20.24±21.56	12.31±9.48
กรกฎาคม	86.85±108.26	24.12±33.51
สิงหาคม	27.44±27.52	14.30±15.31



ภาพที่ 4-30 ปริมาณโคลIFORM (µg/l) ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างในหาดวอนนภาและแหลมแท่น



ภาพที่ 6 ปริมาณโคลIFORM (µg/l) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชรวม (cell/l) ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภา



ภาพที่ 4-32 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ( $\mu\text{g/l}$ ) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชรวม ( $\text{cell/l}$ ) ในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างบริเวณแหลมแท่น

#### 4.7 ปริมาณสารอินทรีย์แขวนลอย

##### 4.7.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอย (ภาพที่4-33)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1997 \pm 4328$   $\mu\text{g/l}$  โดยมีค่าสูงสุดในช่วงที่เกิด redtide ที่หาดวอนนภาในเดือนกรกฎาคม 2561 คือ  $29079$   $\mu\text{g/l}$  โดยมีค่าต่ำสุด  $120$   $\mu\text{g/l}$  ที่บริเวณแหลมแท่นในช่วงเดือนธันวาคม 2560 และจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าในระหว่างการเกิด redtide ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นจะเพิ่มขึ้นมากกว่าในช่วงเวลาที่ไม่เกิด redtide อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

##### 4.7.2 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนแขวนลอย (ภาพที่4-34)

ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนแขวนลอยตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $473 \pm 867$   $\mu\text{g/l}$  โดยมีค่าสูงสุดในช่วงที่เกิด redtide ที่แหลมแท่นในเดือนกรกฎาคม 2561 คือ  $1983.32$   $\mu\text{g/l}$  โดยมีค่าต่ำสุด  $32.39$   $\mu\text{g/l}$  ที่บริเวณหาดวอนนภาในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2560 และจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าในระหว่างการเกิด redtide ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนแขวนลอยในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นจะเพิ่มขึ้นมากกว่าในช่วงเวลาที่ไม่เกิด redtide อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 4.8 สัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยและคลอโรฟิลล์เอ (POC/Chl a) (ภาพที่4-36)

สัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยและคลอโรฟิลล์เอ ตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $103.28 \pm 75.19$  โดยมีค่าสูงสุดบริเวณแหลมแท่นในเดือนธันวาคม 2560 คือ  $373.24$  โดยมีค่าต่ำสุด  $17.83$  ที่บริเวณหาดวอนนภาในช่วงเดือนมกราคม 2561 และจะสังเกตเห็นได้ว่าทั้งสองสถานี่มีการเปลี่ยนแปลง สัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยและคลอโรฟิลล์เอในช่วงที่เกิด Redtide และไม่เกิด Redtide นั้นไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองสถานี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 4.9 สัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนแขวนลอย (C:N ratio) (ภาพที่4-35)

สัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนแขวนลอย ตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $3.74 \pm 1.42$  โดยมีค่าสูงสุดหลังช่วงที่เกิด redtide ที่บริเวณแหลมแท่นในเดือนสิงหาคม 2561 คือ  $12.49$  โดยมีค่าต่ำสุด  $1.95$  ที่บริเวณหาดวอนนภาในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2560 และจะสังเกตเห็นได้ว่าสัดส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนแขวนลอย ในช่วงที่เกิด Redtide และไม่เกิด Redtide นั้นไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองสถานี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 4.10 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของอินทรีย์แขวนลอย

##### 4.10.1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน(ภาพที่4-37)

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $20.98 \pm 1.93$  ‰ โดยมีค่าสูงสุดหลังช่วงที่เกิด redtide ที่แหลมแท่นในเดือนกรกฎาคม 2561 คือ  $-15.03$  ‰ โดยมีค่าต่ำสุด  $-24.33$  ‰ ที่บริเวณหาดวอนนภาในช่วงเดือนมกราคม 2561 และจะสังเกตได้ว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ในช่วงที่เกิด Redtide และไม่เกิด Redtide นั้นไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

##### 4.10.2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน(ภาพที่4-38)

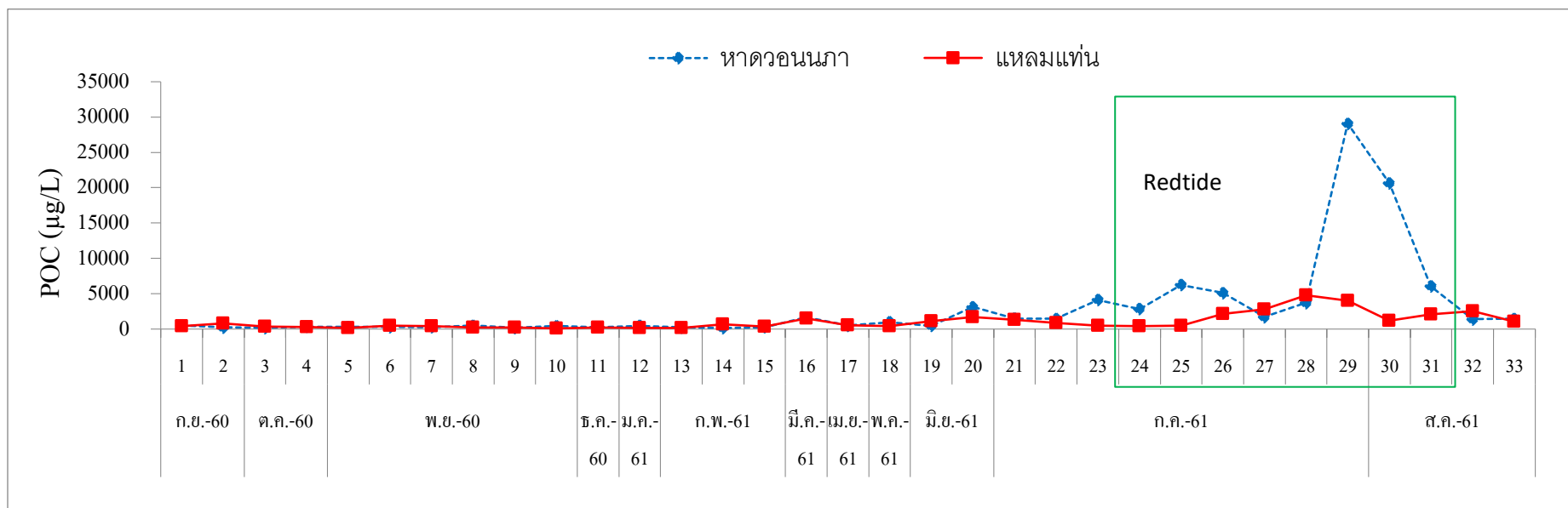
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $17.34 \pm 4.02$  ‰ โดยมีค่าสูงสุดบริเวณหาดวอนนภาในเดือนมกราคม 2561 คือ  $17.34$  ‰ โดยมีค่าต่ำสุด  $-4.69$  ‰ ที่บริเวณหาดวอนนภาในช่วงเดือนธันวาคม 2560 และจะสังเกตได้ว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ในช่วงที่เกิด Redtide และไม่เกิด Redtide นั้นไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

##### 4.11 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท(ภาพที่4-39)

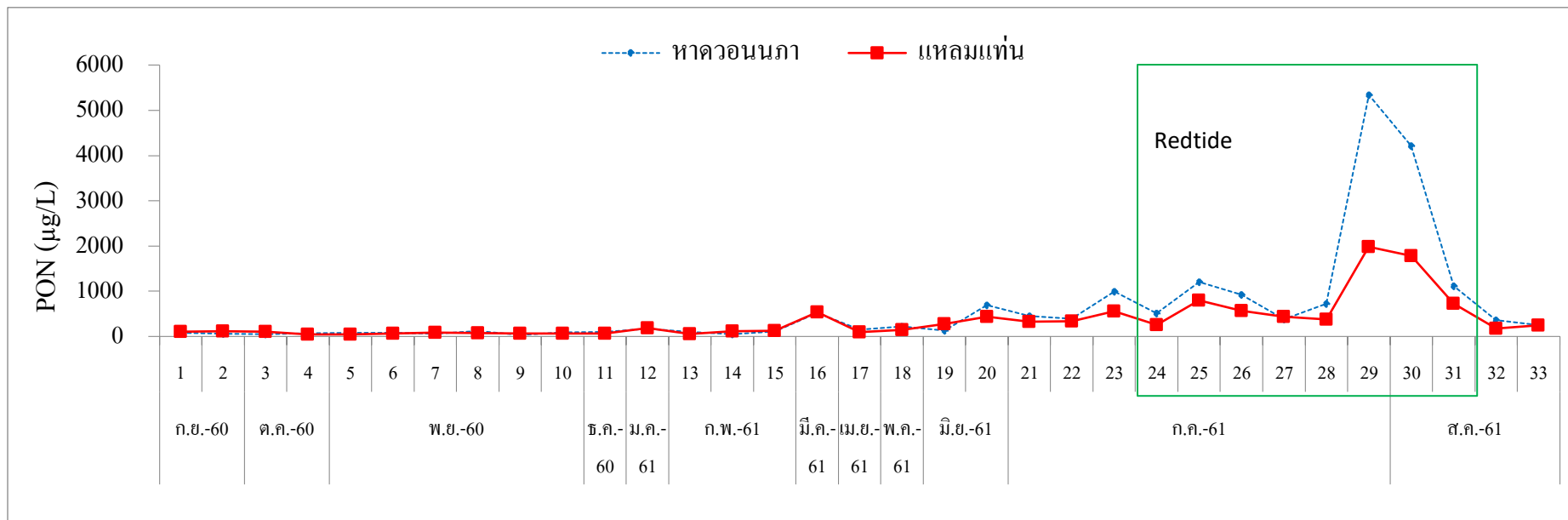
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $5.33 \pm 3.52$  ‰ โดยมีค่าสูงสุดหลังช่วงที่เกิด redtide ที่แหลมแท่นในเดือนสิงหาคม 2561 คือ  $11.37$  ‰ โดยมีค่าต่ำสุด  $-3.67$  ‰ ที่บริเวณหาดวอนนภาในช่วงเดือนสิงหาคม 2561 และจะสังเกตได้ว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ในช่วงที่เกิด Redtide และไม่เกิด Redtide นั้นไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

#### 4.12 สัดส่วนแหล่งที่มาของอินทรีย์แขวนลอย(ภาพที่ 4-40 ถึง 4-41)

สัดส่วนแหล่งที่มาของอินทรีย์แขวนลอย ตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $20 \pm 24.96$  % โดยมีค่า Marine OM สูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม และมิถุนายน 2561 คือ  $100$  % มีค่า Anthropogenic OM สูงสุด  $62.27$  % ที่ในช่วงเดือนตุลาคม 2560 และจะสังเกตได้ว่าทั้งสัดส่วนแหล่งที่มาของ Marine OM ในช่วงที่เกิด Redtide มากกว่าช่วงที่ไม่เกิด Redtide สัดส่วนแหล่งที่มาของ Anthropogenic OM ในช่วงที่ไม่เกิด Redtide มากกว่าช่วงที่เกิด Redtide อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

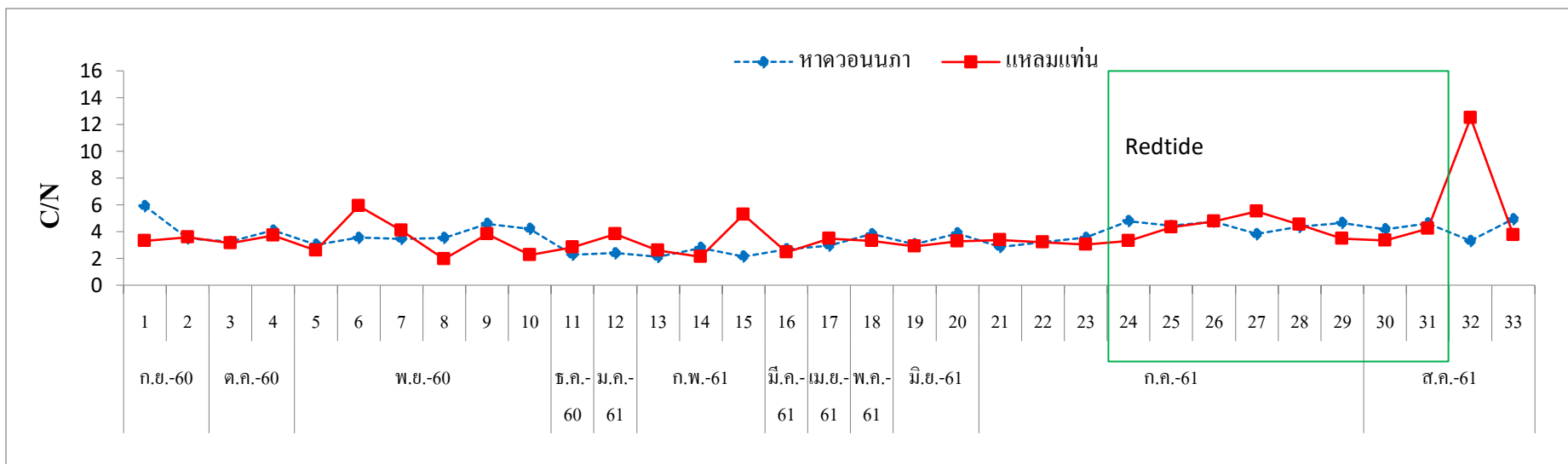


ภาพที่ 7 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างบริเวณหนองนากาและแหลมแทน จังหวัดชลบุรี

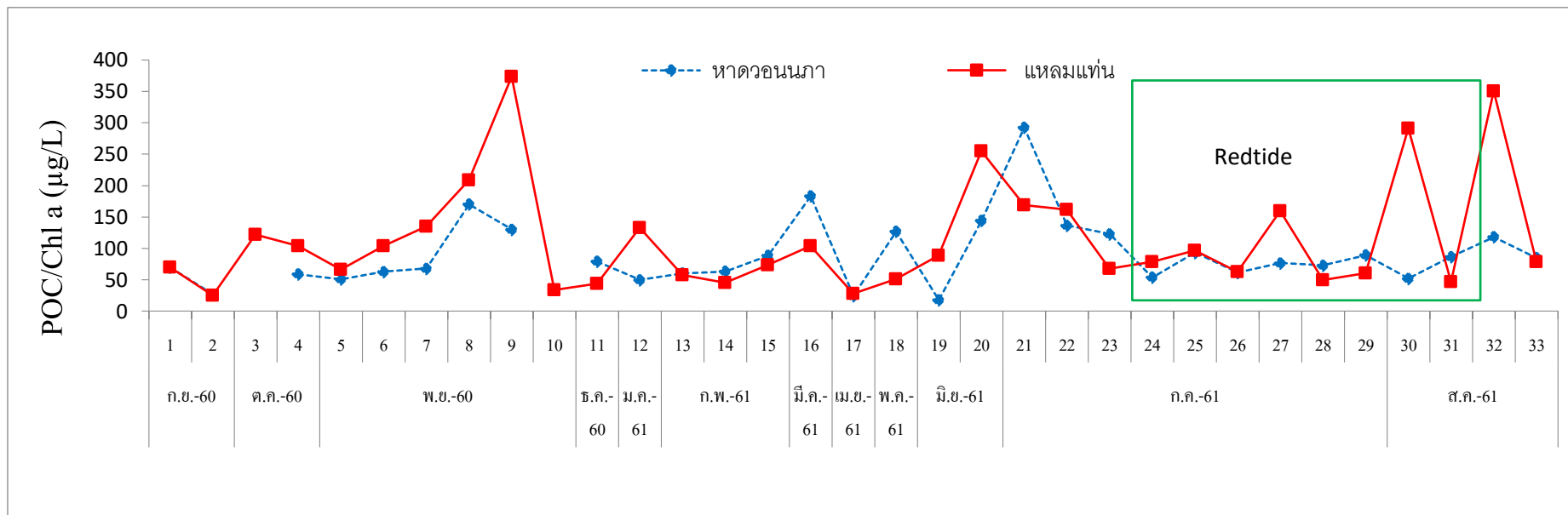


ภาพที่ 4-34 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนแขวนลอยในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น

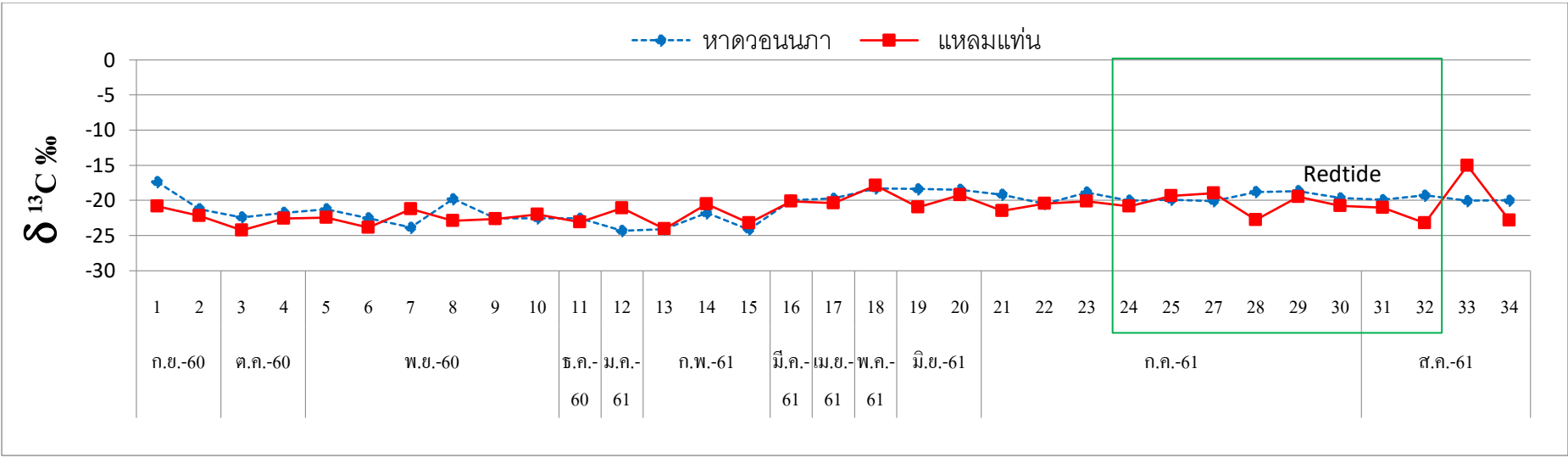




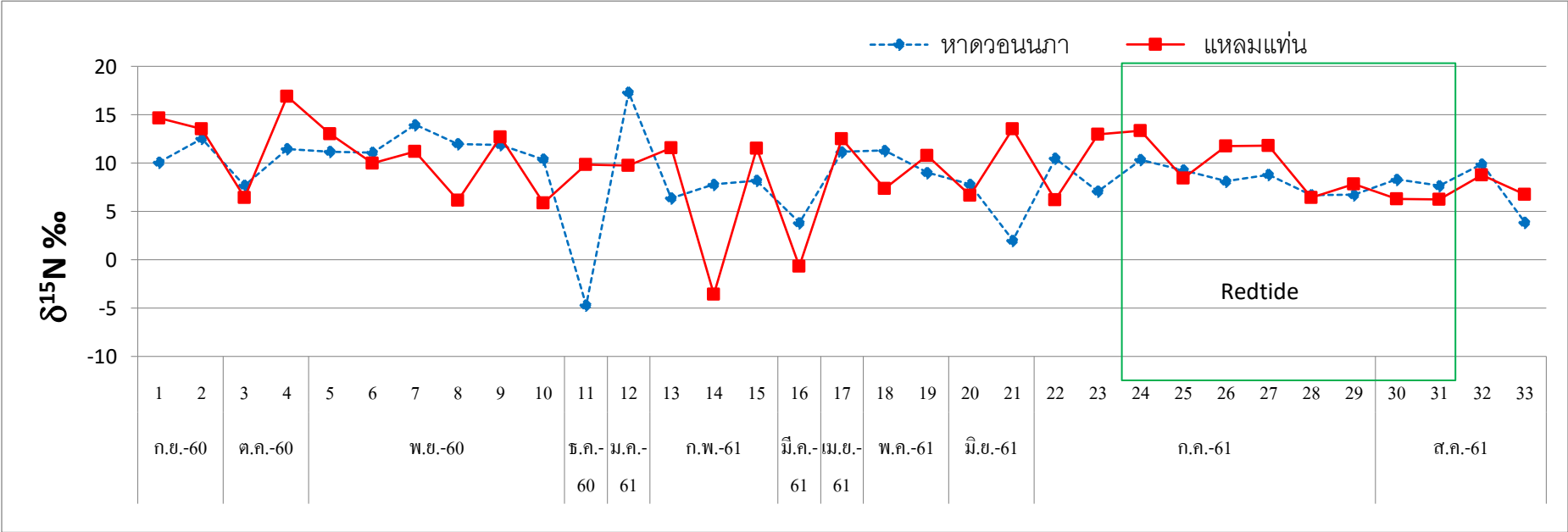
ภาพที่ 4-35 ปริมาณสัดส่วนของอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจนในสารแขวนลอยของแต่ละครั้งในการเก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น



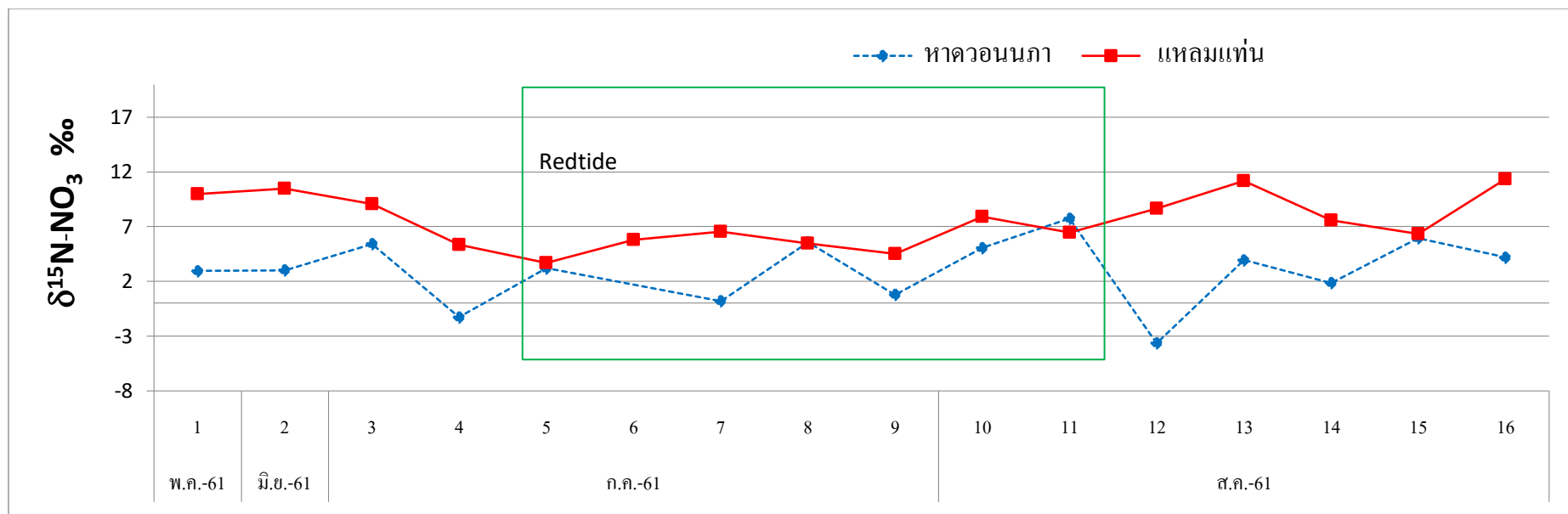
ภาพที่ 8 ปริมาณสัดส่วนของอินทรีย์แขวนลอยและคลอโรฟิลล์เอในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา



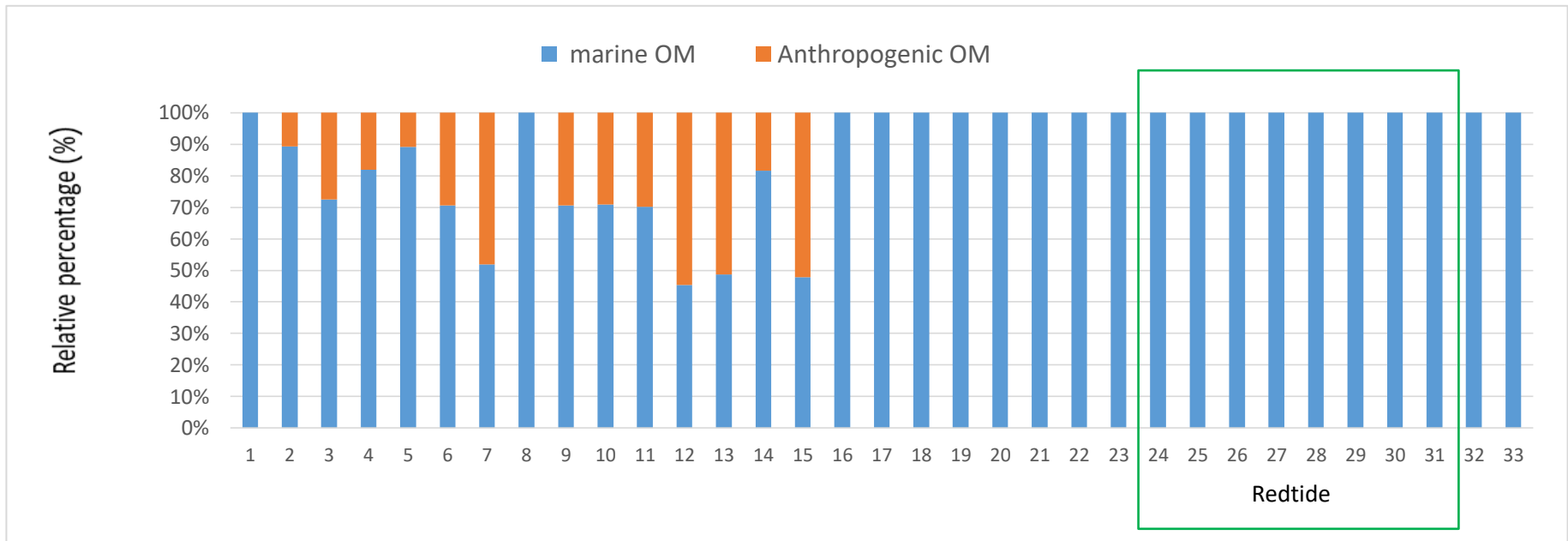
ภาพที่ 9 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ( $\delta^{13}C$ ) (‰) ในสารแขวนลอยของแต่ละครั้งในการเก็บตัวอย่างบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น



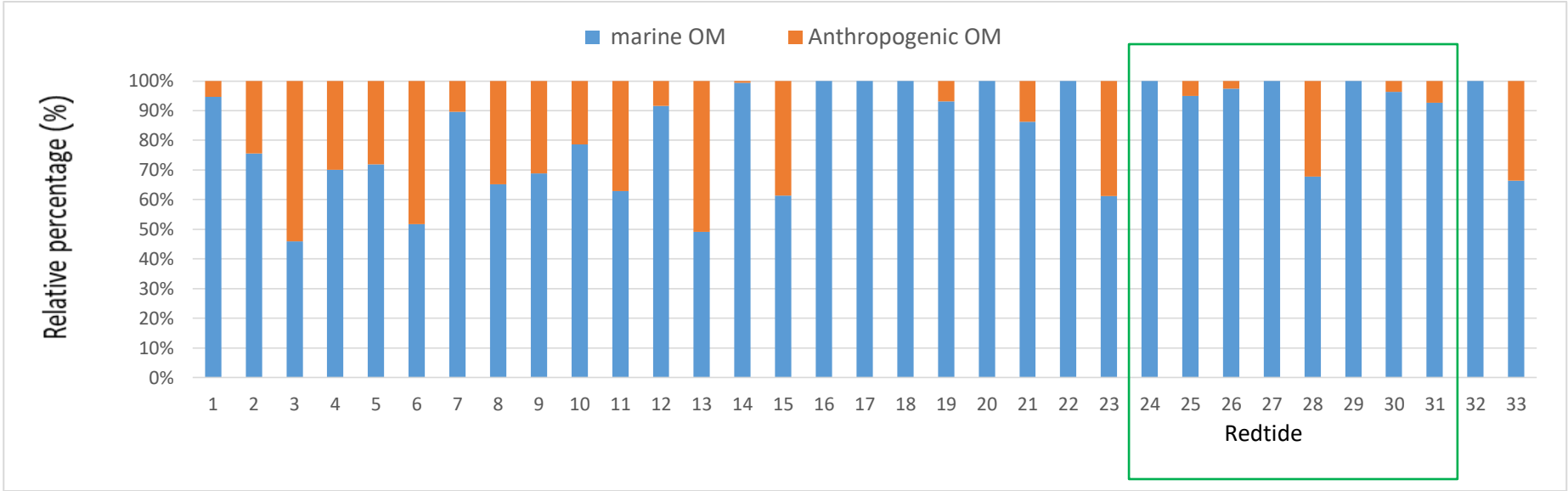
ภาพที่ 4-38 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (‰) ในสารแขวนลอยของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น



ภาพที่ 4-39 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (‰) ในไนเตรทของการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งบริเวณหาดวอนนงาและแหลมแท่น



ภาพที่ 4-40 สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งชุมชน (Anthropogenic OM) และสารอินทรีย์จากทะเล (Marine OM) ใน POM บริเวณหาดวอนนภา



ภาพที่ 4-41 สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งชุมชน (Anthropogenic OM) และสารอินทรีย์จากทะเล (Marine OM) ใน POM บริเวณแหลมแท่น

#### 4.13 วิเคราะห์ทางสถิติ

##### 4.7.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Two-way ANOVA เป็นตัวทดสอบทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนตามฤดูกาลของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า แอมโมเนีย ปริมาณไนโตรท และไนโตรเจนแขวนลอย มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล จะเห็นได้ว่าในช่วงเดือนตุลาคม-เดือนพฤศจิกายน มีปริมาณของไนโตรทเพิ่มสูงกว่าเดือนอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และพบว่าปริมาณไนโตรท ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ และปริมาณไนโตรเจนรวม ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ( $p > 0.05$ )

การวิเคราะห์ความแปรปรวนตามฤดูกาลของคุณภาพน้ำ พบว่าความเค็ม ความนำไฟฟ้า และความโปร่งใส มีค่าสูงขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ในขณะที่สารแขวนลอย และอุณหภูมิ มีค่าสูงในช่วงฤดูฝนและค่อยๆ ลดลงในช่วงฤดูแล้ง โดยมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ( $p < 0.05$ ) และพบว่าออกซิเจนละลายน้ำไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ( $p > 0.05$ )

การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละสถานีของคุณภาพน้ำ พบว่าสารแขวนลอย ความเค็ม อุณหภูมิ ความนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลายน้ำ และความโปร่งใส ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี ( $p > 0.05$ )

##### 4.3.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One-way ANOVA เป็นตัวทดสอบทางสถิติ

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลพบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละเดือนและในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และพบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชไม่มีความสัมพันธ์กับความโปร่งแสง ความเค็มของน้ำทะเล และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ในรูปเชิงเส้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

#### อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดและปัจจัยสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดวอนนภา และแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายน พ.ศ.2560 – เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561

#### 5.1 คุณภาพน้ำ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงทุกเดือนและมีค่าสูงทั้งสองบริเวณ (ภาพที่ 4-1) มีความสอดคล้องกับระยะเวลาที่ทำการศึกษาที่อยู่ในช่วงฤดูฝนจนถึงฤดูแล้ง ในช่วงฤดูฝนจะมีการชะล้างสารอาหารบนพื้นดินลงสู่ทะเลมากขึ้นจึงทำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งกระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเพิ่มสูงขึ้นและในช่วงฤดูฝนคลื่นลมรุนแรงทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้น ส่วนในช่วงฤดูแล้งนั้นอุณหภูมิในน้ำลดต่ำลงทำให้ออกซิเจนสามารถละลายน้ำได้ดีขึ้น โดยปริมาณออกซิเจนละลายน้ำทั้งบริเวณนั้นหาดวอนนภาและแหลมแท่น ไม่มีความแตกต่างกัน โดยอยู่ในช่วง 3.01-7.50 mg/L และ 2.87-7.87/L ตามลำดับ ตรงตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 4 (เพื่อนันทนาการ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของฉลุย มุสิกะและแววตา ทองระอา ที่สำรวจคุณภาพน้ำในแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล จังหวัดชลบุรี พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 3.8-8.5mg/L และอยู่ในช่วงเดียวกันกับรายงานคุณภาพน้ำของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล (2557) ที่ทำการศึกษาคูณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี

อุณหภูมิ มีการเปลี่ยนแปลงทุกเดือนและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้งในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น (ภาพที่ 4-3) มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23.5-33.2°C และ 22.1-32.8°C อุณหภูมิในช่วงฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง โดยพบว่าเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งตั้งแต่ช่วงปลายเดือนตุลาคม อุณหภูมิของน้ำมีค่าลดต่ำลงหรือแปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของฉลุย มุสิกะและแววตา ทองระอา ที่ทำการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลบริเวณเขตว่ายน้ำชายหาดบางแสน (2540) พบว่าอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 25-30°C ซึ่งมีช่วงที่แคบกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานคุณภาพน้ำของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล (2557) ที่ทำการศึกษาคูณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบว่าอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 27-32°C ซึ่งสูงกว่าช่วงอุณหภูมิที่ได้ทำการศึกษา

ความเค็ม มีการเปลี่ยนแปลงทุกเดือนโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 4-1) โดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีค่าความเค็มอยู่ในช่วง 10.00-35.3 และ 9.40-31.3 ในฤดูฝนมีค่าความเค็มต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้ง และมีค่าต่ำสุดในเดือนสิงหาคม เนื่องจากในช่วงฤดูฝนทะเลจะได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดทำให้ค่าความเค็มลดลง เมื่อเทียบกับเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง และจาก

การเปรียบเทียบกับรายงานคุณภาพน้ำของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล (2557) ที่ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบว่าความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 3–32 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเค็มที่ได้ทำการศึกษา

ความนำไฟฟ้า มีการเปลี่ยนแปลงทุกเดือนโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 4-2) จากการศึกษาพบว่าค่าความนำไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่าความเค็ม เนื่องจากเมื่อความเค็มสูงก็จะมีไอออนของเกลือมากขึ้นทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น และเมื่อความเค็มลดลงไอออนของเกลือลดลงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย (ไพฑูรย์ หมายถึงมั่นสมสุข, ม.ป.ป.) อิทธิพลที่มีผลที่มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้า คือ ปริมาณน้ำฝน น้ำกร่อยและกิจกรรมของมนุษย์

ค่าความโปร่งใส มีการเปลี่ยนแปลงทุกเดือนโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นมีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 4-3) พบว่าบริเวณแหลมแท่นมีค่าความโปร่งใสสูงกว่าบริเวณหาดวอนนภา และในช่วงฤดูฝนมีค่าความโปร่งใสต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงฤดูฝนมีสารแขวนลอย และตะกอนถูกชะล้างลงมาในน้ำมากกว่าในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งพบว่าในเดือนธันวาคมมีค่าความโปร่งใสมากที่สุด โดยความโปร่งใสขึ้นอยู่กับปริมาณตะกอนและความเข้มแสงที่มีในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแขวนลอยเมื่อความโปร่งใสมีค่ามากจะพบว่าปริมาณสารแขวนลอยมีค่าน้อยซึ่งเป็นการแปรผันในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณสารแขวนลอย

ปริมาณสารแขวนลอยมีการเปลี่ยนแปลงทุกเดือนโดยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 4-4) ในช่วงฤดูฝนมีปริมาณสารแขวนลอยสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงฤดูฝนสารแขวนลอยและตะกอนต่างๆถูกชะล้างลงมาในทะเล ประกอบกับกระแสน้ำและกระแสน้ำเป็นปัจจัยทำให้เกิดการกวตตะกอนบริเวณพื้นที่ท้องทะเล จึงทำให้ในช่วงฤดูฝนมีปริมาณสารแขวนลอยสูงกว่าฤดูแล้ง

## 5.2 ปริมาณไนโตรเจน

แอมโมเนีย ความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ( $p < 0.05$ ) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี ( $p > 0.05$ ) (ภาพที่ 4-5) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.8-578.87  $\mu\text{g/L}$  มีค่าเฉลี่ยค่าสูงสุดในเดือนธันวาคม  $155.95 \pm 15.18 \mu\text{g/L}$  ซึ่งปริมาณที่พบดังกล่าวมีค่าสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 4 (เพื่อนันทนาการ) และมีค่าของแอมโมเนียสูงกว่าการศึกษาของฉลวย มุสิกและแววตา ทองระอา ที่สำรวจคุณภาพน้ำทะเลบริเวณเขตว้ายน้ำชายหาดบางแสน(2540) พบว่าแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง ND-45.9  $\mu\text{g/L}$  เฉลี่ย  $3.5 \pm 9.7 \mu\text{g/L}$  และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานคุณภาพน้ำของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล(2555) ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียค่าอยู่ในช่วง 16.06–168  $\mu\text{g/L}$  ค่าเฉลี่ย 31.05  $\mu\text{g/L}$  โดยบริเวณทั้งสองมีค่าสูงกว่าอาจเนื่องมาจากการทำประมง เลี้ยงหอย เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กิจกรรมของมนุษย์ รวมถึงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้มีของเสียมากมีผลทำให้แอมโมเนียมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

ไนโตรท์ ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ( $p > 0.05$ ) และมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี ( $p < 0.05$ ) พบว่าบริเวณแหลมแท่นมีค่าไนโตรท์สูงกว่าบริเวณหาดวอน แต่เมื่อเทียบกับค่าแอมโมเนีย และไนเตรท พบว่าปริมาณความเข้มข้นของไนโตรท์มีปริมาณน้อยที่สุด เนื่องจากสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำจะถูกดึงไปใช้ในรูปอื่นก่อน

ไนเตรท มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ( $p < 0.05$ ) และมีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี ( $p < 0.05$ ) พบว่าบริเวณแหลมแท่นมีค่าไนเตรทสูงกว่าบริเวณหาดวอน (ภาพที่ 4-5) เนื่องจากบริเวณแหลมแท่นอาจได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดและน้ำทิ้งบริเวณชุมชน โดยพบค่าสูงสุดในเดือนตุลาคมและปริมาณที่พบมีค่าค่อนข้างต่ำในบริเวณหาดวอนนภาแต่มีค่าสูงที่บริเวณแหลมแท่นเมื่อเทียบกับปริมาณแอมโมเนีย อาจเป็นเพราะบริเวณหาดวอนนภาอาจเกิดกระบวนการออกซิเดชันพวกอินทรีย์สาร โดยกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนเตรทที่เรียกว่า Nitrification โดยแบคทีเรียในกลุ่ม Nitrobacter bacteria เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของฉลุย มุสิกะและแววตา ทองระอา ที่สำรวจคุณภาพน้ำทะเลบริเวณเขตว้ายน้ำชายหาดบางแสน(2540) พบว่าปริมาณไนเตรทมีค่าอยู่ในช่วง  $ND-3.2 \mu\text{g/L}$  เฉลี่ย  $0.4 \pm 0.7 \mu\text{g/L}$  ซึ่งมีค่าต่ำ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานคุณภาพน้ำของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล(2555) ที่ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี พบว่าปริมาณความเข้มข้นของไนเตรทอยู่ในช่วง  $0.72-194 \mu\text{g/L}$  ค่าเฉลี่ย  $29.2 \mu\text{g/L}$  ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษา โดยความเข้มข้นของไนเตรทที่พบนั้นเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่ 4 (เพื่อนันทนาการ)

ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีความแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) (ภาพที่ 4-13) ซึ่งบริเวณหาดวอนนภามีค่าสูงกว่าบริเวณแหลมแท่น (ภาพที่ 4-6) บริเวณหาดวอนนภา และแหลมแท่นมีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง  $14.27-696.90 \mu\text{g/L}$  และ  $15.33-548.77 \mu\text{g/L}$  โดยบริเวณหาดวอนนภามีค่าสูงกว่าบริเวณแหลมแท่นอาจเนื่องมาจากช่วงเดือนสิงหาคมเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในช่วงฤดูฝนบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีความแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) ขณะที่ในช่วงฤดูแล้งบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี ( $p > 0.05$ ) (ภาพที่ 4-13) และบริเวณหาดวอนนภามีปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำสูงกว่าบริเวณแหลมแท่น(รูปที่ 4-6) โดยมีค่าปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง  $1.63-539.50 \mu\text{g/L}$  และ  $1.27-417.47 \mu\text{g/L}$  ตามลำดับ

ปริมาณไนโตรเจนแวนลอย ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นไม่มีความแตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) (รูปที่ 4-13) โดยบริเวณหาดวอนนภามีปริมาณไนโตรเจนแวนลอยของบริเวณหาดวอนนภาอยู่ในช่วง  $1.80-260.00 \mu\text{g/L}$  และบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณไนโตรเจนแวนลอยอยู่ในช่วง  $1.73-218.50 \mu\text{g/L}$  อาจเป็นเพราะหาดวอนนภามีความตื้นเขินมากกว่าบริเวณแหลมแท่น ทำให้ไนโตรเจนแวนลอยที่ตกตะกอนในพื้นที่น้ำพุกระจายเข้ามาอยู่ในมวลน้ำได้ง่ายกว่าบริเวณแหลมแท่น และเนื่องด้วยหาดวอนเป็นลักษณะของหาดโคลน

ซึ่ง แหลมแทนเป็นหาดหิน ทำให้บริเวณหาดโคลนมีตะกอนละเอียดที่มากกว่าหาดหิน ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอยมีค่าสูงในช่วงเดือนกรกฎาคม-เดือนสิงหาคม (ภาพที่ 4-10) เนื่องจากในช่วงเวลานั้นเกิดฝนตกอยู่บ่อยครั้งจึงทำให้น้ำฝนชะล้างอินทรีย์ไนโตรเจนจากพื้นดินบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทนลงมาสู่ทะเล ทำให้มีค่าไนโตรเจนแขวนลอยสูงรวมถึงค่าสารแขวนลอยด้วย สาเหตุที่บริเวณหาดวอนนภานั้นมีปริมาณไนโตรเจนแขวนลอยมากกว่าบริเวณแหลมแทนในช่วงฤดูฝน เนื่องจากบริเวณหาดวอนนภาเป็นพื้นที่ทำการประมง ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ไหลลงสู่บริเวณหาดวอนนภามากกว่าบริเวณแหลมแทน โดยปริมาณไนโตรเจนแขวนลอยส่วนหนึ่งจะตกตะกอนลงสู่พื้นท้องน้ำ แต่อีกส่วนหนึ่งจะเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กรวมถึงแบคทีเรีย (ดารณี หันหาบุญ, 2526)

ปริมาณไนโตรเจนรวม ในช่วงฤดูฝนบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทน มีความแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) ขณะที่ในช่วงฤดูแล้งบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแทน ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี (ภาพที่ 4-13) โดยพบว่าปริมาณไนโตรเจนส่วนใหญ่มาจากปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจน (ภาพที่ 4-16) ซึ่งปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนบริเวณแหลมแทน มีปริมาณมากกว่าบริเวณหาดวอนนภา อาจเนื่องมาจากบริเวณแหลมแทนมีการทิ้งขยะ และปล่อยของเสียต่างๆลงทะเลมากกว่าบริเวณหาดวอนนภา โดยปริมาณไนโตรเจนรวมบริเวณแหลมแทน มีปริมาณต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม เนื่องจากเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงของฤดูแล้งทำให้ไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำฝนและน้ำจากแผ่นดินพัดพาสารอาหารจากพื้นดินลงสู่ทะเล รวมถึงปริมาณไนโตรเจนแขวนลอยบริเวณแหลมแทนต่ำกว่าไนโตรเจนแขวนลอยของหาดวอนนภา โดยลักษณะของแหลมแทนเป็นหาดหิน ได้รับอิทธิพลของคลื่น ส่งผลให้พัดพาปริมาณไนโตรเจนแขวนลอยมายังบริเวณหาดวอนนภา

### 5.3 ปริมาณฟอสฟอรัส

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสและซิลิเกตบริเวณแหลมแทนและหาดวอนนภา พบว่าในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มในช่วงที่กว้างกว่าและเฉลี่ยต่ำกว่า ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ภาพที่ 4-1) จึงสามารถแบ่งช่วงทั้ง 2 ได้อย่างชัดเจน คือช่วงฤดูฝนกับฤดูแล้ง โดยในช่วงฤดูฝน ลำดับการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 14 ในเดือนตุลาคมความเค็มบริเวณหาดวอนนภา มีค่าต่ำกว่าบริเวณแหลมแทนมาก เนื่องจากฝนตกในบริเวณหาดวอนนภาก่อนทำการเก็บตัวอย่าง แต่ไม่ตกบริเวณแหลมแทน ซึ่งอาจมาจากปริมาณน้ำฝนที่สูงส่งผลให้ความเค็มต่ำลง เมื่อเทียบกับบริเวณแหลมแทน

#### สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved organic phosphorus : DOP)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำบริเวณแหลมแทนและหาดวอนนภา จากการทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยทั้ง 2 บริเวณในฤดูฝนมีปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำสูงกว่าในฤดูแล้ง และในแต่ละฤดูบริเวณแหลมแทนมีปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำสูงกว่าหาดวอนนภา เนื่องจากปริมาณน้ำฝนได้ชะล้าง

สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสอยู่ในพืชและสัตว์ เศษซากต่างๆ นอกจากนี้ยังเป็นตัวทำละลายสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ และนำพาลงสู่ทะเล (Miller, 2013) ในฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่า จึงสามารถชะล้างและละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัสได้มากกว่าในฤดูแล้ง จึงเป็นสาเหตุที่ปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำทั้ง 2 บริเวณในฤดูฝนเฉลี่ยสูงกว่าในฤดูแล้ง

#### สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved inorganic phosphorus : DIP)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา มีการเพิ่มขึ้นและลดลง สม่่าเสมอๆ (ภาพที่ 4-9) เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) เปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) รวมถึงน้ำเสียจากชุมชน จากค่า pH ทั้ง 2 บริเวณมีค่าอยู่ในช่วง 7.04-9.24 ส่งผลให้น้ำเสียจากชุมชนและโรงงาน Polyphosphate เปลี่ยนรูปไปเป็น Orthophosphate ตามการศึกษาของ Boonphakdee and Fujiwara (2008) และการที่แพลงก์ตอนพืชนำสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) และแพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต จากการทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากน้ำฝนได้ชะล้างน้ำเสียของเสียต่างๆ ลงสู่ทะเล โดยในฤดูฝนมีการชะล้างที่มากกว่าในฤดูแล้งทำให้ปริมาณสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำทั้ง 2 บริเวณมีค่าสูงในฤดูฝน

#### ฟอสฟอรัสแขวนลอย (Particulate phosphorus : PP)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอยบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา มีการเพิ่มขึ้น และลดลง สม่่าเสมอๆ (ภาพที่ 4-10) จากการทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอยในฤดูฝนและฤดูแล้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอยมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารแขวนลอยซึ่งเปลี่ยนแปลงตามลักษณะทางกายภาพ โดยบริเวณหาดวอนนภา มีลักษณะเป็นหาดโคลน ส่วนบริเวณแหลมแท่นมีลักษณะเป็นหาดหินผสมหาดโคลน เนื่องจากลักษณะหาดโคลนมีการสะสมของสารแขวนลอยสูงกว่าหาดหิน ซึ่งส่งผลให้ฟอสฟอรัสแขวนลอยแตกต่างกันไม่มาก และมีกระแสน้ำ กระแสลม นอกจากนี้บริเวณที่ทำการศึกษาคือท่าเรือ มีการสัญจรทางน้ำและการจับสัตว์น้ำ ที่ส่งผลต่อการกวนตะกอนบริเวณพื้นที่ท้องน้ำ

#### ฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus : TP)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสรวมบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา (ภาพที่ 4-12) จากการทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในฤดูฝนและฤดูแล้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยทั้ง 2 บริเวณในช่วงฤดูฝน มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงกว่าฤดูแล้งและทั้ง 2 ฤดู (ภาพที่ 4-14) การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้ง 2 บริเวณในฤดูฝน อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลลงสู่พื้นที่ชายฝั่ง สอดคล้องกับผล

การศึกษาของ Burnett et al. (2007) พบว่าปริมาณน้ำใต้ดินที่ไหลลงอ่าวไทยตอนบนส่วนใหญ่มาจาก สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (ภาพที่ 5-1) และจากลักษณะพื้นที่บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา ซึ่งห่างจากคลอง บางโปรงและมีภูเขาสามมุกขวางระหว่างคลองกับบริเวณแหลมแท่น มีความเป็นไปได้ต่ำที่สารอินทรีย์ฟอสฟอรัส ละลายน้ำจะมาจากคลองบางโปรง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสทั้ง 2 บริเวณอาจมาจากปริมาณ สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำจากน้ำใต้ดินเคลื่อนย้ายลงสู่ชายฝั่ง

#### 5.4 ปริมาณซิลิเกต

การเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณซิลิเกตบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา (ภาพที่ 4-8) จากการทดสอบ ทางสถิติพบว่าปริมาณซิลิเกตในฤดูฝนและฤดูแล้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ( $p>0.05$ ) โดยฤดูฝนทั้ง 2 บริเวณ มี ปริมาณซิลิเกตสูงกว่าฤดูแล้ง เนื่องจากปริมาณน้ำในฤดูฝนชะล้างซิลิเกตลงสู่แหล่งน้ำสูงกว่าในฤดูแล้ง เผชิญโชค จินตเศรษฐี (2555) ในฤดูน้ำมากพบว่าซิลิเกตมีปริมาณมากกว่าฤดูน้ำน้อย (ภาพที่ 4-15) และจากการทดสอบทาง สถิติพบว่า บริเวณทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ( $p>0.05$ ) โดยในฤดูฝนบริเวณแหลมแท่นมีปริมาณซิลิเกต สูงกว่าหาดวอนนภา และในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 ตรงกับวันที่ 14 กันยายน 2560 บริเวณหาดวอนนภา พบว่า มีความเข้มข้นซิลิเกต 9.79 mg/L ซึ่งสูงที่สุดตลอดการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากมีการถมพื้นที่บริเวณริมทะเลใกล้กับ หาดวอนนภาในวันที่ 13 กันยายน 2560 และมีฝนตกทำให้ปริมาณซิลิเกตมีความเข้มข้นสูงในบริเวณหาดวอนนภา โดยในช่วงทำการเก็บตัวอย่างบริเวณแหลมแท่นมีการสร้างลานอเนกประสงค์บริเวณริมชายฝั่ง และบริเวณหาด วอนนภามีการปรับปรุงพื้นที่ ส่งผลให้ปริมาณซิลิเกตมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงทำการศึกษ

## 5.5 ชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชพบแพลงก์ตอนพืช 25 สกุล โดยพบไดอะตอมมากที่สุด 18 สกุล รองลงมาได้แก่ ไดโนแฟลกเจลเลต 5 สกุล แพลงก์ตอนพืชสีเขียวแกมน้ำเงิน 1 สกุล และสาหร่ายสีเขียว 1 สกุล แพลงก์ตอนพืชสกุลที่มีความหนาแน่นสูง ได้แก่ *Chaetoceros* spp., *Pseudonitzschia* spp., *Lauderia* sp., *Rhizosolenia* spp., *Skeletonema* spp. และ *Coscinodiscus* spp. ตามลำดับ สกุลที่พบเป็นประจำได้แก่ *Chaetoceros* spp., *Coscinodiscus* spp., *Protoperdinium* sp. และ *Ceratium furca* แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น ได้แก่ ไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. มีความหนาแน่นเซลล์สูงอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2560 และพฤษภาคม 2561 พบความหนาแน่นเซลล์อยู่ที่  $27.79 \times 10^4$  และ  $26.58 \times 10^5$  เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของประนิตดา เพ็งจิว และถนอมศักดิ์ บุญภักดี (2553) ที่ทำการศึกษาชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช บริเวณหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่น ได้แก่ ไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. ซึ่งมีความหนาแน่นเซลล์สูงอยู่ในช่วงเดือนเมษายน ตุลาคม และพฤศจิกายน 2551 และประยูร สุระตระกูล (2531) ที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรแพลงก์ตอนพืช บริเวณชายฝั่งแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืช *Chaetoceros* spp. เป็นชนิดเด่น เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอมสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมต่างๆของแหล่งน้ำได้ดี

จากการศึกษาคุณภาพน้ำที่สัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ ความเค็ม ความโปร่งแสง และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ซึ่งความเค็มไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ( $R=0.148$ ) เนื่องจากการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชบางชนิดอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อมีความเค็มมากขึ้นเช่น ไดอะตอม และไดโนแฟลกเจลเลตบางชนิดจะมีจำนวนเซลล์สูงในบริเวณที่มีความเค็มสูงและไดโนแฟลกเจลเลตบางชนิดจะไม่สามารถปรับตัวได้ ถ้าอยู่บริเวณที่มีความเค็มต่ำ (Sassi, 1991) แต่แพลงก์ตอนพืชบางชนิดสามารถอยู่ได้ในช่วงความเค็มที่กว้าง เช่น *Skeletonema Costatum* สามารถอยู่ในน้ำที่มีความเค็มตั้งแต่ 5-30 (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542) จากการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชสูงในช่วงเวลาที่มีความเค็มสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จุมพล สงวนสิน และคณะ (2548) กล่าวว่าในบริเวณใดหรือช่วงเวลาใดที่มีความเค็มสูงแล้ว จะพบปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากกว่าในบริเวณที่มีความเค็มต่ำ

ความโปร่งแสง ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช ( $R=0.124$ ) เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับความโปร่งแสงขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นด้วย ได้แก่ ความเข้มของแสง (สุวัจน์ ธีรสุร, 2549) โดยความขุ่นใสของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะมีผลต่อการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชด้วย ทั้งนี้ความขุ่นใสมีความสัมพันธ์กับแสงที่ส่องลงไปใต้น้ำซึ่งแพลงก์ตอนพืชใช้ในการสังเคราะห์แสง ถ้าน้ำมีความขุ่นมากจะทำให้แสงไม่สามารถส่องลงไปได้ส่งผลให้จำนวนแพลงก์ตอนพืชลดลง (เฉลิมศรี พลพล, 2532)

## 5.6 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากภายในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอไม่เท่ากันเช่น *Noctiluca scintillans* จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ภายในเซลล์สูงกว่า *Ceratium furca* และ *Chaetoceros* spp. ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอเป็นตัววัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชได้ทุกชนิดแต่สามารถใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอเป็นตัววัดมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชบางชนิดได้ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

## 5.7 องค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์แขวนลอย (Particulate organic carbon)

### 5.7.1 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน

ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอย (POC) ในน้ำบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นในช่วงเวลาที่ไม่เกิด red tide นั้นมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่พบว่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยมีปริมาณมากในช่วงฤดูแล้ง แสดงให้เห็นว่ามีการได้รับสารอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของน้ำทิพย์ บุญขวง และคณะ (2555) พบว่า ปริมาณของอินทรีย์แขวนลอยมีค่ามากบริเวณปากแม่น้ำและพื้นที่ใกล้ชายฝั่ง โดยปริมาณลดลงเมื่อออกห่างจากปากแม่น้ำและชายฝั่ง เนื่องจากพื้นที่บริเวณชายฝั่งมีประชากรอาศัยอย่างหนาแน่นจึงได้รับอิทธิพลสารอินทรีย์แขวนลอยจากแผ่นดินมากกว่าพื้นที่ห่างฝั่ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Andrew et al., (1998) 1998Caperon, Harvey, and Steinhilper (1976). พบว่าการปล่อยของเสียจากชุมชนลงสู่อ่าวทะเล ทำให้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์แขวนลอย เพิ่มสูงขึ้นบริเวณจุดระบายทิ้ง และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมีระยะห่างจากจุดระบายน้ำทิ้ง สอดคล้องกับ Guo, Ye, Xu, and Jia (2015). ได้ศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยในปากแม่น้ำเพิร์ลทางตอนใต้ของจีน พบว่า สารอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยมีมากบริเวณปากแม่น้ำ เนื่องจากการหมุนเวียนคาร์บอนอาจมีแหล่งที่มาจากการตกตะกอน และการเพาะเลี้ยง และ Goni et al (2005) พบว่า สารอินทรีย์แขวนลอย มีการเคลื่อนย้ายตามแนวการไหลของน้ำลงสู่อ่าว Winyah ในสหรัฐอเมริกา โดยมีปริมาณมากที่ปากอ่าวและลดลงเมื่อออกสู่ทะเล ซึ่งให้เห็นว่ามีการเคลื่อนย้ายของสารอินทรีย์แขวนลอยจากบนบกผ่านแม่น้ำลงสู่ปากอ่าว

การที่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในสารแขวนลอยในช่วงที่เกิด red tide มีค่ามากกว่าในช่วงเวลาที่ไม่เกิด red tide ทั้งในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าในช่วงที่เกิด red tide มีการสร้างสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของ chlorophyll a และจำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชที่พบว่าการเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงเวลาที่เกิด red tide ในช่วงเวลาตลอดระยะเวลาทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1997 \pm 4328 \mu\text{g/L}$  โดยมีค่าสูงสุดในช่วงที่เกิด red tide ที่หาดวอนนภาในเดือนกรกฎาคม 2561 คือ  $29079 \mu\text{g/L}$  โดยมีค่าต่ำสุด  $120 \mu\text{g/L}$  ที่บริเวณแหลมแท่นในช่วงเดือนธันวาคม 2560



### 5.7.2 สัดส่วนของอินทรีย์แขวนลอยคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N)

สัดส่วน C:N ในสารอินทรีย์แขวนลอยทั้งสองพื้นที่ไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และในช่วงที่ไม่เกิด red tide มีค่าเฉลี่ยของสัดส่วน C:N อยู่ที่ประมาณ 3.5 ซึ่งต่ำกว่าสัดส่วนของ C:N ในแพลงตอนพืชในทะเลซึ่งมีค่าประมาณ 6.7 แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์แขวนลอยในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นมิได้มาจากแพลงค์ตอนพืช ส่วนในช่วงเวลาที่เกิด red tide นั้น ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน C:N อยู่ที่ประมาณ 4.8 ซึ่งใกล้เคียงกับ C:N ของ *Noctiluca scintillans* ในทะเล Seto ประเทศญี่ปุ่น ที่มีค่าประมาณ 4.5 (Tada et al., 2000) และจากการศึกษาของ มาลินี และถนอมศักดิ์ (2553) ซึ่งสอดคล้องกับชนิดของแพลงตอนที่ทำให้เกิด red tide ในการศึกษาครั้งนี้ด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามปริมาณของสัดส่วน C/N ในแพลงค์ตอนพืชจะเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราเมตาบอลิซึมของคาร์บอนและไนโตรเจนที่แพลงค์ตอนพืชนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และการกินของสารอินทรีย์ (Tanaka et al., 2006)

### 5.7.3 สัดส่วน POC/chl a

สัดส่วน POC:Chl a ที่มีค่าน้อยกว่า 200 สามารถบ่งชี้ได้ถึงแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยว่ามาจากแพลงค์ตอนพืชที่มีชีวิตเป็นหลัก (Maksymowska et al., 2000 อ้างอิงโดยน้ำทิพย์ บุญขวาง และคณะ, 2555) ทั้งนี้สัดส่วน POC:Chl a จะมีความแปรผันตามสารอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยและคลอโรฟิลล์เอ กล่าวคือ หากปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยมีค่าสูงกว่าคลอโรฟิลล์เอ จะทำให้สัดส่วน POC:Chl a สูงตามไปด้วย จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่ามีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอนแขวนลอยมิได้มาจากแพลงค์ตอนพืช เช่นเดียวกัน หากปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงกว่าสารอินทรีย์คาร์บอนจะทำให้สัดส่วน POC:Chl a ต่ำ สามารถบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอนได้ว่ามาจากแพลงค์ตอนพืชที่มีชีวิตเป็นหลัก

ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งพบว่าสัดส่วน POC:Chl a ส่วนใหญ่แล้วจะมีค่าน้อยกว่า 200 ยกเว้นในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน 2560 และมีธันวาคม ซึ่งพบว่ามีสัดส่วนของ POC/Chl a สูงกว่า 300 แสดงว่าสารอินทรีย์แขวนลอยในช่วงเวลาดังกล่าวมิได้มีแหล่งที่มาจากแพลงค์ตอนพืช ซึ่งสอดคล้องกับความเค็มของน้ำทะเลและปริมาณเซลล์ของแพลงค์ตอนพืชที่ลดต่ำลง แสดงว่าอาจมีการเคลื่อนย้ายของสารอินทรีย์จากแหล่งอื่นเข้ามาในพื้นที่การศึกษา

## 5.8 แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเกิด Red tide

จากการประเมินแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในแพลงค์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ได้แก่ *Noctiluca scintillans* สามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณความสัมพันธ์ของ  $\delta^{13}\text{C}$  และ C/N (ภาพที่ 5-1 ถึง 5-2)  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  (ภาพที่ 5-3 ถึง 5-4) ซึ่งพบว่า สารอินทรีย์แขวนลอย รวมทั้ง *Noctiluca scintillans* ทั้งในช่วงที่ไม่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและช่วงที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  C/N และ  $\delta^{15}\text{N}$  ใกล้เคียงกันกับสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (marine derived POM) (Maksymowska et al.,

2000; Meksumpun et al., 2005; Boonphakdee et al., 2008; น้ำทิพย์ และคณะ, 2555) เนื่องจาก *Noctiluca scintillans* และสารอินทรีย์แขวนลอย(POM non red tide) ได้รับสารอินทรีย์แขวนลอยจากทะเล (marine POM) ซึ่งสารอินทรีย์แขวนลอยจากทะเล มีสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิต แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และซากพืชซากสัตว์จากทะเล โดยที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสารอินทรีย์บนแผ่นดินเช่น การปล่อยน้ำเสียลงสู่ทะเล หรือการชะล้างสารอินทรีย์จากแผ่นดินเมื่อเกิดฝนตก โดยมีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$   $\delta^{15}\text{N}$  และ C:N ของสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (marine POM) เท่ากับ  $-21.00 \pm 0.40$  ‰,  $7.30 \pm 0.20$  ‰ และ  $6.70 \pm 0.10$  (Ogrinc, 2005) และยังพบอีกว่า *Noctiluca scintillans* และ สารอินทรีย์แขวนลอย(POM non red tide) มีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ใกล้เคียงกันมาก อาจเนื่องจาก *Noctiluca scintillans* เป็นไดโนแฟลกเจลเลตที่สามารถกินและดึงเอาสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตอื่น (mixotroph) เข้าสู่เซลล์ ซึ่งรวมถึงการกินสารอินทรีย์แขวนลอย (POM non red tide) และ แพลงตอนพืชต่างๆ รวมถึง *Chaetoceros* spp. เข้าไปด้วย (Hansen et al., 2004) จึงทำให้มีปริมาณ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  ใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเกิดจาก *Noctiluca scintillans* เป็นหลัก โดยได้รับสารอินทรีย์แขวนลอยจากทะเล (marine POM) (Dela-Cruz et al., 2002) แสดงให้เห็นว่า สารอินทรีย์จากแผ่นดิน (terrestrial POM) และสารอินทรีย์จากน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ทะเล (Bangsaen sewage) ไม่ได้เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในการศึกษาครั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากทะเลในครั้งนี้ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการ uplifted ของน้ำทะเลเอง โดยการเกิดคลื่นแล้วทำให้สารอินทรีย์บนพื้นทะเลฟุ้งกระจายขึ้นมาจนเป็นสาเหตุให้น้ำทะเลมีปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dela-Cruz et al. (2002) ซึ่งได้ศึกษาปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ ของประเทศออสเตรเลีย ที่เกิดจาก *Noctiluca scintillans* มีสาเหตุมาจากการ uplifted ของทะเล จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น โดย *Noctiluca scintillans* โดยมีปริมาณของ  $\delta^{13}\text{C}$  และ  $\delta^{15}\text{N}$  เฉลี่ยเท่ากับ  $-22.96 \pm 0.6\%$  และ  $5.74 \pm 0.4\%$  ตามลำดับ

ภาพที่ 4-40 และ 4-41 แสดงสัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์แขวนลอย จากสองแหล่งที่มาคือ สารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (marine derived organic matter) และสารอินทรีย์จากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic source) พบว่าในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี สารอินทรีย์แขวนลอยในทั้งสองพื้นที่ การศึกษามีสัดส่วนแหล่งที่มาจากสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเลมากกว่า 90 % ซึ่งไม่แตกต่างจากในช่วงที่ไม่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยในช่วงที่ไม่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี พบว่าสารอินทรีย์แขวนลอยในพื้นที่การศึกษามีแหล่งที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ในทะเลในสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 30 โดยเฉลี่ย

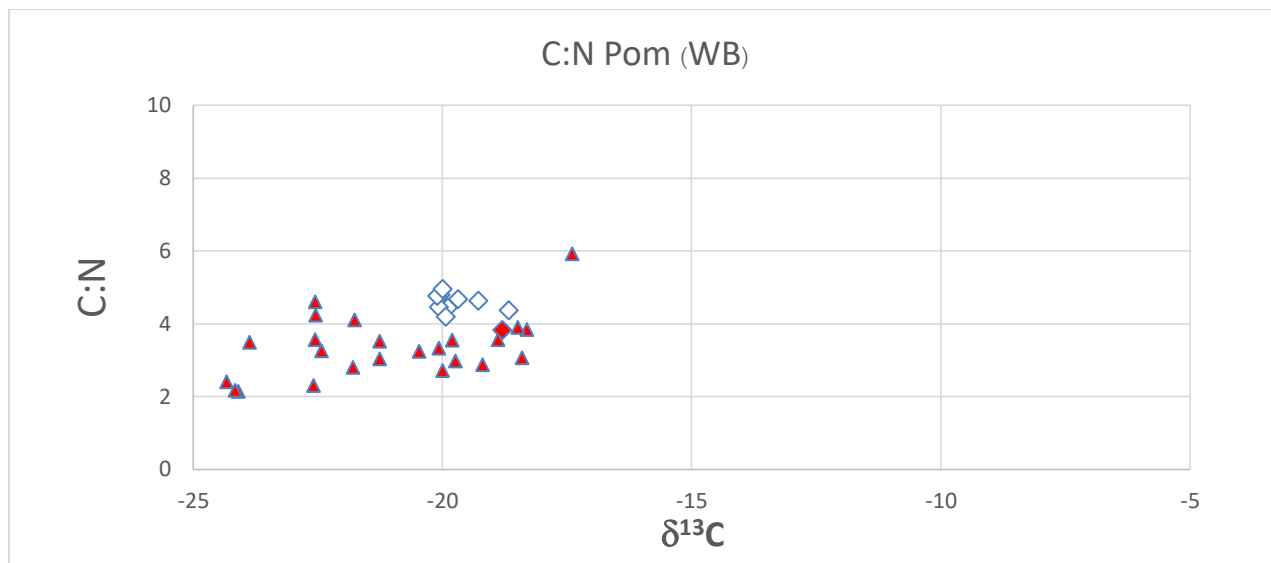
จากการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์แขวนลอยในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น พบว่ามีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์แขวนลอยมาจากในทะเลมากกว่า 70 % และเมื่อพิจารณาสัดส่วน POC:Chl a แล้ว

พบว่าส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยกว่า 200 (ภาพที่ 5-6) จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าแหล่งที่มาของคาร์บอนอินทรีย์มาจากแพลงก์ตอนพืชที่มีชีวิตเป็นหลัก จึงแสดงให้เห็นว่าไม่มีการปนเปื้อนของเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ (Maksymowska et al., 2000) แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์แขวนลอยบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่น มีแหล่งที่มาจากในสารอินทรีย์ในทะเลเป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Onpankoon and Boonphakdee (2011) ที่พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนในอ่าวไทยตอนในมาจากแพลงก์ตอนพืชเป็นหลัก เช่นเดียวกับกับอ่าวไทยตอนนอก (Meksumpun et al., 2005)

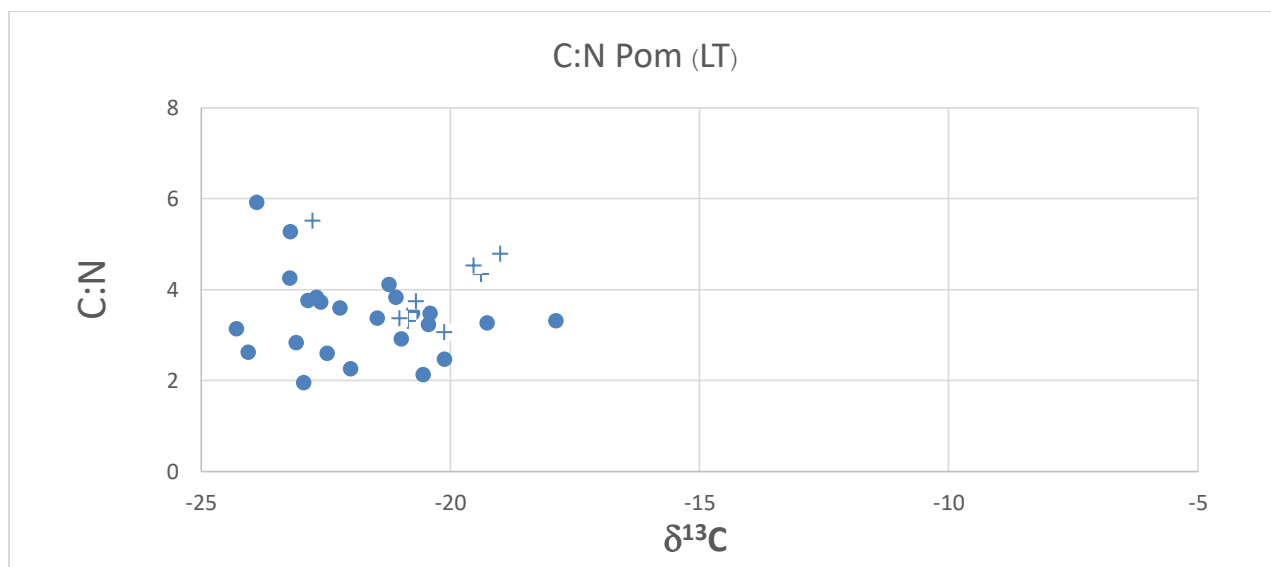
### 5.9 แหล่งที่มาของไนโตรเจนในไนเตรทที่เป็นสาเหตุของการเกิด Red tide

จากผลการศึกษาปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ( $\delta^{15}\text{N} - \text{NO}_3$ ) ภาพที่ 4-39 พบว่าในขณะที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ( $\delta^{15}\text{N} - \text{NO}_3$ ) ในน้ำทะเลบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เช่นเดียวกับในช่วงเวลาที่ไม่มีเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี แสดงให้เห็นว่าแหล่งที่มาของไนโตรเจนในไนเตรทของน้ำทะเลในบริเวณหาดวอนนภาและแหลมแท่นนั้นแตกต่างกัน

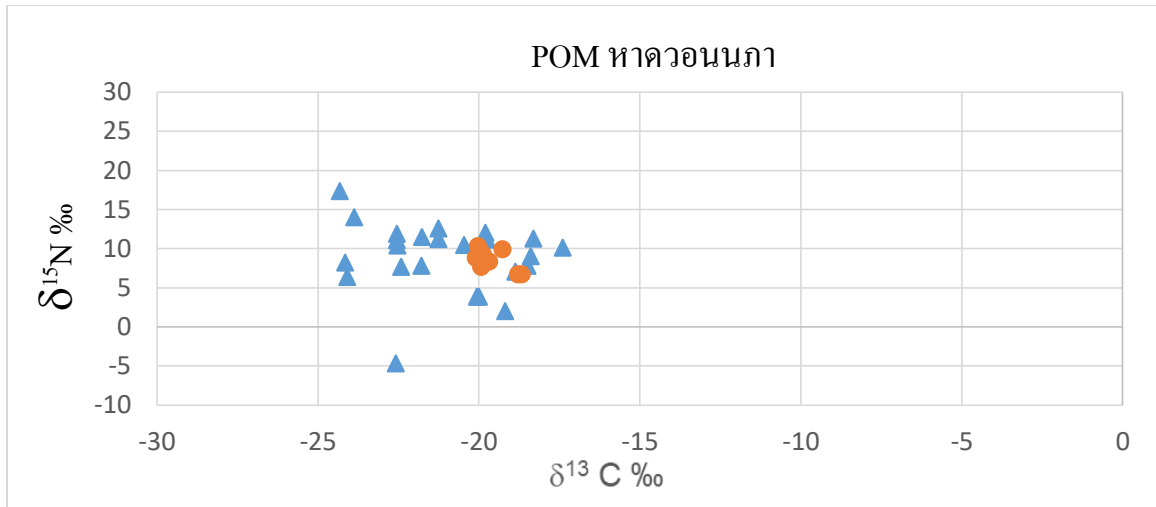
แต่หากพิจารณาในแต่ละพื้นที่จะพบว่าบริเวณหาดวอนนภาปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรทของน้ำทะเลทั้งในช่วงเวลาที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและไม่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.95 และ 2.66 ตามลำดับ ตรงกันข้ามกับบริเวณแหลมแท่นที่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แสดงว่าแหล่งที่มาของไนเตรทในบริเวณหาดวอนนภาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและน่าจะมาจากแหล่งที่มาจาก ซึ่งจะแตกต่างจากบริเวณแหลมแท่นที่พบว่ามีความแตกต่างของปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรทของน้ำทะเลในช่วงเวลาที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและไม่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีอย่างชัดเจน โดยในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีและไม่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.7 และ 9.3 ตามลำดับ ทั้งนี้ Michener and Lajtha (2007) ระบุว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรทที่มาจาก marine  $\text{NO}_3$  นั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5 - 7 ‰ แต่หากมีค่ามากกว่า 9‰ แสดงว่าอาจมาจากกระบวนการ Denitrification ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในบริเวณที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง แต่หากมาจากน้ำที่ชุมชนก็จะมีค่าสูงถึง 20 ‰ นอกจากนี้การเกิดปรากฏการณ์น้ำผุด หรือ up-welling จากมวลน้ำชั้นล่างก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรทของน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งมีค่าสูงขึ้นไป และก็จะทำให้ปริมาณของไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ( $\delta^{15}\text{N}$ ) ในแพลงก์ตอนพืชมีค่าสูงตามไป (Wada et al., 1975)



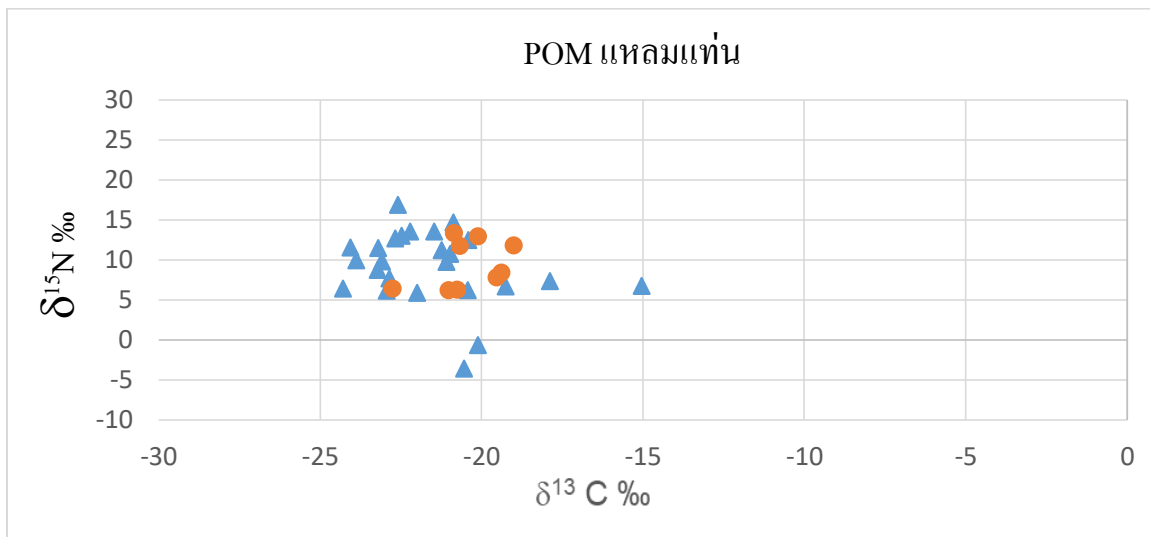
ภาพที่ 5-1 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของไอโซโทปเสถียรคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (%) บริเวณหาดวอนนภา  $\diamond$  แทนช่วงเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี  $\blacktriangle$  แทนช่วงเวลาปกติ



ภาพที่ 5-2 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของไอโซโทปเสถียรคาร์บอน ( $\delta^{13}\text{C}$ ) (%) บริเวณแหลมแทน  $+$  แทนช่วงเวลาเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี  $\bullet$  แทนช่วงเวลาปกติ



ภาพที่ 5-3 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน บริเวณหาดวอนนภา จังหวัดชลบุรี ● แทนแทนช่วงเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ▲ แทนช่วงเวลาปกติ



ภาพที่ 5-4 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน บริเวณแหลมแท่น จังหวัดชลบุรี ● สัญลักษณ์แทนช่วงเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี และ ▲ แทนช่วงเวลาปกติ

## สรุปผลการวิจัย

ปริมาณสารอาหารมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่ทำการศึกษา โดยพบว่าปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรท สารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ สารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ไนโตรเจนแขวนลอย และไนโตรเจนรวม มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ( $p < 0.05$ ) ส่วนปริมาณไนไตรท์ ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ( $p > 0.05$ ) และพบว่าปริมาณไนไตรท์ ไนโตรท สารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ สารอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ไนโตรเจนรวม มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี ( $p < 0.05$ ) ส่วนแอมโมเนีย และไนโตรเจนแขวนลอย ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสถานี ( $p > 0.05$ )

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในฤดูฝนและฤดูแล้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส (DOP) ในฤดูฝนที่มีการชะล้างและละลายสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส โดยฟอสฟอรัสบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภาส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จึงสรุปได้ว่า ทั้ง 2 บริเวณมีการเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสตามฤดูกาล และทั้ง 2 บริเวณแตกต่างกันทั้ง 2 ฤดู

ปริมาณซิลิเกตในแต่ละฤดูมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) บริเวณแหลมแท่นและหาดวอนนภา มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) เนื่องจากทั้ง 2 บริเวณมีการปรับปรุงพื้นที่บริเวณชายฝั่ง ส่งผลให้ปริมาณซิลิเกตทั้ง 2 บริเวณไม่แตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าปริมาณซิลิเกตมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และบริเวณทั้ง 2 ไม่มีความแตกต่างกันทั้ง 2 ฤดู

ตลอดระยะเวลาการศึกษาทั้งสิ้น 12 เดือน พบการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี 1 ครั้ง ในช่วงเดือนสิงหาคม 2561 เนื่องจากปริมาณความหนาแน่นของไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *N. scintillans* ซึ่งมีปริมาณความหนาแน่นมากพอที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งสมภพ รุ่งสุภา และคณะ (2546) ได้ระบุถึงความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี โดย *N. scintillans* ต้องมีความหนาแน่นมากกว่า 100 เซลล์ต่อลิตร *C. furca* มากกว่า 50,000 เซลล์ต่อลิตร และ *S. costatum* มากกว่า 100,000 เซลล์ต่อลิตร

แม้ในการศึกษาครั้งนี้จะพบไดอะตอม สกุล *Chaetoceros* spp. มีความหนาแน่นมากกว่า 100,000 เซลล์ต่อลิตร แต่ก็มีระยะเวลาช่วงสั้นๆ เพียง 1-3 วัน ในเดือนพฤศจิกายนและพฤษภาคม (รูปที่ 4-7) จึงทำให้ไม่พบปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี เนื่องจากปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณหาดบางแสน เกิดจากไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *N. scintillans* ที่มีการเพิ่มความหนาแน่นเซลล์จนทำให้น้ำทะเลเปลี่ยนเป็นสีเขียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาประนิตดา เพ็งจิว และถนอมศักดิ์ บุญภักดี, (2553) พบว่าในขณะที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีที่หาดบางแสนนั้น จำนวนเซลล์ของไดอะตอม (*Chaetoceros* spp.) จะลดลง ก่อนที่ไดโนแฟลกเจลเลตจะมีจำนวนมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากไดโนแฟลกเจลเลต สกุล *N. scintillans* จะนำไดอะตอมเข้าสู่เซลล์เพื่อไปใช้

ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน ต่อมาในปี 2558 เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณหาดบางแสนหลายครั้ง ซึ่งมีแพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นคือ *N. scintillans* และ *Chaetoceros* spp. ส่งผลให้น้ำทะเลเปลี่ยนสีเป็น สีเขียว (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558) โดยมีลักษณะของความหนาแน่นเซลล์ใกล้เคียงกับที่เกิดขึ้นในปี 2551 (ประนิตดา เฟ็งจิว และถนอมศักดิ์ บุญภักดี, 2553) อย่างไรก็ตามพบว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางอย่างสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีได้ แต่ยังไม่สามารถระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, 2546)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเกิดการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเกิดจาก *Noctiluca scintillans* ซึ่งได้รับสารอินทรีย์แขวนลอยจากทะเล (marine POM) เป็นหลัก แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์จากแผ่นดิน (terrestrial POM) และสารอินทรีย์จากน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ทะเล มิได้เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในการศึกษาครั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากทะเลในครั้งนี้ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการ resuspension ของตะกอนพื้นท้องน้ำทำให้สารอินทรีย์บนพื้นท้องทะเลฟุ้งกระจายขึ้นมาจนเป็นสาเหตุให้น้ำทะเลมีปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dela-Cruz et al. (2002) ซึ่งได้ศึกษาปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ ของประเทศออสเตรเลีย ที่เกิดจาก *Noctiluca scintillans* มีสาเหตุมาจากการฟุ้งกระจายของตะกอน จนทำให้ปริมาณสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น

## บรรณานุกรม

- กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2544. เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์น้ำ (พิมพ์ครั้งที่ 3). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏจันเกษม. กรุงเทพมหานคร.
- กัลยา วัฒยากร. 2545. สถานภาพสารอาหารในอ่าวปากพนังจังหวัดนครศรีธรรมราชในการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 12: สร้างเสริมประยุกต์ความรู้สู่ชุมชน 28-30 สิงหาคม 2545 ณ โรงแรมทวินโลตัส จังหวัดนครศรีธรรมราช. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- กรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ. (2546). การเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2558). การเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีของประเทศไทย. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.
- เกศินี กิจกำแหง. 2543. การเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสถานที่ของสารอาหารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยบูรพา
- จรินทร์ ปิ่นรัตน์สุวรรณ. (2551). การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณหาดวอนนภาถึงหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี. ปริญญาวิทยาศาสตร บัณฑิต ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จุมพล สงวนสิน และคณะ. (2548). อิทธิพลของคุณภาพน้ำต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวตราดและช่องช้าง จังหวัดตราด. วารสารการประมง, 58(3), 235-255.
- ฉลวย มุสิกะ และ แววดา ทองระอา. 2540. การสำรวจคุณภาพน้ำทะเลบริเวณเขตว่ายน้ำชายหาดบางแสน. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงศ์ดาวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล, พัฒนา ภูลเปี่ยม และ แววดา ทองระอา. 2557. คุณภาพน้ำในแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล จังหวัดชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 19(1), 11-23
- เฉลิมชัย อยู่สำราญ และคณะ. (2532). ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืช อ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. สถาบันวิจัยประมงศรีราชา ฝ่ายสนับสนุนวิชาการ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เฉลิมศรี พลพล. (2532). องค์ประกอบของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชในลุ่มน้ำภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.



- ฐิติมา จิโนวัฒน์. 2544. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. คณะประมง มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดงขี้เหล็ก.  
พระนครศรีอยุธยา.
- ถนอมศักดิ์ บุญภักดี. (2558). Limnology. ภาควิชาวาริชศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา  
ธวัชชัย นาอุดม, อนุกุล บูรณประทีปรัตน์, กิตติยา หอมหวน และ ประสาร อินทเจริญ. 2552. การ  
เปลี่ยนแปลงเชิงเวลาและพื้นที่ของคุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนในสอง  
ฤดูกาล. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- บุษบา ปลั่งอ่อน และ จินตนา สและน้อย. 2559. การแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำ  
ในพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ภาควิชา  
วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นรินทร์ ธารัตตพันธ์. 2539. น้ำเปลี่ยนสี. วารสารสิ่งแวดล้อม, 1(3), 39-43
- ปัญญานีย์ พรพวงษ์ และกัลยา วัฒนากร. 2533. การแพร่กระจายของธาตุอาหารบริเวณแม่น้ำท่าจีน  
ตอนล่าง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปัทมาภรณ์ หมาดน้อย. (2548). การเกิดน้ำเปลี่ยนสีเนื่องจากแพลงก์ตอน *Ceratium furca* ที่สัมพันธ์กับปัจจัย  
สิ่งแวดล้อม (Doctoral dissertation, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย).
- ประนิตตา เพ็งจิว และ ถนอมศักดิ์ บุญภักดี. 2553. การเปลี่ยนแปลงชนิดและความหนาแน่นของ  
แพลงก์ตอนพืชขณะเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี บริเวณหาดบางแสน ชลบุรี. ใน  
การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 เรื่อง วิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชุมชน สังคมต้องมีสุข วันที่ 19 มีนาคม 2553. คณะ  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
- ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์. เอกสารคำสอน วอชาชลวิธีวิทยา. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531
- ประยูร สุรตระกูล. (2531). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งแหลม  
ฉะบอง จ. ชลบุรี ปี 2529-2531. ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ปิยะรัตน์ เช้าซี้. (2554). ความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียกับชุมชนแพลงก์ตอนพืชที่เกี่ยวข้องกับการเกิด  
ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งทะเลบางพระ ชลบุรี (Doctoral dissertation,  
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย).
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. (2543). แหล่งน้ำกับปัญหาหาลพิษ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.
- เมธิญ์โชค จินตเศรษฐี และคณะ. (2555). การกระจายฟอสเฟตและซิลิเกตละลายน้ำบริเวณบางปะกงเอสทูรี ในฤดู  
น้ำมากและน้ำน้อย. ภาควิชาวาริชศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พิชาญ สว่างวงศ์. 2527. สมุทรศาสตร์เบื้องต้น. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒบางแสน.

- พรทิพย์ งามสกุล. 2535. การแพร่กระจายของธาตุอาหารในแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญา  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- พรศิลป์ ผลพันธ์. (2544). คู่มือการศึกษาไดโนแฟลกเจลเลต. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ไพฑูริย์ หมายมั่นสมสุข.ม).ป.ป.(. การวิเคราะห์น้ำเสียเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: กรมโรงงาน อุตสาหกรรม.  
มัญญา แลหะ. 2544. คุณภาพน้ำตั้งแต่ชายฝั่งแหลมแท่นถึงศรีราชา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาวิจัย.
- มนูวดี หังสพฤกษ์. (2532). สมุทรศาสตร์เคมี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร
- มันสิน ตันกุลเวศม์ และ มันรัช ตันกุลเวศม์. 2551. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (พิมพ์ครั้งที่ 5).  
กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มินตรา มารบุญ, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, นิศรา ถาวรสิทธิ์ และจารุมาศ เมฆสัมพันธ์ (2556). การ  
แพร่กระจายของธาตุอาหารในอ่าวไทย. กรุงเทพฯ:สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- มุกดา ศิริสังวร และอดุลย์ ศรีนบุตร. (2532). ความชุกชุมของการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช  
ตามฤดูกาลบริเวณอ่าวพัทยาถึงแหลมฉบัง. ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
บางแสน.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. (2545). แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรินธา วศิณะเมฆินทร์ และคณะ. (2551). ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร.  
“การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2551” วันที่ 25-27 สิงหาคม พ.ศ.2551 ณ โรงแรม  
เมโทรโพล ภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต.
- วาสนา อากรรัตน์ ,วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และ ลิขิต ชูจิต. 2555. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำ และ  
แพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสาร  
วิทยาศาสตร์บูรพา, 17(1), 108-116
- วิจารณ์ สิมฉายา. (2532). คุณภาพน้ำทะเลบริเวณแหล่งท่องเที่ยวชายฝั่งที่สำคัญของประเทศไทย.ใน  
การสัมมนาวิทยาศาสตร์ทางทะเลแห่งชาติ ครั้งที่ 4. ชลบุรี : สถาบันวิทยาศาสตร์ทาง  
ทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- แววตา ทองระอา, พัฒนา ภูเลียม และไพฑูริ มกกงไผ่. 2535. การศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในเขต  
อ่าวน้ำชายหาดบางแสน หาดพัทยาและหาดจอมเทียน จังหวัดชลบุรี ปี 2534. สถาบัน  
วิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

- แหวดตา ทองระอา. (2541). การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบางประการในขณะเกิดปรากฏการณ์ซึ่ปลาวาฬ บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล.
- สุนีย์ สุวภีพันธ์. (2538). น้ำเปลี่ยนสี. กรุงเทพมหานคร:ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนบน.
- สุรินทร์ มัจฉาชีพ. 2540. ชีวิตชายฝั่งทะเล. ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
- สุวรรณภา ภาณุตระกูล. 2555. เอกสารประกอบคำสอน วิชา การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.  
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุวัจน์ ธีรยุทธ. 2536. การแพร่กระจายของธาตุอาหารและคลอโรฟิลล์ เอ ในบริเวณน้ำกร่อยปากคลองกำพวน จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การประมง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมชาย สุรวิทย์. 2539. ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สมภพ รุ่งสุภา และคณะ. (2546). การตรวจเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทย. ส่วนแหล่งน้ำทะเล สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 74-104.
- สุจินต์ ดีแท้. (2546). สมุทรศาสตร์เคมี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุทธิชัย เตมียวณิชย์. (2527). การแพร่กระจายและความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย. ในการสัมมนาการวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย 26 - 28 มีนาคม 2527. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน
- อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบุรณ์ (2546). การตรวจเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในประเทศไทย. ส่วนแหล่งน้ำทะเล สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 42-53
- อนุกุล บูรณประทีปรัตน์ และ ประसार อินทเจริญ. 2554. คุณภาพน้ำในอ่าวชลบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 16(1), 94-106
- Boonphakdee, T., & Fujiwara, T. (2008). Temporal variability of nutrient budgets in a tropical river estuary the Bangpakong River Estuary, Thailand. *Environment Asia*, 1, 7-21.
- Boynton, W. R., Fisher, T. R. Hagy III, J. D. Williams, M. R. (2006). Cultural eutrophication in the Choptank and Patuxent estuaries of Chesapeake Bay. *Limnol. Oceanogr*, 51(1), 435-447

- Civan, A., Worrall, F., Jarvie, H. P., Howden, N. J., & Burt, T. P. (2018). Forty-year trends in the flux and concentration of phosphorus in British rivers. *Journal of Hydrology*, 558, 314-327.
- Clarke, K.R. and Warwick. R.M. (1994). *Change in Marine Communities*, Plymouth Marine Laboratory, 144 p.
- Dela-Cruz, J., Ajani, P., Lee, R., Pritchard, T., & Suthers, I. (2002). Temporal abundance patterns of the red tide dinoflagellate *Noctiluca scintillans* along the southeast coast of Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 236, pp. 75-88.
- Gao, X., Chen, N., Wu, Y., & Huang, B.(2018). Hydrological controls on nitrogen (ammonium versus nitrate) fluxes from river to coast in a subtropical region: Observation and modeling. *Journal of Environmental Management*, 213, 382-391.
- Huang, J., Liu, H., & Yin, K. (2018). Effects of meteorological factors on the temporal distribution of red tides in Tolo Harbour, Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, 126, pp. 419-427.
- Hurlbert, S.H. (1971). The Non-concept of Species Diversity: A Critique and Alternative Parameter, *Ecology*, 52, pp. 577-586.
- Li, M., Xu, K., Watanabe, M., & Chen, Z. (2007). Long-term variations in dissolved silicate, nitrogen, and phosphorus flux from the Yangtze River into the East China Sea and impacts on estuarine ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71(1-2), 3-12.
- Liu, L., Zhou, J., Zheng, B., Cai, W., Lin, K., & Tang, J. (2013). Temporal and spatial distribution of red tide outbreaks in the Yangtze River Estuary and adjacent waters, China. *Marine pollution bulletin*, 72(1), pp. 213-221.
- Mackie, G. (2004). *Applied aquatic ecosystem concepts*. Kendall Hunt.
- Millero, F. J. (2013). *Chemical oceanography*. CRC press. 335-366.
- Michener, R., & Lajtha, K. (2007). *Stable Isotope in Ecology and Environmental Science*. (2<sup>nd</sup> ed). Blackwell Publishing.

- Parsons, T. R., Y. Maita and C. M. Lalli. (1984). A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, 173 p.
- Ramesh, R., Selvam, A. P., Robin, R. S., Ganguly, D., Singh, G., & Purvaja R.(2017). Nitrogen Assessment in Indian Coastal Systems. The Indian Nitrogen Assessment, 361-379.
- Roberto Sassi. (1991). Phytoplankton and environmental factors in the Paraiba do Norte river estuary, northeastern Brazil: cosmopolitan, distribution and quantitative remarks Bol. Inst. Oceanogr., 39, pp. 93-115.
- Wang, X., Li, H., Zhang, C., Yang, J., Zhang, Y., Zhang, M., Qi, Z., Xiao, K., & Zhang, X.(2018). Submarine groundwater discharge as an important nutrient source influencing nutrient structure in coastal water of Daya Bay, China. Geochimica et Cosmochimica Acta , 225 , 52–65.