



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญญา

วิทยาศาสตร์การประมง

ชีววิทยาประมง

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg ต่อการใช้ธาตุอาหาร
ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

Assessment of *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg Role on Nutrient Uptake:
A Case Study of Tha Chin Estuary, Samut Sakhon Province

นามผู้วิจัย นางสาววรรณศิริ ชื่นนิยม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์จรัสมาศ เมฆสัมพันธ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อรรถสิทธิ์ จีระพันธุ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg ต่อการใช้ธาตุอาหาร
ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

Assessment of *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg Role on Nutrient Uptake:
A Case Study of Tha Chin Estuary, Samut Sakhon Province

โดย

นางสาววรรณศิริ ชื่นนิยม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)
พ.ศ. ๒๕๕๕

วรรณศิริ ชื่นนิยม 2555: การประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร ปรัญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์ประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์จรัสเมธ สัมพันธ์, Ph.D. 137 หน้า

การศึกษาประชากร *Noctiluca scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน เพื่อติดตามรูปแบบการแพร่กระจายของประชากรทั้งในเชิงปริมาณ (ความหนาแน่นของเซลล์) และคุณภาพ (ขนาดของเซลล์) ในช่วงการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี โดยเก็บตัวอย่างภาคสนาม ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2552 รวม 3 ครั้ง เพื่อติดตามลักษณะการพัฒนารูปแบบของประชากรในช่วงฤดูกาลเดียวกัน และติดตามการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอีก 3 ครั้ง ในเดือนเมษายน สิงหาคม และพฤศจิกายน 2553 ในการศึกษากำหนดสถานีสำรวจ 30 สถานี ทำการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำทั่วไป ธาตุอาหาร และคลอโรฟิลล์ เอ ผลการศึกษาพบว่า *N. scintillans* มีความหนาแน่นสูงสุดถึง 72,333 เซลล์ต่อลิตร โดยพบความหนาแน่นสูงในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ ซึ่งบริเวณดังกล่าวพบความหนาแน่นเซลล์และธาตุอาหารรูปไนโตรเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($r = -0.28$, $P < 0.01$) ความหนาแน่นของเซลล์ยังสัมพันธ์กับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($r = -0.23$, $P < 0.05$) นอกจากนี้ ยังพบว่าสัดส่วนของเซลล์ขนาดเล็ก ($< 300 \mu m$) มีความสัมพันธ์กับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($r = 0.73$, $P < 0.05$) อีกด้วย ผลดังกล่าวทำให้ทราบว่าธาตุอาหารมีบทบาทต่อการเพิ่มขึ้นของประชากรใหม่ของ *N. scintillans* ส่วนผลการวิเคราะห์ระดับคลอโรฟิลล์ เอ ของ *N. scintillans* พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 3.42-9.37 นาโนกรัมต่อเซลล์ ซึ่งเมื่อนำไปประเมินบทบาทของ *N. scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในรูปของไนโตรเจนละลายน้ำและออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัสในพื้นที่ปากแม่น้ำ พบว่ามีค่าสูงสุดในช่วงฤดูแล้ง เท่ากับร้อยละ 13.62 และ 21.30 ตามลำดับ โดยเขตพื้นที่ตอนนอกมีสัดส่วนการใช้ธาตุอาหารดังกล่าวสูงกว่าในเขตพื้นที่ตอน ผลการศึกษาในภาพรวมแสดงให้เห็นว่าออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่สำคัญและมีบทบาทในการควบคุมการเกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีจาก *N. scintillans* ได้ จึงควรให้ความสำคัญในการควบคุมปริมาณที่ปรากฏในพื้นที่ปากแม่น้ำอย่างต่อเนื่องต่อไป

Wansiri Chuennyom 2012: Assessment of *Noctiluca scintillans* (Macartney)
Ehrenberg Role on Nutrient Uptake: A Case Study of Tha Chin Estuary, Samut Sakhon
Province. Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science,
Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor
Charumas Meksumpun, Ph.D. 137 pages.

Study on *Noctiluca scintillans* population in the Tha Chin Estuary was carried out based on objective to analyze distribution patterns in quantity (cell density) and quality (cell size) during the red tide incident. The 30 survey stations in the estuary were set and the samplings were done 3 times during November-December 2009 (for analysis on population development) and 3 times during April, August, and November 2010 (for analysis on seasonal variation). Water quality, nutrients, and chlorophyll *a* of ambient conditions were simultaneously examined. The results indicated that *N. scintillans* density was high in the outer area of the estuary. Cell density reached 72,333 cells/L and significantly related with dissolved inorganic nitrogen (DIN) ($r=-0.28$, $P<0.01$) and orthophosphate-phosphorous (P) ($r=-0.23$, $P<0.05$). In addition, a significantly relationship between the proportion of small cells ($<300\ \mu\text{m}$) and orthophosphate-phosphorus ($r = 0.73$, $P < 0.05$) was recognized. Thus, the DIN and P nutrients played an important role on *N. scintillans* population in this area. Chlorophyll *a* of *N. scintillans* cell ranged from 3.42-9.37 ng/cell. Analysis on roles of *N. scintillans* on DIN and P uptakes in the Tha Chin Estuary implied that the outer zone had higher uptake rates than the inner zone. The uptake rates of DIN and P were highest during dry season (13.62 and 21.30 %, respectively). The overall views of this study implied that P could play important role on *N. scintillans* situation and development in this estuarine area. Thus, the level of P should be monitored and controlled for further conservation of the water environment.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ท่านทั้งสองได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และกำลังใจ ตลอดจนการเป็นแบบอย่างที่ดีให้ศิษย์ได้เรียนรู้และปฏิบัติตาม ทั้งในเชิงวิชาการและการดำเนินชีวิต และขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กังวาลย์ จันทรโชติ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการวิจัย และขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ไทยถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณท่านคณาจารย์ทุกท่านที่สั่งสอนศิษย์คนนี้ด้วยความรู้ ประสบการณ์ ความเชื่อ ความรักและศรัทธาในการให้

ขอขอบคุณ คุณภัทรารุช ไทยพิชิตบุรพา คุณพิชาศิษฐ์ แสงเมฆ คุณนิตยา ฤทธิ์นัม พี่ชายและพี่สาว ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยดินตะกอนและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง ตลอดจนสมาชิกทุกคนในที่ปรึกษาของรองศาสตราจารย์ ดร. เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำวิจัย ขอขอบคุณสำหรับความรัก ความอบอุ่น กำลังใจ และดูแลน้องคนนี้อย่างดีเสมอมา ข้าพเจ้าดีใจและภูมิใจเสมอที่ได้มีโอกาสได้เข้ามาอยู่ในบ้านหลังสีเขียวที่อบอุ่นแห่งนี้ ขอขอบคุณโบไม้มัสีเขียวทุกใบ สายน้ำเย็นจ๋าทุกหยด ที่เย็นย่ำและมอบความชุ่มเย็นในใจให้กับข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าต้องขอพระคุณแรงใจที่สำคัญ อันได้แก่ คุณพ่อ สุรพล และคุณแม่ ศรีนวล ชื่นนิคม ที่ได้มอบสิ่งที่มีค่าที่สุดคือชีวิต และเลี้ยงดูลูกคนนี้ด้วยความรักความอบอุ่น ขอขอบคุณน้องสู่น้องสาวที่น่ารักเสมอ และเพื่อนกลุ่ม “ไบเกิลบ” เพื่อน “มินกร 56” รวมทั้งผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้

วรรณศิริ ชื่นนิคม

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	32
ผลและวิจารณ์	47
สรุปและข้อเสนอแนะ	117
สรุป	117
ข้อเสนอแนะ	118
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	120
ภาคผนวก	131
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	137

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 อัตราการเติบโตและชีววิทยาของ <i>N. scintillans</i> ณ สภาวะแวดล้อมในพื้นที่ต่าง ๆ	9
2 องค์ประกอบเคมีภายในเซลล์ของ <i>Noctiluca scintillans</i>	12
3 การแพร่กระจายของ <i>Noctiluca scintillans</i> ที่สภาวะแวดล้อมในพื้นที่ต่าง ๆ	22
4 ตำแหน่งและพิกัดสถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน	35
5 คุณภาพน้ำทั่วไปในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน	50
6 ขนาดเซลล์ของประชากร <i>Noctiluca scintillans</i> พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน	89
7 โอกาสการใช้ธาตุอาหารของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและการใช้ธาตุอาหารโดยประชากร <i>Noctiluca scintillans</i> ในแต่ละช่วงฤดูกาล (Input (μM): ระดับของธาตุอาหารที่เข้ามาในสถานีศึกษา; ไมโครโมลาร์, $\text{Uptake}_{\text{Pl}}$ (%): โอกาสการใช้ธาตุอาหารของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด; ร้อยละ, $\text{Uptake}_{\text{Noc}}$ (%): โอกาสการใช้ธาตุอาหารโดยประชากร <i>Noctiluca scintillans</i> ; ร้อยละ)	115
ตารางผนวกที่	
1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อม และความหนาแน่นของเซลล์ <i>Noctiluca scintillans</i> ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2552-2553	134

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างโดยทั่วไปของ <i>Noctiluca scintillans</i>	5
2 วงจรชีวิตของ <i>Noctiluca scintillans</i>	6
3 กระบวนการของไนโตรเจนใน <i>Noctiluca scintillans</i>	13
4 โครงสร้างโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอ	25
5 ปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงแม่น้ำท่าจีน (ค่าเฉลี่ยในระหว่างปี 2543-2553)	33
6 สถานีเก็บตัวอย่างในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	34
7 การประเมินบทบาทของ <i>N. scintillans</i> ต่อการใช้อาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	41
8 การแพร่กระจายของเซลล์ <i>Noctiluca scintillans</i> (เซลล์ต่อลิตร) ตามฤดูกาลปี 2552-2553	48
9 อุณหภูมิที่ระดับผิวน้ำ และระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน (องศาเซลเซียส) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงฤดูน้ำหลากปี 2552	52
10 การแพร่กระจายของความเค็ม (psu) ตามฤดูกาลปี 2552-2553 เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b), เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h)	54
11 ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่ตื้นน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในปี 2552-2553	57
12 ความเป็นกรดเป็นด่างที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่ตื้นน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในปี 2552-2553	61
13 การแพร่กระจายของซิลิเกต-ซิลิคอน (ไมโครโมลาร์) ตามฤดูกาลปี 2552-2553 (เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h))	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
14 การแพร่กระจายของไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (ไมโคร โมลาร์) ตามฤดูกาลปี 2552-2553 (เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h))	67
15 การแพร่กระจายของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (ไมโคร โมลาร์) ตามฤดูกาล ปี 2552-2553 (เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h))	70
16 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ตามฤดูกาลปี 2552-2553 (เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h))	72
17 การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นเซลล์ของ <i>Noctiluca scintillans</i> (เซลล์ต่อลิตร) คลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) และธาตุอาหาร (ซิลิเกต-ซิลิกา ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนละลายน้ำ; ไมโครโมลาร์) ตามระดับความลึก (เมตร) ในสถานี TN19 และ TN26	78
18 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์ต่อลิตร) และธาตุอาหารไนโตรเจน-ละลายน้ำ (ไมโคร โมลาร์) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มปานกลาง (11.70-21.22 psu)	83
19 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์ต่อลิตร) และธาตุอาหารออร์โธฟอสเฟต ฟอสฟอรัส (ไมโคร โมลาร์) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มปานกลาง (11.70-21.22 psu)	83
20 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์ต่อลิตร) และธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ (ไมโคร โมลาร์) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มสูง (22.08-29.00 psu)	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
21	ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนเซลล์ขนาดเล็ก (< 300 ไมโครเมตร; เปอร์เซ็นต์) และธาตุอาหารออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (ไมโครโมลาร์) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มสูง (ระหว่าง 22.08-29.00 psu)	84
22	การแพร่กระจายของเซลล์ <i>Noctiluca scintillans</i> (เซลล์ต่อลิตร) ในช่วงฤดูน้ำหลากปี 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))	86
23	โครงสร้างทางขนาดของประชากร <i>Noctiluca scintillans</i> ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ช่วงกลางฤดูน้ำหลาก 2552 (a-c: ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (b) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (c)) ฤดูแล้ง 2553 (d) ต้นฤดูน้ำหลาก 2553 (e) และกลางฤดูน้ำหลาก 2553 (f))	90
24	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่ตื้นน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552	92
25	การแพร่กระจายของความเค็ม (psu) ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))	94
26	ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่ตื้นน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552	96
27	ความเป็นกรดเป็นด่างที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่ตื้นน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552	99
28	การแพร่กระจายของซิลิเกต-ซิลิคอน (ไมโครโมลาร์) ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))	100

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
29	การแพร่กระจายของไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (ไมโครโมลาร์) ในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))	102
30	การแพร่กระจายของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))	104
31	การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) ครั้งที่ 3 กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f)	106
32	Plots ระหว่างขนาดเซลล์ของ <i>Noctiluca scintillans</i> (ไมโครเมตร; μm) และจำนวน <i>Pedinomonas noctilucae</i> ที่พบในแต่ละเซลล์ของ <i>Noctiluca</i> 1 เซลล์ (Cells/1 <i>Noctiluca</i> cell)	108
33	โอกาสการใช้ธาตุอาหารอาหาร (ร้อยละของระดับธาตุอาหารที่เข้ามา ณ สถานีศึกษา) (ไนโตรเจนละลายน้ำ (a) ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (b) ซิลิเกต-ซิลิคอน (c)) ของประชากร <i>N. scintillans</i> ในช่วงฤดูแล้ง 2553	110
34	โอกาสการใช้ธาตุอาหาร อาหาร (ร้อยละของระดับธาตุอาหารที่เข้ามา ณ สถานีศึกษา) (ไนโตรเจนละลายน้ำ (a) ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (b) ซิลิเกต-ซิลิคอน (c)) ของประชากร <i>N. scintillans</i> ในช่วงต้นฤดูน้ำหลาก 2553	112
35	โอกาสการใช้ธาตุอาหาร อาหาร (ร้อยละของระดับธาตุอาหารที่เข้ามา ณ สถานีศึกษา) (ไนโตรเจนละลายน้ำ (a) ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (b) ซิลิเกต-ซิลิคอน (c)) ของประชากร <i>N. scintillans</i> ในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก 2553	113

การประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg
ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

Assessment of *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg Role
on Nutrient Uptake: A Case Study of Tha Chin Estuary,
Samut Sakhon Province

คำนำ

แม่น้ำท่าจีนถือว่าเป็นแม่น้ำสายสำคัญในพื้นที่ภาคกลางรองจากแม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจากเป็นสาขาที่แยกออกมาจากแม่น้ำเจ้าพระยา และไหลผ่านตั้งแต่จังหวัดชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม และไหลลงอ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร แม่น้ำสายนี้มีการใช้ประโยชน์มากมายหลายด้านตลอดลำน้ำ ไม่ว่าจะเป็นในด้านเกษตรกรรม การอุปโภคบริโภค การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมถึงอุตสาหกรรม จึงมีความสำคัญในแง่เศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ และยังประโยชน์ในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพของชุมชนตลอดลำน้ำ ผลพวงจากการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ สังคม ประชากร ทำให้การใช้ประโยชน์ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแม่น้ำท่าจีนทั้งด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และจากข้อมูลการศึกษาวิจัยของหน่วยงานต่าง ๆ ปรากฏว่าการใช้ประโยชน์ที่มีมากขึ้นของแม่น้ำท่าจีนนี้ ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนอยู่ในระดับสูงมาก ทำให้จัดเป็น Hypertrophic waters (จารุมาศ และคณะ, 2552) ซึ่งปรากฏออกมาในรูปของค่าคลอโรฟิลล์ เอที่มีรายงานค่าสูงถึง 1,431 ไมโครกรัมต่อลิตร (Ritnim and Meksumpun, 2011) และเกิดการสะสมของแพลงก์ตอนพืชชนิดต่าง ๆ ตลอดทั้งปี ซึ่งชนิดที่พบที่มีการสะสมบ่อยครั้ง ได้แก่ *Noctiluca scintillans*, *Ceratium furca*, *Skeletonema costatum* และ *Pseudo-nitzschia* spp. เป็นต้น

Noctiluca scintillans เป็นแพลงก์ตอนชนิดหลักที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน สามารถพบแพร่กระจายได้ตลอดทั้งปี จึงทำให้ *N. scintillans* มีความสำคัญต่อระบบนิเวศปากแม่น้ำท่าจีน ในแง่ของการเป็นตัวถ่ายทอดธาตุอาหารจากระบบนิเวศให้เข้าสู่ห่วงโซ่และสายใยอาหารบริเวณปากแม่น้ำแห่งนี้ โดยเสมือนว่าเป็นการนำธาตุอาหารไปใช้ในกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้ธาตุอาหารเคลื่อนย้ายภายในมวลน้ำของ

ระบบนิเวศปากแม่น้ำท่าจีน นอกเหนือจากกระบวนการทางกายภาพและกระบวนการทางเคมี ที่ทำให้ธาตุอาหารหมุนเวียนในระบบนิเวศปากแม่น้ำท่าจีนแห่งนี้

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินบทบาทของประชากร *N. scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ทั้งนี้ เพื่อเป็นการบ่งชี้ถึงระดับการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในระบบนิเวศปากแม่น้ำท่าจีน ที่เป็นผลเนื่องมาจาก *N. scintillans* โดยในการศึกษาจะติดตามการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ในแต่ละฤดูกาล วิเคราะห์ระดับของ คลอโรฟิลล์ เอ รวมถึงประยุกต์ใช้ข้อมูลคลอโรฟิลล์ เอ และการแพร่กระจายของประชากร *N. scintillans* เพื่อประเมินบทบาทของ *N. scintillans* ที่มี ทั้งในเชิงเวลา และพื้นที่ในภาพรวมของปากแม่น้ำท่าจีนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการแพร่กระจายทางปริมาณและคุณภาพของ *Noctiluca scintillans* ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน
2. เพื่อวิเคราะห์ระดับคลอโรฟิลล์ เอ ภายในเซลล์ของ *Noctiluca scintillans*
3. เพื่อประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน

การตรวจเอกสาร

1. ชีววิทยาของ *Noctiluca scintillans*

1.1 ลักษณะทั่วไป

Noctiluca scintillans (Macartney) Ehrenberg จัดเป็นแพลงก์ตอนพืช ซึ่งมีการจัดจำแนกตามลำดับทางอนุกรมวิธานไว้ดังนี้

Division Chromophyta

Class Dinophyceae (Dinoflagellates)

Order Noctilucales Haeckel 1894

Family Noctilucaceae Kent 1881

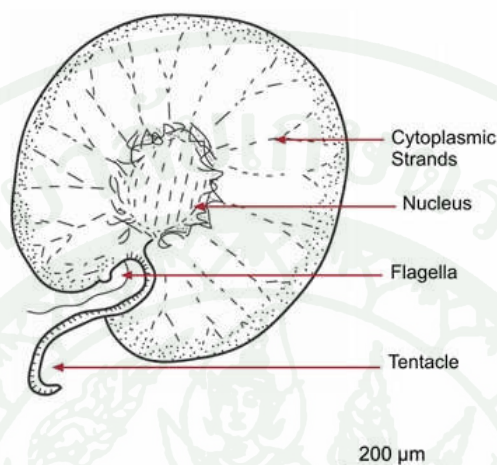
Genus *Noctiluca* Suriray 1836

Noctiluca scintillans (Macartney) Ehrenberg 1834

Noctiluca scintillans จัดอยู่ในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตที่ไม่มีเปลือกหุ้ม (unarmored dinoflagellates) ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (heterotrophic species) เซลล์มีขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 150-2,000 ไมโครเมตร เซลล์รูปไตจนถึงรูปกลมขนาดใหญ่ มีเส้น (tentacle) 1 เส้น ขนาดใหญ่และยาว พัดโบกไปมาบริเวณใกล้กับ oral pouch และ distal end ไปจนถึง cytostome มีหนวด (flagella) 2 เส้น ซึ่งสั้นมาก และมองเห็นไม่ชัดเจนนัก ภายในเซลล์เต็มไปด้วยช่องว่าง เนื่องจากไซโทพลาซึม (cytoplasm) โดยส่วนใหญ่จะไม่มีสี พบ food vacuole กระจายโดยทั่วไปในไซโทพลาซึม ภายในเซลล์มีหยดน้ำมันที่สะท้อนแสงได้ ไม่มีคลอโรพลาสต์ (chloroplast) นิวเคลียส (nucleus) มีขนาดใหญ่อยู่ใกล้กับ ventral groove กับ cytoplasmic strands และแผ่ขยายไปจนถึงผิวเซลล์ (Zingmark, 1970; Sweeney, 1976)

N. scintillans เป็นแพลงก์ตอนพืชที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี แต่เป็นกลุ่มที่ไม่สร้างสารพิษ สามารถพบแพร่กระจายได้ในพื้นที่เขตร้อนเขตอบอุ่นทั่วโลก (Elbrächter and Qi, 1998) เนื่องจากสามารถกินอาหารได้หลากหลาย ทั้งแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก

เล็กถึงขนาดกลาง รวมถึงไข่ของแพลงก์ตอนสัตว์เหล่านี้ด้วย (Enomoto, 1956; Prasad, 1958; Chen and Qi, 1991; Buskey, 1995)



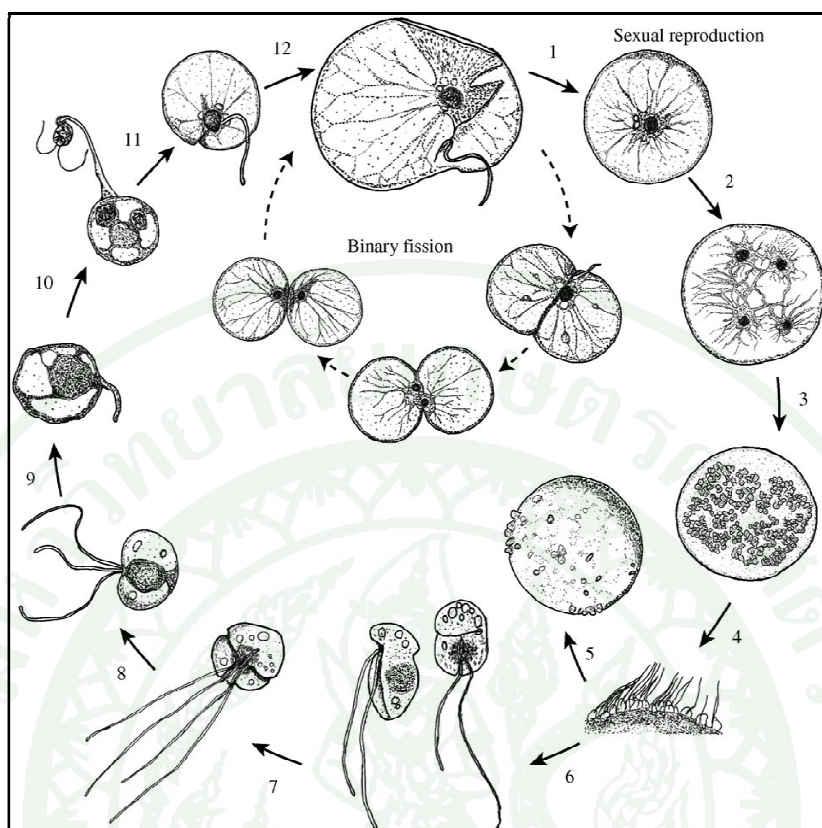
ภาพที่ 1 โครงสร้างโดยทั่วไปของ *Noctiluca scintillans*

ที่มา: Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (2003)

ขนาดเซลล์สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดสภาวะของ *N. scintillans* (Hanslik, 1987; Qi and Li, 1994; Buskey, 1995) โดยเซลล์ที่มีขนาดเล็ก (340-450 ไมโครเมตร) จะแสดงถึงพื้นที่ที่มีสภาวะขาดอาหารที่ดีกว่าเซลล์ขนาดใหญ่ (400-1,200 ไมโครเมตร) (Murray and Suthers, 1999; Dela-Cruz *et al.*, 2003) ดังนั้นเซลล์ขนาดเล็ก (270-380 ไมโครเมตร) ของ *N. scintillans* ที่เกิดการสะพรั่งจากการศึกษาในทะเลแดงนั้น สะท้อนถึงสถานภาพขาดอาหารในแหล่งน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตของ *N. scintillans*

1.2 วงจรชีวิต

Fukuda and Endoh (2006) ได้ทำการศึกษาวงจรชีวิตที่สมบูรณ์ของ *N. scintillans* ซึ่งประกอบด้วย การสืบพันธุ์แบบไมออสซิสซึ่งเป็นแบบแบ่งเซลล์จากหนึ่งเป็นสอง (binary fission) และการสืบพันธุ์แบบออสซิส ดังนี้



ภาพที่ 2 วงจรชีวิตของ *Noctiluca scintillans*

ที่มา: Fukuda and Endoh (2006)

1. ช่วงการเปลี่ยนแปลงเริ่มต้นในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์
2. นิวเคลียส (nucleus) แบ่งออกเป็น 2 นิวเคลียส ซึ่งการแบ่งในขั้นตอนนี้จะคล้ายกับการแบ่งแบบไมโอซิส (meiosis division)
3. ช่วงก่อนระยะแกมีต จะมีการแบ่งเซลล์ที่ผิวจนได้จำนวนเซลล์ 256-1,024 เซลล์
4. ระยะแกมีต
5. parent cell จำลองตัวเองหลังจากปล่อย zoospores
6. ได้ isogametes ที่มีแฉะ (flagella) 2 เส้น คือ longitudinal และ transverse groove
7. ระยะไซโกต (zygote) มีแฉะ (flagella) 4 เส้น
8. ระยะโทรฟอนท์ (trophont) จำนวนแฉะ (flagella) เริ่มลดลง
9. ช่วงระยะการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายนอกของเปลือก, หนวด (tentacle) และเริ่มสร้าง cytoplasmic network

10. tentacle สร้างสมบูรณ์และสามารถกินแบบ phagocytosis ได้แล้ว
11. เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลง จะได้ miniscule trophont
12. เซลล์เจริญมากขึ้นกลายเป็น trophont ซึ่งจะพบ transverse groove โดย transverse groove แสดงถึงลักษณะของไดโนแฟลกเจลเลตที่คงไว้ในแกมิต แม้ว่าแส้ (flagellum) ทั้งสองเส้นจะไม่ได้เป็นลักษณะพิเศษของ trophont ก็ตาม (ภาพที่ 2)

1.3 อัตราการเติบโต

การเติบโตของ red *Noctiluca* ขึ้นอยู่กับอาหารและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น ซึ่งใน German Bight พบว่าแสงและอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาลเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเติบโตของ *N. scintillans* เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความเค็มยังมีความสำคัญต่ออัตราการเจริญพันธุ์ด้วย (Uhing and Sahling, 1990)

การศึกษาในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับการเติบโตของ red *Noctiluca* ที่เลี้ยงในอาหารชนิดต่าง ๆ ได้มีการศึกษาโดยนักวิจัยหลายท่าน (Buskey, 1995; Nakamura, 1998a; Tiselius and Kiosboe, 1998; Tada *et al.*, 2004; Umani *et al.*, 2004) ขณะที่การศึกษากการเติบโตของ green *Noctiluca* นั้นยังมีการศึกษาไม่มากนัก ดังแสดงในตารางที่ 1 Sweeney (1971) พบว่า green *Noctiluca* สามารถอยู่รอดจนกระทั่งมีการแบ่งเซลล์ ภายใต้สภาวะที่ไม่ให้อาหารได้นานอย่างน้อยหนึ่งเดือน พฤติกรรมของ green *Noctiluca* โดยทั่วไปจะคล้ายกับ red *Noctiluca* ซึ่ง endosymbiont จะค่อย ๆ หายไป และจะตายในสภาวะที่ไม่มีแสง ทั้งอัตราการเติบโต (growth rate) และอัตราการกิน (ingestion rate) จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอาหารที่ให้มากขึ้น และไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มแสง (Hansen *et al.*, 2004)

Saito *et al.* (2006) ได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงและความเข้มแสงพบว่า มีความเป็นไปได้มากกว่า endosymbiont จะเป็นผู้ที่จัดหาสารอินทรีย์ให้กับ green *Noctiluca* ทำให้มันสามารถอยู่รอดได้ในสภาวะที่ไม่มีอาหาร

อัตราการเติบโตในธรรมชาติของ green *Noctiluca* มีค่าเท่ากับ 0.16 ซึ่งเป็นผลการศึกษาจากบริเวณอ่าวมะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ (Furuya *et al.*, 2006) โดยการหาอัตราการเติบโต ในห้องปฏิบัติการพบว่า ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านอาหารที่ใช้ในการทดลอง โดยมีอัตราการ

เติบโตในห้องปฏิบัติการระหว่าง 0.05-0.33 สำหรับอัตราการเติบโตของ red *Noctiluca* นั้นพบว่ามีอัตราการเติบโตที่สูงกว่าใน green *Noctiluca* และมีความผันแปรในพื้นที่ต่าง ๆ สูง จากการศึกษาในหลายพื้นที่ ซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.72 ดังตารางที่ 1

2. องค์ประกอบภายในเซลล์ของ *Noctiluca scintillans*

2.1 องค์ประกอบเคมีภายในเซลล์

Tada *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาคาร์บอนและไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ *N. scintillans* ในบริเวณ Seto Inland Sea ประเทศญี่ปุ่น พบว่า จากตัวอย่างในธรรมชาติส่วนประกอบคาร์บอน ของ *N. scintillans* มีปริมาณอยู่ในช่วง 123-627 นาโนกรัมคาร์บอนต่อเซลล์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 353 นาโนกรัมคาร์บอนต่อเซลล์ หรือ $1.12-2.67 \text{ fg C } \mu\text{m}^{-3}$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1.98 \text{ fg C } \mu\text{m}^{-3}$ ส่วนประกอบของไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 36-232 นาโนกรัมไนโตรเจนต่อเซลล์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 131 นาโนกรัมไนโตรเจนต่อเซลล์ หรือ $0.499-0.910 \text{ fg N } \mu\text{m}^{-3}$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.694 \text{ fg N } \mu\text{m}^{-3}$ เมื่อปริมาตรเซลล์เพิ่มขึ้น เซลล์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่คาร์บอนและไนโตรเจนต่อปริมาตรเซลล์กลับมีแนวโน้มลดลง อัตราส่วนระหว่างโมเลกุลคาร์บอนและไนโตรเจนของเซลล์อยู่ในช่วง 2.3-4.4 ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนของ Redfield ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในเซลล์ที่ไม่ได้ให้อาหารจะมีปริมาณต่ำมาก ($91.2 \text{ ng C cell}^{-1}$ และ $41.8 \text{ ng N cell}^{-1}$ ตามลำดับ) ขณะที่ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนสูงมาก ($528 \text{ ng C cell}^{-1}$ และ $205 \text{ ng N cell}^{-1}$ ตามลำดับ) ในเซลล์ที่ให้กินไดอะตอมขนาดใหญ่ชนิด *Coscinodiscus wailesii* ซึ่งแสดงว่าปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนของ *N. scintillans* แปรผันตามลักษณะทางกายภาพของสิ่งแวดล้อมและอาหารที่กิน

Nakamura (1998a) ทำการศึกษารายละเอียดของคาร์บอนและไนโตรเจน การเติบโต รวมถึงลักษณะการกินของ *N. scintillans* พบว่ามีส่วนประกอบของ คาร์บอนและไนโตรเจน ต่อปริมาตรเซลล์ของ *N. scintillans* เท่ากับ $2.3 \times 10^{-3} \text{ pg C } \mu\text{m}^{-3}$ และ $4.1 \times 10^{-4} \text{ pg N } \mu\text{m}^{-3}$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่มีรายงานใน protozoa อื่น ๆ เช่น Ciliates และกลุ่ม Dinoflagellate ที่เป็นพวก heterotrophic species ในเขตร้อน เนื่องจากในเซลล์ของ *N. scintillans* มีเอนไซม์อะไมเลสอยู่จำนวนมาก

ตารางที่ 1 อัตราการเติบโตและชีววิทยาของ *N. scintillans* ณ สภาพแวดล้อมในพื้นที่ต่าง ๆ

Area	Cell density (cells/L)	Cell size (μm)	Growth rate (day^{-1})	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Salinity (psu)	Irradiance ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	Reference
Red <i>Noctiluca</i>								
German Bight			0.3-0.8					Hanslik (1987)
	25-135		0.01-0.2		22-24			Uhlir and Sahling (1995)
USA		345-529	0.05-0.52	20				Buskey (1995)
			0.08-0.31	19 $\pm$ 1				Kirchner <i>et al.</i> (1999)
			0.25-0.99					
		302		12		30		Menden-Deuer and Lessard (2000)
Seto Inland Sea			0.28-0.42					Lee and Hirayama (1992)
			0.03-0.81	5-28	17-34			Nakamura (1998a)
	>100	432-475		24	32	150 (12:12)		Nakamura (1998b)
	1-345	80-660	0.04-0.28	24-25.5			1.8-11.7	Pithakpol <i>et al.</i> (2000)
	0-12.6x10 ³							Tada <i>et al.</i> (2000)
		48-908						Tada <i>et al.</i> (2004)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Area	Cell density (cells/L)	Cell size (μm)	Growth rate (day^{-1})	Temperature (C)	Salinity (psu)	Irradiance ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	Reference
Sagami Bay	<100 6.1×10^5		-0.22-0.65	10-25	30-33		0.353-5.0	Miyaguchi <i>et al.</i> (2006)
				15.2-17.8	34.9-35.3		1.5-2.4	
				18.22.8	32-35.5		0.4-1.5	
				14.2-24.2	28.0-36.5		<1-2.9	
Benguela,Africa	500-1000		0.04-0.72		35.1-35.5			Tiselius and Kiorboe (1998)
North Adriatic			0.20 $\pm$ 0.04	10				Umani <i>et al.</i> (2004)
Sea			0.71 $\pm$ 0.02	9				
USA		1300		19 $\pm$ 1				Jakobsen and Tang (2002)
Green Noctiluca	51.3-		0.16(in situ)	27.5-28.8	27.5-28.8	32.1-33.6		Furuya <i>et al.</i> (2006)
Manila Bay	1004×10^6		0.058-0.14	26	36	45-300		Hansen <i>et al.</i> (2004)
			0.09-0.24					
			(ให้อาหาร)					
			0.33	26	28	150		Saito <i>et al.</i> (2006)
			(ให้อาหาร)					
			0.21					
			(ให้อาหาร)					

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Area	Cell density (cells/L)	Cell size (μm)	Growth rate (day^{-1})	Temperature (C)	Salinity (psu)	Irradiance ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	Reference
Gulf of Thailand		302-325	0.07-0.24			80-500	0.5-0.22 $\text{fg } \mu\text{m}^{-3}$	Sriwoon (2006)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบเคมีภายในเซลล์ของ *Noctiluca scintillans*

Area	Carbon (fg C/ μm^3)	Nitrogen (fg N/ μm^3)	C ¹⁴ uptake (ng C/cell/h)	Reference
Red <i>Noctiluca</i>	0.003	ND		Menden-Deuer and Lessard
USA	Pg C/ μm^3			(2000)
Seto Inland Sea	4.6-5.9			Lee and Hirayama (1992)
	2.3x10 ¹²			Nakamura (1998a)
		0.499-0.910		Tada <i>et al.</i> (2000)
	1.12-2.67			Tada <i>et al.</i> (2004)
Green <i>Noctiluca</i>	0.55-522			Furuya <i>et al.</i> (2006)
Manila Bay	410 ng/cell		101	Hensen <i>et al.</i> (2004)
	6.20-7.99	0.71-1.15		Sriwoon (2006)

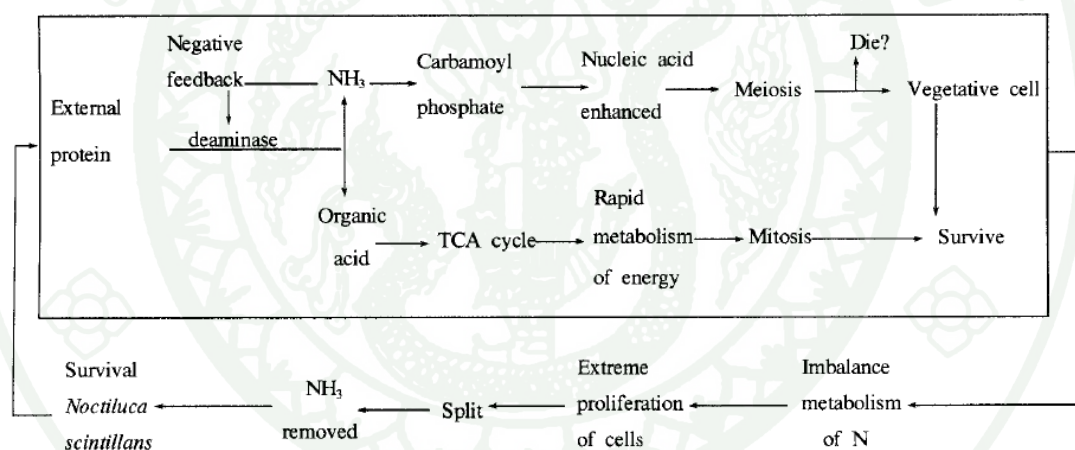
2.2 ธาตุอาหารภายในเซลล์

Okaichi and Nishio (1976) พบว่า ภายในเซลล์ *N. miliaris* (ชนิดเดียวกับ *N. scintillans*) มีแอมโมเนียประมาณ 6.6-68.9 นาโนกรัมแอมโมเนียม-ไนโตรเจนต่อกรัม ซึ่งส่งผลให้ในแหล่งน้ำที่มีการสะสมของ *N. miliaris* มีความเป็นพิษจากแอมโมเนีย ซึ่งการศึกษาต่อมาพบว่าในเซลล์ของ green *Noctiluca* ประกอบด้วยแอมโมเนียม-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.3-0.5 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับ red *Noctiluca* จะพบว่าในเซลล์มีแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ประมาณ 0.5-4.9 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (Okaichi *et al.*, 1991) ซึ่งการที่แอมโมเนียม-ไนโตรเจนใน red *Noctiluca* มีค่าสูงกว่านั้น น่าจะเป็นผลมาจากกระบวนการ ammonification ของการได้รับโปรตีนจากการกินแบบ phagocytosis ซึ่งออกซิโดคาร์บอนได้เป็นพลังงาน ส่วนใน green *Noctiluca* อาจมีปริมาณสารสูงได้โดยการกินแบบ phagocytosis แต่จะถูกจำกัดจาก endosymbiont ภายใน green *Noctiluca* ที่ใช้แอมโมเนียม-ไนโตรเจนเป็นแหล่งไนโตรเจน เพื่อสังเคราะห์กรดอะมิโนที่ใช้ในการเจริญเติบโต

Montani *et al.* (1998) พบว่าภายในเซลล์ *N. scintillans* จะมีแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และซิลิเกต-ซิลิคอน ประมาณ 2470, 183 และ 54 พิโคโมลต่อเซลล์ ตามลำดับ

ความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ที่มีความสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของเซลล์ *N. scintillans* Okaichi *et al.* (1991) พบว่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ภายในเซลล์ของ green *Noctiluca* เหมือนกับในเซลล์ของ red *Noctiluca* แต่แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ในเซลล์ของ green *Noctiluca* มีค่าต่ำกว่า red *Noctiluca* ซึ่งปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน อาจใช้เป็นตัวชี้วัดหรือสะท้อนถึงการใช้ธาตุอาหารของ *Pedinomonas noctilucae* และ *Pedinomonas noctilucae* น่าจะเป็นตัวหลักในการใช้แอมโมเนียม-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

Zhou and Wu (1999) ได้ทำการศึกษาการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตรวมถึงสารพิษที่เกิดขึ้นด้วย โดยในการศึกษานี้ Zhou and Wu ได้เสนอกระบวนการของไนโตรเจนที่ควบคุมลักษณะทางด้านสรีรวิทยาของ *N. scintillans* ซึ่งอาจจะสามารถสร้างเป็นทฤษฎีเพื่อใช้ในระดับโมเลกุล ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการของไนโตรเจนใน *Noctiluca scintillans*

ที่มา: Zhou and Wu (1999)

3. พฤติกรรมของ *Noctiluca scintillans*

3.1 ภาวะอาศัยร่วม

ภายในเซลล์ *N. scintillans* จะพบว่ามีสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก อาศัยอยู่ร่วมด้วย ภายในแวคิวโอลของเซลล์ ทำให้เมื่อมองจากภายนอกจะเห็นเซลล์ของ *N. scintillans* เป็นเม็ดสีเขียวอ่อน ซึ่ง Sweeney (1971) รายงานว่า เป็นสาหร่ายสกุล *Pedinomonas noctilucae* จัดอยู่ใน Division Chlorophyta Class Prasinophyceae ดำรงชีวิตอยู่ในลักษณะ green symbiont ของ *N. scintillans* โดยเซลล์มีรูปร่างรี ลำตัวแบนทางด้านหลังและด้านท้อง ขนาดลำตัวยาว 4.5 ไมโครเมตร หนา 2 ไมโครเมตร มีเส้น 1 เส้น ยาว 6 ไมโครเมตร อยู่ทางด้านหัวของเซลล์ ที่ผิวหนังนอกมีขนบาง ๆ ขนาดเล็ก มีคอนแทรกไทล์แวคิวโอล (contractile vacuole) อยู่ใกล้กับฐานเส้น มีคลอโรพลาสต์ 1 อัน พบพริณอยด์ที่มีแปรงล้อมรอบ ภายในคลอโรพลาสต์ มีนิวเคลียส อายสปอต (eye spot) สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ แบบไบนารีฟิชชัน (binary fission) และสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการรวมกันของเซลล์ 2 เซลล์ได้เป็นไซโกต

โดยพบว่า *P. noctilucae* จะอยู่ภายในเซลล์ของ *N. scintillans* เท่านั้นและจะไม่พบในน้ำทะเล เนื่องจากมันสามารถอยู่ได้ใน pH 4.5-5.0 จึงไม่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ในน้ำทะเลได้ (Okaichi *et al.*, 1991) มีความหนาแน่นของ *P. noctilucae* ประมาณ 6,000-10,000 เซลล์ต่อ *N. scintillans* หนึ่งเซลล์ ซึ่งปริมาตรเซลล์ของ *N. scintillans* โดยส่วนใหญ่มีค่าระหว่าง $30-80 \times 10^6$ ลูกบาศก์ไมโครเมตร จะพบว่ามี *P. noctilucae* มีความหนาแน่นประมาณ 4,500-7,500 เซลล์ต่อ *N. scintillans* หนึ่งเซลล์ และไม่พบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *P. noctilucae* กับ ปริมาตรเซลล์ของ *N. scintillans* (ไทยถาวร และคณะ, 2548) แต่จากการศึกษาของ Sriwoon (2006) พบว่า ปริมาณ endosymbiont มีความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบผกผันกับปริมาตรเซลล์ *N. scintillans* ($R=0.86$, $p<0.05$)

Furuya and Lirdwitayaprasit (2000) พบว่า องค์ประกอบของสารสีใน *P. noctilucae* ประกอบด้วย neoxanthin, antheraxanthin, violaxanthin, zeaxanthin, lutein, chlorophyll a และ β -carotene ซึ่งใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

โดยปกติ *N. scintillans* จะมีรูปแบบทางโภชนาการเป็นการกินแพลงก์ตอนชนิดอื่นที่มีขนาดเล็กกว่าหรือดูดซึมสารอินทรีย์จากน้ำทะเลไปใช้โดยตรง (Lee, 1980) แต่เมื่อเซลล์อยู่ในสภาวะขาดแคลนอาหาร (starvation) จะพบว่า *N. scintillans* จะย่อย *P. noctilucae* ภายในเซลล์ของมันเพื่อใช้เป็นอาหาร และเมื่อปริมาณของ *P. noctilucae* ภายในเซลล์ *N. scintillans* ลดลงหรือหมดไปจะทำให้ *N. scintillans* มีสีที่ซีดลงจนกลายเป็นสีชมพูอ่อนและอาจตายลงได้ และเมื่อความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ได้อยู่ภายใต้สภาวะที่มีแสง *P. noctilucae* จะทำหน้าที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสงและส่งสารตัวกลางรวมถึงผลผลิตที่ได้ให้แก่เซลล์ของ *N. scintillans* แต่ในน่านน้ำเขตหนาว (temperate zone) จะไม่พบความสัมพันธ์แบบอาศัยร่วมของ *P. noctilucae* และ *N. scintillans* ทำให้เห็นเซลล์ของ *N. scintillans* เป็นสีชมพูอ่อนอมแดงหรือสีขาวขุ่นและพบว่าไม่มี *P. noctilucae* ที่มีความสัมพันธ์แบบภาวะอาศัยร่วมอยู่ภายในเซลล์ของ *N. scintillans*

3.2 การกินอาหาร

Food vacuoles ของ *N. scintillans* พบว่ามีสาหร่ายขนาดเล็กที่สร้างสารพิษ ได้แก่สกุล *Dinophysis* และ *Pseudo-nitzschia* อยู่ภายใน ซึ่ง *N. scintillans* ซึ่งอาจมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงพลวัตรประชากรของสาหร่ายที่สร้างสารพิษนี้ขณะที่ *N. scintillans* สะพรั่งได้ และอาจเป็นพาหะของพิษจากสาหร่ายไปยังสิ่งมีชีวิตที่มีลำดับการกินที่สูงกว่า ซึ่งอาจทำให้ผลกระทบที่เกิดจาก *N. scintillans* บริเวณแหล่งอาศัยของสัตว์น้ำที่มีเปลือก และบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอาจมีเพิ่มขึ้นถ้าเซลล์เหล่านั้นได้กินสาหร่ายที่มีพิษ (Escalera *et al.*, 2007)

Buskey (1995) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นและคุณภาพของอาหารที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและศักยภาพในการเกิด bioluminescence ของ *N. scintillans* พบว่า อาหารที่อยู่ในกลุ่ม diatom และ prasinophytes สนับสนุนทำให้ *N. scintillans* มีอัตราการเติบโตสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5 ต่อวัน Nakamura (1998a) พบว่า เหยื่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 ไมโครเมตร จะเป็นอาหารที่ดีของ *N. scintillans* แต่ชนิดที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร จะไม่เอื้อต่อการเติบโตของ *N. scintillans*

Nakamura (1998b) ทำการศึกษาความชุกชุม และมวลชีวภาพของ *N. scintillans* ที่เปลี่ยนแปลงจากศักยภาพในการเลือกเหยื่อเพื่อเป็นอาหารใน Seto Inland Sea ประเทศญี่ปุ่นในฤดูร้อนปี 1977 (17 ก.ค.-11 ส.ค.) พบว่าความชุกชุมและมวลชีวภาพที่ระดับความลึก 19 เมตร มีค่าอยู่

ในช่วง 1-345 เซลล์ต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ เท่ากับ 93 เซลล์ต่อลิตร) และ 0.1-49.6 ไมโครกรัม คาร์บอนต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ เท่ากับ 13.8 ไมโครกรัมคาร์บอนต่อลิตร) ตามลำดับ โดยประชากร *N. scintillans* มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแพลงก์ตอนพืช โดยมีมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น และอัตราการเติบโตสูงสุดในช่วงที่มีการสะสมของกลุ่มไดอะตอม มีผลผลิตเฉลี่ยน้อยกว่า 0.1-5.2 ไมโครกรัมคาร์บอนต่อลิตรต่อวัน (ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ เท่ากับ 1.4 ไมโครกรัมคาร์บอนต่อลิตรต่อวัน) คิดเป็นร้อยละ 64 ของผลผลิต Calanoid copepod ในฤดูเดียวกัน ส่วนอัตราการหายไปของกลุ่มไดอะตอมจากการกินของ *N. scintillans* มีค่าอยู่ในช่วง 0.10-0.35 มิลลิกรัมต่อเซลล์ต่อวัน และประชากรแพลงก์ตอนพืชหายไปเนื่องจากการกินของ *N. scintillans* น้อยกว่าร้อยละ 12 ต่อวัน ซึ่งการกินของ *N. scintillans* ส่งผลให้ปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลง แต่มันก็มีบทบาทสำคัญในด้านมวลชีวภาพและการผลิตของ Seto Inland Sea ในช่วงฤดูร้อน

4. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการแพร่กระจายของ *Noctiluca scintillans*

การศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ซึ่งสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมนั้น พบว่าโดยส่วนใหญ่จะเน้นทำการศึกษาใน red *Noctiluca* ส่วน green *Noctiluca* นั้นมีการศึกษาค่อนข้างน้อย แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมน่าจะมีผลต่อการแพร่กระจายทั้งทางด้านเวลาและพื้นที่ รวมทั้งการเกิดการสะสมของชนิดนี้ด้วยเช่นกัน โดย Miyaguchi *et al.* (2006) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมของ *N. scintillans* กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมพบว่ารูปแบบการสะสมมีกระบวนการ 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การเพิ่มขึ้นของเซลล์ในระยะเริ่มต้น โดย *N. scintillans* จะมีความชุกชุมเพิ่มขึ้นพร้อม ๆ กับการเพิ่มของปัจจัยทางอุทกวิทยาและชีววิทยาที่เข้าสู่ภาวะที่เหมาะสม โดยปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 2) ปริมาณของ *N. scintillans* จะเพิ่มขึ้นในน้ำทะเลด้วยปัจจัยด้านปริมาณฝนและความเร็วลมที่ลดต่ำลง 3) ปรากฏการณ์ swarmer-effect เป็นปัจจัยที่เพิ่มระดับการสะสม และปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เป็นตัวกำหนดการเติบโตของประชากร *N. scintillans* ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความแตกต่างกันซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลที่มีการศึกษาไว้มีดังนี้

4.1 ลมมรสุม

อ่าวไทยตอนบนมีลักษณะเป็นอ่าวกึ่งปิด มีการไหลเวียนของมวลน้ำค่อนข้างต่ำ และมีปริมาณของธาตุอาหารสูง เนื่องจากได้รับมวลน้ำและธาตุอาหารจากแม่น้ำสายหลัก 4 สายด้วยกัน คือ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกง สภาพแวดล้อมดังกล่าวนี้มีอิทธิพลหลักเนื่องจากลมมรสุม โดยในช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม จะเป็นช่วงที่มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านอ่าวไทย ส่วนลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์

Sriwoon (2006) ได้ทำการศึกษาการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ในอ่าวไทยตอนบน บริเวณอ่างศิลา พบว่าในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พ.ค.-ค.ค.) พบเซลล์มีความหนาแน่นมากกว่า 10 เซลล์ต่อลิตร ซึ่งเซลล์มีขนาดเล็ก endosymbiont มีความหนาแน่นสูง และแสดงพฤติกรรมในการกินอาหาร มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณธาตุอาหารแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน ซิลิเกต-ซิลิคอนและฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ กับปริมาณเซลล์ *N. scintillans* ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พ.ย.-ก.พ.) พบเซลล์มีความหนาแน่นน้อยกว่า 10 เซลล์ต่อลิตร ปริมาณอาหารในธรรมชาติน้อย แต่สามารถดำรงชีวิตได้เนื่องจากได้รับสารอินทรีย์จาก *P. noctilucae* ซึ่งใช้แอมโมเนียม-ไนโตรเจนภายในเซลล์ของ *N. scintillans*

4.2 แสง

จากการศึกษาของ Sweeney (1971) พบว่า green *Noctiluca* สามารถดำรงชีวิตอยู่ในบริเวณที่มีแสงจนสามารถแบ่งเซลล์ได้อย่างน้อยหนึ่งเดือนโดยไม่ต้องให้อาหาร ในขณะที่การทดลองที่ไม่มีการให้แสงจะพบว่า endosymbiont จะค่อย ๆ หายไป และจะตายภายในไม่กี่วันหลังจากนั้น Sriwoon (2006) ได้ทำการศึกษาผลของความเข้มแสงต่อการเติบโตและปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนของเซลล์ *N. scintillans* พบว่าสัมประสิทธิ์การเติบโตของ *N. scintillans* อยู่ในช่วง 0.07-0.24 ต่อวัน อัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นในช่วงระดับความเข้มแสง 80-200 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที และจะลดลงในช่วงความเข้มแสงตั้งแต่ 300-500 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที และแสงมีผลต่อปริมาณคาร์บอนโดยเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นในช่วงระดับความเข้มแสง 80-300 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที และลดลงตั้งแต่ 400-

500 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ความเข้มแสงทุกระดับไม่แตกต่างกัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อถึงระดับความเข้มแสง 300 ไมโครโมลโฟตอนต่อตารางเมตรต่อวินาที และลดลงเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น

4.3 ความเค็ม

ความเค็มเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความผันแปรในบริเวณปากแม่น้ำและพื้นที่ชายฝั่งทะเล จึงเป็นปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงประชากรของแพลงก์ตอนหลายชนิด การเติบโตของ *N. scintillans* นั้นได้รับผลจากความเค็มที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้ แต่มันสามารถปรับตัวและดำรงชีวิตอยู่ได้ในช่วงความเค็มที่กว้างซึ่งมีรายงานการศึกษาจากหลายพื้นที่ Sriwong (2006) ได้ทำการศึกษากการแพร่กระจายของ green *Noctiluca* ในอ่าวไทยพบว่าสามารถแพร่กระจายในช่วงความเค็ม 14-35 psu และมีการสะสมในช่วงความเค็ม 25-30 psu Thong-ra-ra *et al.* (1995) และ Lirdwitayaprasit (2006) พบ green *Noctiluca* ในช่วงความเค็ม 11-34 psu และ Chuennniyom *et al.* (2012) รายงานพบ green *Noctiluca* แพร่กระจายอยู่ในช่วงความเค็ม 14-29 psu โดยมีความหนาแน่นเซลล์สูงที่ความเค็มระหว่าง 25-29 psu ส่วนผลจากการศึกษาในอ่าวมะนิลา (Furuya *et al.*, 2006) และในอินเดีย (Eashwar *et al.*, 2001) พบ green *Noctiluca* สะสมในช่วงความเค็ม 31-34 psu ส่วน red *Noctiluca* มีรายงานการเกิดในช่วงความเค็มตั้งแต่ 17-36.5 psu (Lee and Hirayama, 1992; Murray and Suthers, 1999)

4.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและมีผลโดยตรงต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต อันได้แก่ กระบวนการเมแทบอลิซึม และการสืบพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย ใน red *Noctiluca* พบว่ามีการเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 5-28.6 องศาเซลเซียส (Huang and Qi, 1997; Jokobsen and Tang, 2002; Umani *et al.*, 2004; Miyaguchi *et al.*, 2006) ในห้องปฏิบัติการพบว่ามีอัตราการเติบโตสูงสุดในช่วง 23-24 องศาเซลเซียส (Lee and Hirayama, 1992; Nakamura, 1998a; Uhlig and Sahlig, 1995)

green *Noctiluca* โดยส่วนใหญ่แล้วจะพบอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 23-32 องศาเซลเซียส (Thong-ra-ar *et al.*, 1995; Eashwar *et al.*, 2001; Hansen *et al.*, 2004; Furuya *et al.*, 2006;

Lirdwitayaprasit *et al.*, 2006; Sriwoon, 2006) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีบริเวณชายฝั่งใกล้กับ จังหวัดชลบุรีอยู่ในช่วง 26-29 องศาเซลเซียส (Thong-ra-ar *et al.*, 1998)

4.5 ธาตุอาหาร

ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชโดยถูกนำมาใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีนไนโตรเจนที่พบในแหล่งน้ำนั้นอยู่ในรูปโมเลกุลของสารอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น NO_3^- , NO_2^- และ NH_4^+ และพบอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น กรดอะมิโน และยูเรีย (จารูมาศ, 2542) ซึ่งมาจากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ ไนโตรเจนในรูปสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนถือว่ามีความสำคัญต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เป็นแหล่งของไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายลึดดา (2530) กล่าวว่าแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่จะใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียและไนเตรตแต่จะเลือกใช้ในรูปแอมโมเนียมากกว่า โดยแพลงก์ตอนพืชจะใช้ไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยคือ $\text{NH}_4^+ > \text{Urea} > \text{NO}_3^- > \text{NO}_2^-$ (Smayda, 1983) ในแหล่งน้ำที่มีไนโตรเจนสูงมักจะพบแพลงก์ตอนพืชในปริมาณมาก ในบริเวณที่มีน้ำผุดในตรจะจะเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญของแพลงก์ตอนพืช และหากเมื่อปริมาณของไนเตรตและแอมโมเนียลดลงจนถึง 0.05 ไมโครโมลาร์ ยูเรียจะกลายเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญของแพลงก์ตอนพืช (Joint *et al.*, 2001) นอกจากนี้แล้วแพลงก์ตอนพืชกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้โดยตรง เช่น *Nostoc*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Oscillatoria* เป็นต้น ในการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี (red tide) มักจะเกิดในแหล่งน้ำที่มีสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณสูง ร่วมกับสภาพแวดล้อมที่มีแดดจัด และมีอุณหภูมิสูง

ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อกำลังผลิตของแหล่งน้ำ เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นตัวควบคุมกำลังผลิตปฐมภูมิ (primary productivity) ดังนั้นข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำจึงมีความสำคัญมาก ฟอสฟอรัสเกือบทั้งหมดในแหล่งน้ำพบอยู่ในรูปสารประกอบ

ฟอสเฟต แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ ออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) หรือฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ สารประกอบพวกนี้แพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้เพื่อการเติบโตได้ อีกกลุ่มหนึ่งคือ โพลีฟอสเฟต (polyphosphates) เป็นสารประกอบที่พบได้มากในน้ำทิ้งที่มาจากบ้านเรือนเนื่องจากเป็นส่วนผสมของน้ำยาทำความสะอาดและผงซักฟอก เมื่อแตกตัวจะให้ออร์โธฟอสเฟตออกมา พวกสุดท้ายคือ พวกสารอินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphates) ที่ได้จากระบวนการทางชีวภาพ พบได้ใน สารละลาย สารแขวนลอย หรืออินทรีย์วัตถุที่กำลังเน่าสลาย ฟอสเฟตในน้ำอาจจะรวมตัวกับไอออนต่าง ๆ เช่น เฟอร์ริกและแคลเซียม โดย pH ของน้ำ จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของสารประกอบฟอสเฟต ในน้ำที่เป็นกลางหรือด่างเล็กน้อยจะพบ แคลเซียมฟอสเฟตมาก ถ้าน้ำมี pH สูง จะพบว่ามี โซเดียมฟอสเฟตแต่ถ้าน้ำเป็นกรดจะพบ เฟอร์ริกฟอสเฟต (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528; ประเทือง, 2534) ฟอสฟอรัสจะมีบทบาทที่สำคัญต่อปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชโดย เกี่ยวข้องกับการขนส่งพลังงานภายในเซลล์ซึ่งมีผลต่อการเติบโต และสืบพันธุ์ของแพลงก์ตอนพืช ระดับความต้องการฟอสฟอรัสของแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน

สารประกอบฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติ มีทั้งในรูปสารอินทรีย์ฟอสฟอรัส และสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัส โดยปกติแพลงก์ตอนพืชจะดูดซึมฟอสฟอรัสในรูปของออร์โธฟอสเฟต หรือ soluble reactive phosphorous ซึ่งได้แก่ พวก PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} และ H_2PO_4^- เพื่อนำไปใช้ในการเติบโต ฟอสเฟตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความชุกชุมของไมโครแพลงก์ตอนสกุลต่าง ๆ กล่าวคือ ถ้าพบฟอสเฟตมากมักจะพบปริมาณแพลงก์ตอนมากตามไปด้วย แหล่งน้ำปกติจะมีปริมาณฟอสฟอรัสประมาณ 0.010-0.030 ppm การมีฟอสเฟตในแหล่งน้ำมากเกินไปทำให้แพลงก์ตอนชนิดต่าง ๆ เช่น ไดโนแฟลเจลเลตเติบโตขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว จนทำให้เกิดเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้ (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528; ประเทือง, 2534)

ซิลิกอน

ซิลิกาเป็นธาตุที่พบทั้งในรูปสารละลายและสารแขวนลอย ซิลิกาที่ละลายน้ำจะอยู่ในรูปกรดออร์โทซิลิก (Si (OH)₄) ส่วนสารแขวนลอยในน้ำส่วนใหญ่ได้จากการสึกกร่อนของหินจากพื้นดิน ได้แก่ ควอตซ์ เฟลสปาร์ ทราซ และโคลน ซิลิกาเป็นแร่ธาตุที่สำคัญในการเติบโตของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม ซิลิโคแฟลเจลเลต แพลงก์ตอนพืชที่มีหนวดที่มีเกล็ดหุ้มเซลล์บางชนิด และแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเรดิโอเลเรียน เนื่องจากถูกนำไปใช้ในการสร้างโครงสร้างของเซลล์

โดยนำไปใช้ในรูปของออร์ซิลิกเกต (SiO_3^{2-}) ซิลิกาในน้ำจะลดลงเมื่อมีการสร้างผนังเซลล์และจะหมุนเวียนกลับคืนสู่น้ำอย่างช้า ๆ โดยการละลายกลับคืนสู่น้ำของพวกสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว (ลัดดา, 2530) ซิลิกอนไม่มีความสำคัญในแง่ขององค์ประกอบของโปรโตพลาสซึม ของพืชและสัตว์ แต่เป็นส่วนที่สำคัญของ shell หรือ frustule ของไดอะตอม ในน้ำที่มี pH น้อยกว่า 9 ซิลิกาจะอยู่ในรูป silicic acid การเจริญของไดอะตอมนั้นปริมาณของซิลิกามีความสำคัญมากกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จึงสามารถใช้ซิลิกาเป็นดัชนีในการศึกษาความชุกชุมของไดอะตอมได้ซิลิกาในผนังเซลล์ของไดอะตอมเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งแล้วมีปริมาณค่อนข้างสูง อยู่ที่ร้อยละ 26-63 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของไดอะตอม

ในน้ำทะเลโดยเฉลี่ยมีซิลิกาประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยน้ำบริเวณชายฝั่งมีสูงกว่าในทะเลเปิด (สมถวิล, 2540) ซิลิกาที่ละลายน้ำพบได้ปริมาณสูงในบริเวณปากแม่น้ำ และไม่ค่อยพบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมากนัก การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของซิลิกาในน้ำทะเลขึ้นอยู่กับ การนำพาโดยแม่น้ำ การใช้ซิลิกาของสิ่งมีชีวิต การย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต การเปลี่ยนแปลงรูปของแร่ดินเหนียว และกระบวนการทางฟิสิกส์ โดยทั่วไปจะพบซิลิกาแขวนลอยอยู่ในน้ำมากกว่าที่จะละลายในน้ำ นอกจากซิลิกาจะมีความสำคัญต่อไดอะตอมแล้ว ยังพบว่าแพลงก์ตอนพืชกลุ่ม silicoflagellate ก็ต้องอาศัยซิลิกาในการเติบโต (สาโรจน์, 2546)

ตารางที่ 3 การแพร่กระจายของ *Noctiluca scintillans* ที่สภาวะแวดล้อมในพื้นที่ต่าง ๆ

Area	Cell density (cells/L)	Season	Cell size (μm)	Chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	Temperature (C)	Salinity (psu)	Reference
Red <i>Noctiluca</i>							
German Birht	25-135					22-24	Uhlig and Sahling (1995)
Black Sea	100	Summer			13.5-15.75	30.0-32.5	Schaumann <i>et al.</i> (1988)
Dapeng Bay	>200	Mar-Apr		0.39-28.3	15.8-28.6	19.1-33.4	Huang and Qi (1997)
	2.8×10^5			<5	19.8-22	29	
Seto Inland					5-28	17-34	Lee and Hirayama (1992)
	>100		380-660	2.25	24-25.5		Nakamura (1998b)
			432-475		24		
	$0-12.6 \times 10^3$						Pithakpol <i>et al.</i> (2000)
Sagami Bay	6.1×10^5	Spring- Summer		0.535-5.0	10-25	30-33	Miyaguchi <i>et al.</i> (2006)
		Mar-May		1.5-2.4	15.2-17.8	34.9-35.5	
		(SW-SE)					
		Jan-Dec		0.4-1.5	18-22.8	32-35.5	

ตารางที่ 3 (ต่อ)

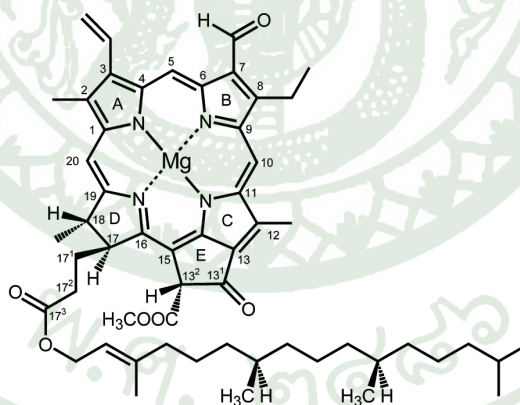
Area	Cell density (cells/l)	Season	Cell size (μm)	Chlorophyll <i>a</i> (μg/l)	Temperature (C)	Salinity (psu)	Reference	
Sagami Bay	6.1x10 ⁵	Spring- Summer		0.535-5.0	10-25	30-33	Miyaguchi <i>et al.</i> (2006)	
		Mar-May		1.5-2.4	15.2-17.8	34.9-35.5		
		(SW-SE)						
		Jan-Dec		0.4-1.5	18-22.8	32-35.5		
Australia	6,300-2.2x10 ⁵			<1-2.9	14.2-24.2	28.0-36.5	Murray and Suthers (1999)	
	>100	Spring,late summer	340-450					
	<5	Summer&Winter	400-1200					
	16	Spring&Summer	<525	<1-3	>20	<35		Dela-Cruz <i>et al.</i> (2002, 2003)
	<1	Autumm&Winter	>600	<1->3	18.5-19.5	35.1-35.5		
North Adriatic Sea								
1977-1980	>10 ³	Spring&Summer			>20		Umani <i>et al.</i> (2004)	
1988-1993	<2				>20			
1997-2001	>10				>20			
2002	<2.2				>20			
2003	>2				7.3-10			

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Area	Cell density (cells/L)	Season	Cell size (µm)	Chlorophyll <i>a</i> (µg/L)	Temperature (C)	Salinity (psu)	Reference
USA			1300		19±1		Jakobson and Tang (2002)
Green <i>Noctiluca</i>							
Manila Bay				0.55-522	27.5-28.8		Furuya <i>et al.</i> (2006)
India	51.3- 1004x10 ⁶						Devassy (1989)
	1.5-2.3x10 ⁴		250-400	2.9-17.6	29.1-29.5	32.1-33.6	Eashwar <i>et al.</i> (2001)
Gulf of Thailand	2.0x10 ⁶	July-Sep (eastern)					Lirdwitayaprasit (1995)
		Dec-Feb (western)					
		Aug-Oct			23-32	11-34	Thong-ra-ar <i>et al.</i> (1995)
		June-Oct			25-32	22-30	Lirdwitayaprasit (2006)
Angsila	100	Mar-Oct (SW)			27-32	14-35	Sriwoon (2006)
	<10	Nov-Feb (NE)					

4.6 คลอโรฟิลล์ เอ

เซลล์แสงอาทิตย์ทุกชนิดจะมีคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง มีสูตรทางเคมี คือ $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ คุณสมบัติของคลอโรฟิลล์ เอ คือ ไม่ละลายน้ำแต่จะละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (Fogg, 1975) คลอโรฟิลล์เป็นสารที่ละลายได้ดีในอะซิโตนและแอลกอฮอล์ โครงสร้างอาจแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ ส่วนหัว และส่วนหาง โดยที่ส่วนหัวของคลอโรฟิลล์มีลักษณะเป็นวงแหวนไพโรล (pyrrole ring) ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 4 วง และมีธาตุแมกนีเซียมอยู่ตรงกลางโดยทำพันธะกับไนโตรเจน ส่วนหัวนี้มีขนาดประมาณ 1.5×1.5 อังสตรอม ส่วนหางของคลอโรฟิลล์มีลักษณะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ 20 อะตอม มีความยาวประมาณ 2 อังสตรอม คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นของแสงสีฟ้าและสีแดง แต่ดูดกลืนช่วงแสงสีเหลืองและเขียวได้น้อย ดังนั้นเมื่อได้รับแสงจะดูดกลืนแสงสีฟ้าและสีแดงไว้ ส่วนแสงสีเขียวที่ไม่ได้ดูดกลืนจึงสะท้อนออกมา ทำให้เห็นคลอโรฟิลล์มีสีเขียว โดยวงแหวนไพโรลวงที่สองของคลอโรฟิลล์ เอ มีโซข้างเป็นหมู่เมทิล ($-CH_3$) ทำให้มีคุณสมบัติละลายได้ดีในสารละลายที่มีขี้ว เช่น เมทิลแอลกอฮอล์ เนื่องจากหมู่เมทิลของคลอโรฟิลล์ทำให้โมเลกุลมีขี้ว และจะพบว่าคลอโรฟิลล์ เอ จะมีสีเขียวเข้ม (ภาคภูมิ, 2550)



ภาพที่ 4 โครงสร้างโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ เอ

ที่มา: Merchant and Sawaya (2005)

โดยปกติปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่พบในแสงอาทิตย์จะมีประมาณร้อยละ 0.5–1.5 ของน้ำหนักแห้ง และสามารถเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 6 ในแสงอาทิตย์ที่ที่มีความเข้ม

แสงแสงอ่อน ๆ โดยทั่วไปปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแสงที่ตอนพืชในลักษณะแปรผันตามกัน ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ เอ มีทั้งปัจจัยทางกายภาพเคมี และชีวภาพ ที่สำคัญ ได้แก่ การแบ่งชั้นของน้ำ กระแสน้ำ อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณแสง และการตกกระทบของแสง การกินแสงที่ตอนพืชโดยแสงที่ตอนสัตว์หรือสัตว์ และปริมาณธาตุอาหาร

5. พื้นที่ศึกษา

5.1 ลักษณะทั่วไป

ปากแม่น้ำท่าจีนตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร เป็นช่วงท้ายสุดของแม่น้ำท่าจีน ซึ่งถือว่าเป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลาง มีความยาวทั้งหมด 325 กิโลเมตร โดยแยกมาจากแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณปากคลองมะขามเฒ่า ในเขตอำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดชัยนาท แล้วจึงไหลลงใต้ทางใต้ด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ผ่านอำเภอเมือง อำเภอหันคาในเขตจังหวัดชัยนาท แม่น้ำสายนี้มีชื่อเรียกด้วยกันหลายชื่อโดยแบ่งออกเป็นช่วง ๆ ตอนบนที่ไหลผ่านเขตจังหวัดชัยนาทเรียกว่าแม่น้ำมะขามเฒ่า เมื่อไหลผ่านอำเภอดมเชิงนางบวช อำเภอสามสูง อำเภอสรีประจันต์ อำเภอเมืองสุพรรณบุรี อำเภอบางปลาม้า อำเภอสองพี่น้อง ในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี มีชื่อเรียกว่าแม่น้ำสุพรรณบุรี แล้วเข้าเขตจังหวัดนครปฐม ผ่านอำเภอบางเลน อำเภอนครชัยศรี อำเภอสองแพร่นาง ช่วงนี้มีชื่อเรียกว่าแม่น้ำนครชัยศรี และจากอำเภอสองแพร่นาง จังหวัดนครปฐม ไหลต่อไปยังอำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ไปออกทะเลอ่าวไทยที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร จะมีชื่อเรียกว่าแม่น้ำท่าจีน เนื่องจากบริเวณนี้เคยปรากฏหลักฐานการตั้งถิ่นฐานของชาวจีนมาแต่ครั้งโบราณกาลนั่นเอง

5.2 ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

แม่น้ำท่าจีนตั้งอยู่ใกล้บริเวณเส้นศูนย์สูตรในซีกโลกเหนือ จึงมีลักษณะอากาศประเภทเขตร้อน มีความกดอากาศโดยเฉลี่ยประมาณ 1,009 มิลลิบาร์ มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 72.3 อัตราการระเหยเฉลี่ยประมาณ 1,870 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปี 1,136.7 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวันที่ฝนตกประมาณ 102 วันต่อปี

5.2.1 ปริมาณน้ำฝน

ลุ่มน้ำท่าจีนมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยผันแปรตั้งแต่ 800 – 1,500 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับ 1,040.8 มิลลิเมตร เป็นปริมาณฝนในช่วงฤดูฝน 916.9 มิลลิเมตร (คิดเป็นร้อยละ 88.10) ของปริมาณฝนทั้งปี ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทย คือ 1,467 มิลลิเมตรต่อปี (กรมชลประทาน, 2546) เดือนที่มีปริมาณฝนต่ำสุด คือเดือนธันวาคม มีปริมาณฝน 4 มิลลิเมตร เดือนที่มีปริมาณฝนสูงสุดคือ เดือนกันยายน มีปริมาณฝน 237 มิลลิเมตร

5.2.2 ปริมาณน้ำท่า

พื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนมีพื้นที่รับน้ำ 13,681 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยประมาณ 1,364.4 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่รับน้ำฝนประมาณ 3.16 ลิตรต่อวินาทีต่อตารางเมตร (กรมชลประทาน, 2546) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากโครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา สะแกกรัง และท่าจีน ของกรมชลประทาน ปี 2546 สรุปได้ว่า ลุ่มน้ำท่าจีนมีปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำเฉลี่ยปีละ 1,395.4 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นปริมาณน้ำท่าในฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน) เฉลี่ย 212.1 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 15.2 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยทั้งปี

5.2.3 สภาพภูมิอากาศ

ฤดูกาลในเขตลุ่มน้ำท่าจีน แบ่งออกเป็น 3 ฤดู เช่นเดียวกับลุ่มน้ำต่าง ๆ ในภาคกลางของประเทศ คือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน

ฤดูฝน มีช่วงเวลา 6 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยได้รับฝนมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมจรจากทะเลจีนใต้ ในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีปริมาณฝนรวมเกินกว่าเดือนละ 100 มิลลิเมตร เดือนกันยายน เป็นเดือนที่มีฝนตกสูงที่สุด ปริมาณฝนรวมในเขตลุ่มน้ำท่าจีนในช่วงฤดูฝนมีประมาณร้อยละ 87 ของปริมาณฝนทั้งปี

ฤดูหนาว มีช่วงเวลาประมาณ 3 เดือน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤศจิกายนและสิ้นสุดประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ โดยได้รับความหนาวเย็น เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะพัดมวลอากาศแห้ง และลมหนาวจากประเทศมองโกเลียมาปกคลุมประเทศไทย อุณหภูมิต่ำสุด ในช่วงเวลาดังกล่าวในเขตลุ่มน้ำท่าจีนประมาณ 9.4–14.8 องศาเซลเซียส ตามปกติในช่วงเดือนมกราคม จะเป็นช่วงที่มีอากาศหนาวที่สุด

ฤดูร้อน มีช่วงเวลาประมาณ 3 เดือนเริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ประเทศไทยอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าวในเขตลุ่มน้ำท่าจีนจะอยู่ระหว่าง 39.8–41.4 องศาเซลเซียส ตามปกติในเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่ประเทศไทย มีอากาศร้อนที่สุด แต่จากสถิติในเขตลุ่มน้ำท่าจีน เดือนพฤษภาคมจะเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 41.1 องศาเซลเซียส

5.3 คุณภาพน้ำ

แม่น้ำท่าจีนตอนล่าง (กิโลเมตรที่ 0-82) ตั้งแต่ปากแม่น้ำท่าจีนอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครถึงบริเวณหน้าว่าการอำเภอนครชัยศรีจังหวัดนครปฐม คุณภาพน้ำอยู่ในระดับเสื่อมโทรมมากจัดอยู่ในระดับมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำประเภทที่ 5 (เพื่อการคมนาคม) ข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตั้งแต่ปี 2528-2541 พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายโดยทั่วไปมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2538 บางครั้งตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.0–6.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 25,000–1,387,000 หน่วยจัดอยู่ในระดับมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ ประเภทที่ 4-5 (เพื่อการอุตสาหกรรมและการคมนาคม) ซึ่งคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนล่างนี้ มีแนวโน้มที่จะเสื่อมโทรมลงมากขึ้นโดยมี สาเหตุสำคัญมาจากการระบายน้ำเสียของแหล่งชุมชนโรงงานอุตสาหกรรมและฟาร์มสุกรที่มีอยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษในปี 2537-2545 พบว่าบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนที่ระยะห่างจากฝั่ง 500 เมตร มีความโปร่งใสค่อนข้างน้อยมาก ในบางฤดูกาลที่มีน้ำหลากบริเวณที่มีความลึกประมาณ 3.0 เมตร จะมีความโปร่งใสเท่ากับ 0.13 เมตร เท่านั้น ส่วนความ

เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงค่อนข้างกว้างมากตั้งแต่ 1.4-34.0 psu เนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดในฤดูฝน

ปริมาณออกซิเจนละลายโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 1.0-6.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่วนใหญ่ปริมาณออกซิเจนละลายที่ตรวจวัดค่าได้ในบริเวณนี้จะมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง และในปี 2540 พบปริมาณออกซิเจนละลายต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในด้านทิศตะวันตกของปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3-6.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนด้านทิศตะวันออกมีค่าอยู่ในช่วง 1.5-7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

จิตติมา และคณะ (2552) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน (เม.ย. 2550-เม.ย.2551) พบว่าปัจจัยคุณภาพน้ำมีค่าพิสัยดังนี้ ออกซิเจนละลายน้ำ 0.7-10.4 มิลลิกรัมต่อลิตร แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด <2-170,000 MPN/100 มิลลิลิตร จากการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพน้ำ เพื่อการประเมินสถานะคุณภาพน้ำทะเล พบว่าคุณภาพน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาครส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก

ปัญญานี้อย่างและกัลยา (2532) ทำการสำรวจแม่น้ำท่าจีนตอนล่างในฤดูแล้ง (มีนาคม) และฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม) พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารจำพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในฤดูแล้งมากกว่าฤดูน้ำหลาก โดยมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.02-0.46 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์-ไนโตรเจนในช่วง 0.002-0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจนในช่วง 0.03-1.77 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีค่าระหว่าง 0.08-1.13 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพบว่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในแม่น้ำท่าจีนตอนล่างมีค่าสูงกว่าแม่น้ำสายหลักอื่น ๆ ที่ไหลลงสู่อ่าวไทย และพบว่าไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดสำหรับแพลงก์ตอนพืช

ภัทรารุช และคณะ (2551) ทำการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรหอยลายในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ในช่วงเดือนสิงหาคม 2550 ถึงเดือนมีนาคม 2551 พบว่าพื้นที่ปากแม่น้ำนี้มีความอุดมสมบูรณ์สูงมาก และปริมาณการหลากของน้ำมีบทบาทต่อปัจจัยคุณภาพน้ำต่าง ๆ อย่างเด่นชัด โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เท่ากับ 6.02-1431.12 ไมโครกรัมต่อลิตร และปริมาณธาตุอาหารสูง โดยธาตุอาหารในกลุ่มไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน และไนไตรท์-ไนเตรท ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 1.25-84.97 และ ND-28.53 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ธาตุอาหารจำพวกฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปออร์โธฟอสเฟตมีค่าอยู่

ระหว่าง ND-17.98 ไมโครโมลาร์ ส่วนปริมาณซัลเฟต-ซัลไฟด์ อยู่ในช่วง 4.90-266.54 ไมโครโมลาร์ ส่วนปัจจัยคุณภาพน้ำอื่น ๆ มีค่าดังนี้ ออกซิเจนละลายน้ำ อยู่ในช่วง 0.48-10.81 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ อยู่ในช่วง 26.47-32.29 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 6.93-9.11 ความเค็ม อยู่ระหว่าง 0.48-30.53 psu ค่าความโปร่งแสง 10-395 เซนติเมตร



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม

1. เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร (Multi Parameter Water Quality Monitor รุ่น 6600)
2. เครื่องวัดความลึก (Depth Meter-VA 22066 USA)
3. เครื่องบอกตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS)
4. อุปกรณ์วัดความโปร่งแสง (Secchi disc)
5. เครื่องสูบน้ำ (Water pump)
6. กระบอกเก็บน้ำขนาด 2 ลิตร (Kemmerer Sampler)
7. ถุงเก็บน้ำขนาด 5 ลิตร (Poly bag)
8. กล้องถ่ายรูปดิจิทัล (Digital camera)
9. เรือเก็บตัวอย่าง (Boat)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

1. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงพร้อมอุปกรณ์ในการถ่ายภาพนิ่ง (Light microscope with digital camera)
2. กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ (Stereo microscope)
3. กระดาษอลูมิเนียม (Aluminium foil)
4. ตู้แช่แข็ง (Freezer)
5. แผ่นสไลด์สำหรับดูตัวอย่าง และนับจำนวน (Haemocytometer)
6. pipette
7. Auto micro-pipette
8. หลอดทดลอง (test tube)
9. เครื่อง Spectrophotometer CECIL CE 1020S SCANNING
10. เครื่อง Fluorescence Spectrometer LS 55

11. เครื่อง Sonicator
12. เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge ALC 4236)
13. กระจกกรอง Glass Microfiber Filter: GF/F (Whatman) เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตรและกระจกกรอง GF/C เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร
14. ชุดกรองน้ำ (Filter set)

สารเคมี

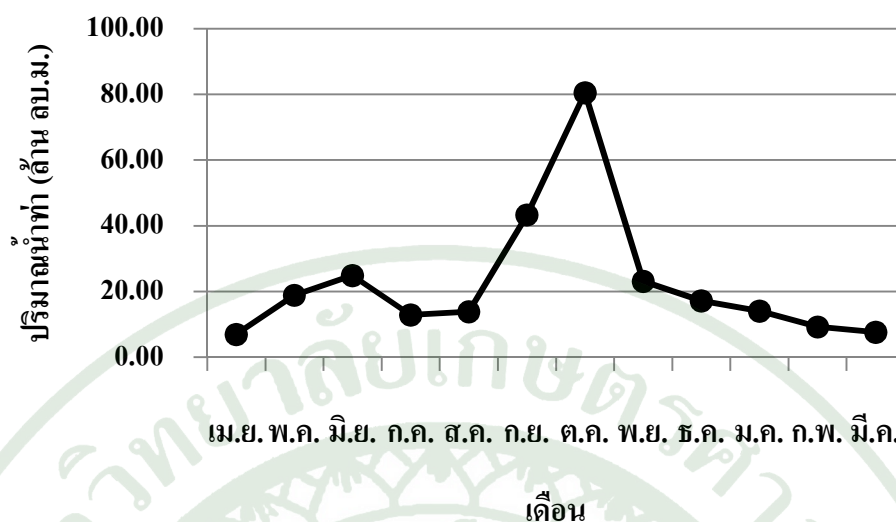
1. น้ำยาเก็บรักษาดัวอย่างฟอร์มาลิน (Formalin) เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์
2. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
3. อะซิโตน (Acetone) ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์

วิธีการ

1. การศึกษาการแพร่กระจายทางปริมาณและคุณภาพของ *Noctiluca scintillans* ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

1.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

ทำการศึกษาการแพร่กระจายทางปริมาณของ *N. scintillans* โดยพิจารณาจากความหนาแน่นที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ทำการศึกษาเปรียบเทียบการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ซึ่งได้แบ่งช่วงฤดูกาลจากปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในปี 2543-2553 (ภาพที่ 5) ออกเป็น 3 ฤดูกาล และทำการออกสำรวจ 4 ครั้ง ในช่วง กลางฤดูน้ำหลาก (เดือนพฤศจิกายน 2552) ฤดูแล้ง (เดือนเมษายน 2553) ต้นฤดูน้ำหลาก (เดือนสิงหาคม 2553) และกลางฤดูน้ำหลาก (เดือนพฤศจิกายน 2553) โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบความหนาแน่นที่ระดับผิวน้ำและพื้นที่ท้องน้ำในแต่ละครั้งที่ศึกษา



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำที่ไหลลงแม่น้ำท่าจีน (ค่าเฉลี่ยในระหว่างปี 2543-2553)

ที่มา: ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคกลาง กรมชลประทาน (2555)

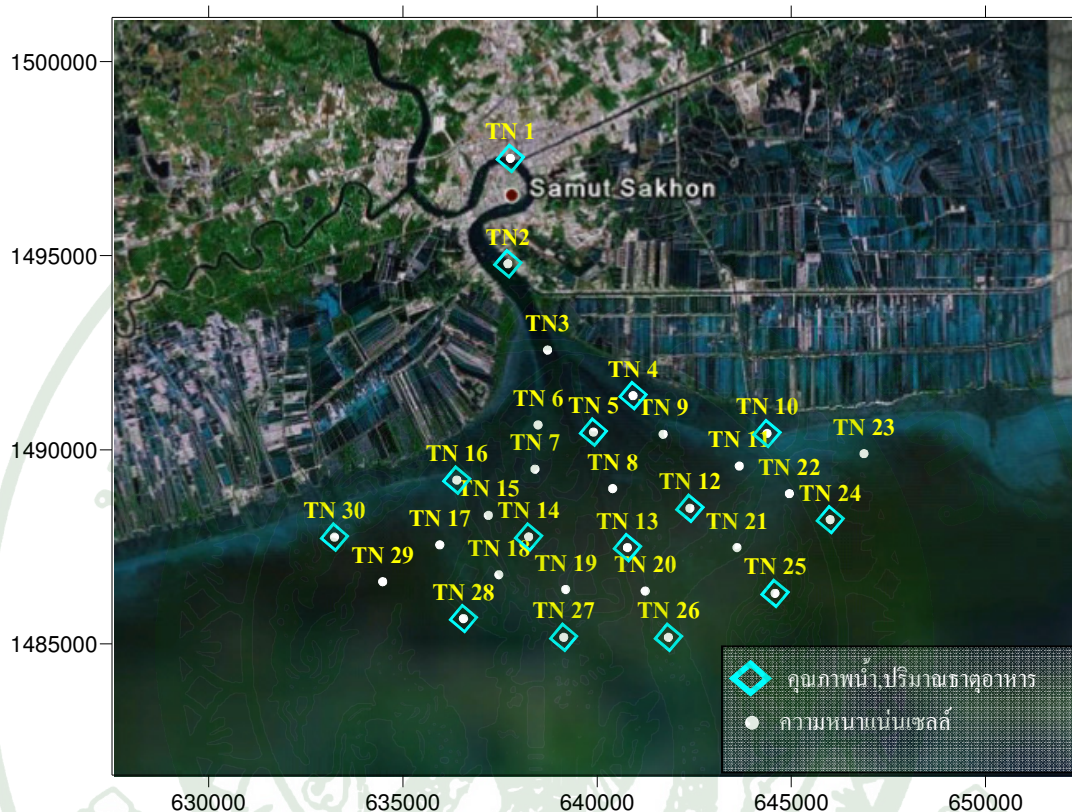
1.2 การศึกษาการพัฒนาของประชากร

ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากทำการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงของประชากร *N. scintillans* ทั้งในด้านปริมาณ (ความหนาแน่นเซลล์) และคุณภาพ (ขนาดเซลล์) โดยเก็บตัวอย่างรวม 3 ครั้ง ห่างกันทุก 14 วัน ทั้งนี้เพื่อศึกษาลักษณะการพัฒนาของประชากรใหม่ (การเกิดทดแทนที่) ในช่วงเวลาที่เป็นฤดูการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีหลักของพื้นที่นี้ด้วย

1.3 พื้นที่และสถานศึกษาการแพร่กระจายของ *Noctiluca scintilla*

กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 30 สถานี (ตารางที่ 4) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร แต่ละสถานีห่างกันประมาณ 1.5 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่รวมประมาณ 85 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 6) ซึ่งกำหนดให้ TN 1 เป็นสถานีตอนบนสุดของพื้นที่ศึกษาเนื่องจากบริเวณนี้เป็นช่วงลำน้ำในเขตนํ้ากร่อยเป็นจุดรับมวลน้ำจากลำน้ำด้านบน และมีความเค็มที่มีการเปลี่ยนแปลงตามการขึ้นลงของน้ำ นอกจากนี้จะใช้แนวร่องน้ำเป็นเขตแบ่งพื้นที่ออกเป็นฝั่ง

ตะวันออกและฝั่งตะวันตก เพื่อกำหนดสถานีเป็นตัวแทนของพื้นที่ปากแม่น้ำส่วนต่าง ๆ ซึ่งในภาพรวมประกอบด้วย



ภาพที่ 6 สถานีเก็บตัวอย่างและสำรวจคุณภาพน้ำ 30 สถานี (TN1-TN30)
ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

สถานีในพื้นที่ร่องน้ำ 8 สถานี ได้แก่ TN1 TN2 TN3 TN5 TN8 TN13 TN20 และ TN2

สถานีในพื้นที่ดอนฝั่งตะวันออก 10 สถานี ได้แก่ TN4 TN9 TN10 TN11 TN12 TN2
TN22 TN23 TN24 และ TN25

สถานีในพื้นที่ดอนฝั่งตะวันตก 12 สถานี ได้แก่ TN6 TN7 TN14 TN15 TN16 TN17
TN18 TN19 TN27 TN28 TN29 และ TN30

ตารางที่ 4 ที่ตั้งพิกัดของสถานีเก็บตัวอย่างและตำแหน่งในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน

Stations	E	N	ตำแหน่ง/ที่ตั้ง
TN1	637767	1497508	กลางลำน้ำท่าจีนตรงแนวศาลเจ้าพ่อหลักเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
TN2	637703	1494793	กลางลำน้ำท่าจีนแนววัดศรีสุทธาราม (วัดกำแพง)
TN3	638725	1492570	กลางลำน้ำท่าจีนแนวลำน้ำเปิดกว้างออก
TN4	640926	1491395	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN5	639905	1490455	กลางร่องน้ำระหว่างคอนแอมสองฝาก
TN6	638480	1490640	ฝั่งตะวันตกของร่องน้ำ
TN7	638400	1489500	ฝั่งตะวันตกของร่องน้ำ
TN8	640400	1489000	กลางร่องน้ำ
TN9	641700	1490400	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN10	644374	1490420	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN11	643660	1489580	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN12	642388	1488492	กลางร่องน้ำ
TN13	640780	1487480	กลางร่องน้ำ
TN14	638238	1487756	ฝั่งตะวันตกของร่องน้ำ
TN15	637200	1488310	ฝั่งตะวันตกของร่องน้ำ
TN16	636388	1489219	ฝั่งตะวันตกของร่องน้ำ
TN17	635950	1487550	ฝั่งตะวันตกของร่องน้ำ
TN18	637470	1486780	ฝั่งตะวันตกของร่องน้ำ
TN19	639190	1486400	ฝั่งตะวันตกของร่องน้ำ
TN20	641240	1486360	กลางร่องน้ำ
TN21	643600	1487480	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN22	644950	1488870	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN23	646870	1489900	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN24	646000	1488200	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Stations	E	N	ตำแหน่งที่ตั้ง
TN25	644580	1486300	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN26	641836	1485168	แนวนอกสุดของพื้นที่ศึกษา
TN27	639140	1485168	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN28	636560	1485650	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN29	634480	1486600	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ
TN30	633240	1487749	ฝั่งตะวันออกของร่องน้ำ

1.4 การศึกษาความหนาแน่นของประชากร *Noctiluca scintillans*

เก็บตัวอย่าง *N. scintillans* ในแต่ละสถานีที่มีความลึก 2 ระดับ คือ ที่ระดับความลึก 0.5 เมตร จากผิวน้ำและเหนือพื้นท้องน้ำ 0.5 เมตร (ถ้าในกรณีที่มีความลึกน้ำไม่เกิน 3 เมตร จะทำการเก็บตัวอย่างเฉพาะระดับความลึก 0.5 เมตร จากผิวน้ำเท่านั้น เนื่องจากมวลน้ำมีการผสมผสานกันดี) ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องสูบน้ำดูดน้ำจากระดับความลึกดังกล่าวขึ้นมาบนเรือ และสูมนับจำนวนเซลล์ *N. scintillans* ทันที ด้วยตาเปล่าในน้ำที่ทราบปริมาตรโดยศึกษา 3 ซ้ำ

1.5 การศึกษานาเซลล์ของประชากร *Noctiluca scintillans*

เก็บตัวอย่างน้ำที่มีเซลล์ *N. scintillans* บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ในทุกสถานีที่พบเซลล์ *N. scintillans* โดยเก็บตัวอย่างเซลล์ ใส่ถุงน้ำขนาด 5 ลิตร นำกลับมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ สุ่มเซลล์จำนวนอย่างน้อย 100 เซลล์ตรวจสอบขนาดเซลล์ในแต่ละสถานีภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง เพื่อทราบช่วงความผันแปรของขนาดเซลล์ในแต่ละครั้ง

1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลการแพร่กระจายของ *Noctiluca scintillans*

1.6.1 Contour map ของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของประชากร

นำข้อมูลความหนาแน่นของเซลล์จากการเก็บตัวอย่างภาคสนามในแต่ละสถานี 3 ชั่วโมงมาหาค่าเฉลี่ยให้ได้ตัวแทนความหนาแน่นของเซลล์ *N. scintillans* ในแต่ละสถานี แยกเป็นบริเวณผิวน้ำ และบริเวณพื้นท้องน้ำ หลังจากนั้นนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบของ contour map เพื่อแสดงการแพร่กระจายของความหนาแน่นของเซลล์ *N. scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

1.6.2 การเปรียบเทียบการแพร่กระจายตามฤดูกาลของ *Noctiluca scintillans*

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของ *N. scintillans* โดยเปรียบเทียบข้อมูลการแพร่กระจายของความหนาแน่นของประชากร *N. scintillans* ในทุกสถานี ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในแต่ละฤดูกาล และใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นตามฤดูกาลต่าง ๆ

1.6.3 Histogram ของขนาดเซลล์ *Noctiluca scintillans*

นำข้อมูลขนาดเซลล์ที่พบในแต่ละฤดูกาลมาทำกราฟความถี่ที่พบ โดยคิดเป็นค่าร้อยละ หลังจากนั้นนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบของกราฟ Histogram เพื่อแสดงความผันแปรของจำนวนในแต่ละขนาดของเซลล์ *N. scintillans* และใช้พิจารณาการเกิดเซลล์ขนาดเล็ก ณ เวลาต่าง ๆ เปรียบเทียบกัน

1.6.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประชากร *N. scintillans* กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประชากร *N. scintillans* กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่ศึกษา โดยใช้หลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation analysis) ในรูปแบบของพารามетริก (Parametric procedure) และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป SPSS (version 11.5)

2. การวิเคราะห์ระดับคลอโรฟิลล์ เอ ของ *Noctiluca scintillans*

ในการศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ระดับคลอโรฟิลล์ เอ ของ *N. scintillans* โดยใช้แนวทาง 2 แบบ คือ 1) การประเมินจากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ภายในเซลล์ของ *N. scintillans* โดยรวม และ 2) การประเมินจากคลอโรฟิลล์ เอ ของ *Pedinomonas noctilucae* ที่มีชีวิตภายในเซลล์ของ *N. scintillans* โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

2.1 การเก็บตัวอย่างเซลล์ *Noctiluca scintillans*

เก็บตัวอย่างน้ำที่มีเซลล์ *N. scintillans* บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ในทุกสถานที่พบเซลล์ *N. scintillans* โดยเก็บตัวอย่างเซลล์มีชีวิต ใส่ถุงน้ำขนาด 5 ลิตร นำกลับมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

2.2.1 ระดับคลอโรฟิลล์ เอ รวมจากภายในเซลล์ของ *N. scintillans*

นำเซลล์ *N. scintillans* ในแต่ละสถานีมาทำการแยกขนาดภายใต้กล้อง Stereo microscope ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เซลล์ขนาดเล็ก (ขนาด < 300 ไมโครเมตร) และเซลล์ขนาดกลาง-ใหญ่ (ขนาดตั้งแต่ 300 ไมโครเมตรขึ้นไป) ใส่ลงในหลอดทดลองที่บรรจุน้ำทะเลที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษ GF/C หลอดละ 50 เซลล์ หลังจากนั้น นำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยวิธี Fluorometric method อีกส่วนหนึ่งนำมาสุ่มเซลล์จำนวนอย่างน้อย 100 เซลล์ นำมา

ตรวจสอบขนาดเซลล์ในแต่ละสถานีภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง เพื่อทราบช่วงความผันแปรของขนาดเซลล์ในแต่ละสถานี

2.2.2 ระดับคลอโรฟิลล์ เอ จากเซลล์ของ *Pedinomonas noctilucae*

นำเซลล์ *N. scintillans* มาทำการแยกเซลล์ *P. noctilucae* ด้วยการกรองผ่านผ้ากรองขนาด 10 ไมโครเมตร และสับจำนวน *P. noctilucae* ด้วย Haemocytometer เพื่อทราบจำนวนเซลล์ของ *P. noctilucae* ก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยใส่ลงในน้ำทะเลที่ทราบปริมาตรซึ่งผ่านการกรองด้วยกระดาษ GF/C (Whatman) แล้ว หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยวิธี Spectrophotometric method (Parson *et al.*, 1987)

2.3 การนับจำนวนเซลล์ *Pedinomonas noctilucae* ภายในเซลล์ *Noctiluca scintillans*

กลุ่มตัวอย่างเซลล์ *N. scintillans* นำมาวัดขนาดด้วย micrometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง และแยก *P. noctilucae* ด้วย pipette ใส่ในหลอดขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุน้ำทะเลปริมาตร 1 มิลลิเมตร ที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษ GF/F (Whatman) แล้ว และสับจำนวน *P. noctilucae* ด้วย Haemocytometer ทั้งหมด 3 ซ้ำ จากตัวอย่างเซลล์ *N. scintillans* 1 เซลล์ ใช้ *N. scintillans* จำนวน 61 เซลล์ในการศึกษา

2.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเซลล์ กับจำนวน *Pedinomonas noctilucae*

นำข้อมูลขนาดเซลล์ของ *N. scintillans* มาหาความสัมพันธ์กับจำนวน *P. noctilucae* ภายในเซลล์ โดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation analysis) ในรูปแบบพารามетริก (Parametric procedure) และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป SPSS (version 11.5) จะได้รูปแบบความสัมพันธ์ของจำนวน *P. noctilucae* ในเซลล์ กับขนาดเซลล์ของ *N. scintillans*

3. การประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน

3.1 การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำ เพื่อทราบปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในมวลน้ำ โดยทำการศึกษาทั้งหมด 15 สถานี ในแต่ละสถานีทำการเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 0.5 เมตร จากผิวน้ำ และเหนือพื้นท้องน้ำ 0.5 เมตร โดยใช้กระบอกเก็บน้ำในการเก็บตัวอย่างน้ำ หลังจากนั้นกรองน้ำที่ผ่านผ่านชุดกรอง (Filter set) ที่มีกระดาษกรอง GF/F (Whatman) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร บรรจุอยู่ เก็บน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองไว้ในหลอดเก็บตัวอย่างขนาด 10 มิลลิลิตร แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำกลับมายังห้องปฏิบัติการ เก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารอัตโนมัติ (Nutrient Auto-analyzer ของ Skalar)

3.2 การศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไป

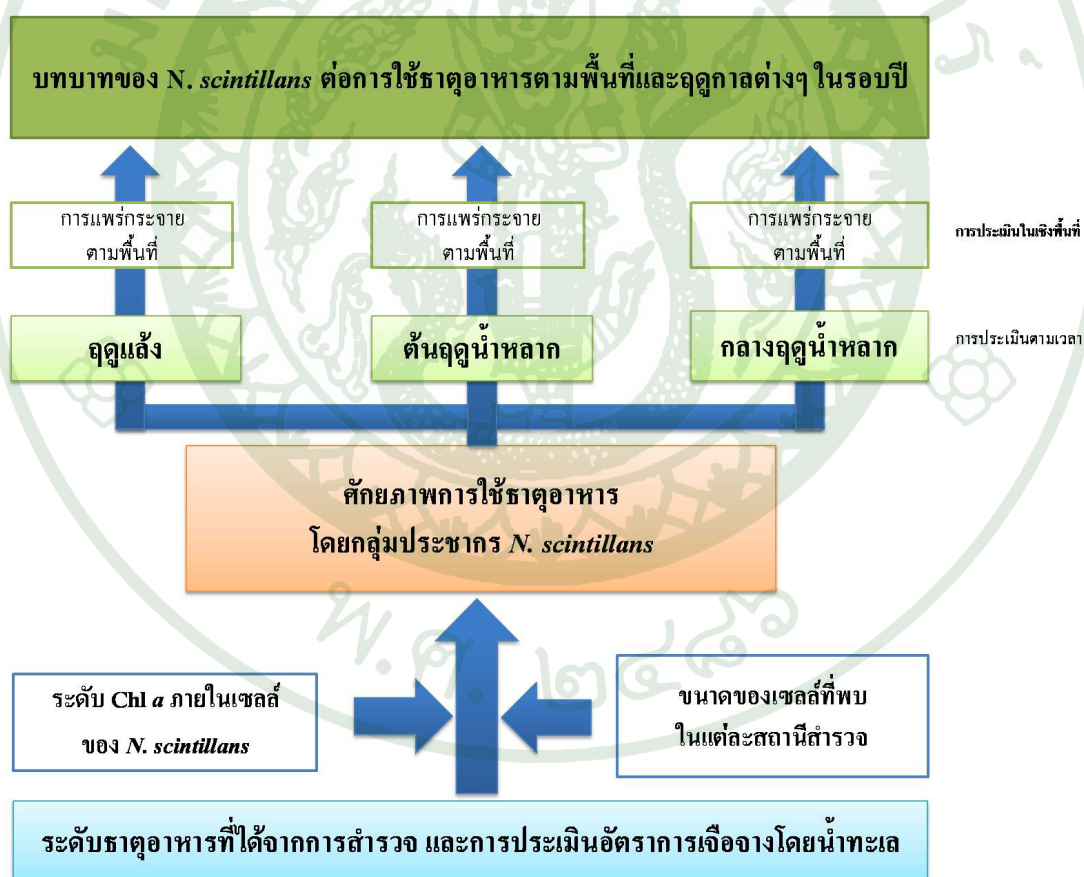
สำรวจคุณภาพน้ำทั้งหมด 15 สถานี เพื่อให้ได้ข้อมูลที่บอกถึงสถานภาพของแหล่งน้ำ ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง โดยทำการศึกษาที่ 2 ระดับความลึกที่มีการสุ่มตัวอย่างเซลล์ *N. scintillans* โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร (Multi Parameter Water Quality Monitor รุ่น 6600) ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ วัดความลึกด้วยเครื่องวัดความลึก (Depth Meter-VA 22066 USA) วัดความโปร่งแสงด้วยอุปกรณ์วัดความโปร่งแสง (Secchi disc)

3.3 การประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน

จากการศึกษาองค์ประกอบด้านระดับของคลอโรฟิลล์ เอ ของ *N. scintillans* ในแต่ละขนาดของเซลล์นั้นและข้อมูลความหนาแน่นของประชากรในแต่ละสถานี จะทำให้ทราบถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ รวมทั้งเกิดขึ้นจากประชากรของ *N. scintillans* ในแต่ละสถานีได้ ซึ่งทั้งนี้จะนำไปสู่

การประเมินโอกาสและ/หรือศักยภาพในการใช้ธาตุอาหารของประชากร *N. scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนตามฤดูกาล ดังกรอบแนวคิดที่แสดงใน ภาพที่ 7

ในการศึกษานี้เราสามารถนำมาประเมินระดับธาตุอาหารที่ถูกใช้โดย *N. scintillans* แยกจากการที่ธาตุอาหารถูกเจือจางโดยการขึ้นลงของน้ำทะเล โดยใช้หลักการหารระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารหลังจากการถูกเจือจางโดยน้ำทะเลออกมาก่อน โดยประเมินจากสูตรประเมินความเข้มข้นของสารผสม ($C_{\text{Mix}} V_{\text{Mix}} = C_1 V_1 + C_2 V_2$) และใช้ข้อมูลความเต็ม ณ ตำแหน่งนั้น ๆ เป็นค่าพิจารณา นอกจากนี้ ได้ทำการประเมินศักยภาพของประชากร *N. scintillans* ในฤดูกาลต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลด้านความหนาแน่นของประชากร *N. scintillans* และพื้นที่ (ขอบเขตการแพร่กระจาย) เข้มผวกกันตามขั้นตอนดังแสดงใน ภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การประเมินบทบาทของ *N. scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหาร
ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

3.3.1 การประเมินสัดส่วนของการผสมผสานโดยน้ำทะเลจากค่าความเค็มที่ปรากฏ

ความเค็ม ณ สถานีศึกษานั้นเกิดจากการผสมผสานระหว่างปริมาณน้ำจืดและน้ำทะเลด้วยอัตราส่วนหนึ่ง ๆ ซึ่งอัตราการผสมผสานโดยน้ำทะเลในแต่ละสถานีจะนำไปประเมินระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุอาหารจากกระบวนการผสมผสานกับน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว โดยในครั้งนี้เป็นการประเมินอัตราการผสมผสานจากสถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด สามารถคำนวณโดยใช้โดยใช้หลักการผสมของสาร จากข้อมูลความเค็ม ณ สถานีนั้น ๆ และความเค็ม ณ สถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด ซึ่งกำหนดให้ความเค็มของน้ำทะเลที่เข้ามาผสมในพื้นที่ปากแม่น้ำมีค่าเท่ากับ 31.5 psu (เป็นค่าความเค็มของน้ำทะเลบริเวณตอนนอกของปากแม่น้ำท่าจีนซึ่งห่างจากสถานีออกสุด ในการศึกษาครั้งนี้ประมาณ 11 กิโลเมตร; Buranapratheprat *et al.*, 2010) โดยจะได้สูตรคำนวณอัตราผสมผสานโดยน้ำทะเล (D_{SW}) ตามลำดับขั้นดังนี้

$$D_{SW} = \frac{V_{SW}}{V_{Nutrient\ Max}} \quad (1)$$

แทนค่าในสมการ (1) ดังนี้

$$\begin{aligned} D_{SW} &= \text{อัตราการผสมผสานกับน้ำทะเล} \\ V_{SW} &= \text{ปริมาตรน้ำทะเล (ลูกบาศก์เมตร)} \\ V_{Nutrient\ Max} &= \text{ปริมาตรน้ำ ณ สถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร)} \end{aligned}$$

$$V_{Nutrient\ Max} = \frac{V_{SW}(Sal_{SW} - Sal_{Obs})}{(Sal_{Obs} - Sal_{Nutrient\ Max})} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} V_{Nutrient\ Max} &= \text{ปริมาตรน้ำ ณ สถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร)} \\ V_{SW} &= \text{ปริมาตรน้ำทะเล (ลูกบาศก์เมตร)} \\ Sal_{Nutrient\ Max} &= \text{ความเค็ม ณ สถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด (psu)} \\ Sal_{SW} &= \text{ความเค็มของน้ำทะเล (psu) เท่ากับ 31.5 psu} \\ Sal_{Obs} &= \text{ความเค็ม ณ สถานีศึกษา (psu)} \end{aligned}$$

เมื่อแทนสมการ (2) ใน (1) จะได้สมการดังนี้

$$D_{SW} = \frac{Sal_{Obs} - Sal_{Nutrient Max}}{Sal_{SW} - Sal_{Obs}} \quad (3)$$

- D_{SW} = อัตราการผสมผสานกับน้ำทะเล
 Sal_{SW} = ความเค็มของน้ำทะเล (psu) เท่ากับ 31.5 psu
 Sal_{Obs} = ความเค็ม ณ สถานีศึกษา (psu)
 $Sal_{Nutrient Max}$ = ความเค็ม ณ สถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด (psu)

3.5.2 การประเมินระดับความเข้มข้นของแร่ธาตุอาหารจากกระบวนการผสมผสานกับน้ำทะเล

การประเมินโอกาสการใช้ธาตุอาหารในสถานีศึกษา จำเป็นจะต้องทราบถึงระดับธาตุอาหารจากกระบวนการผสมผสานน้ำทะเล ณ สถานีนั้น ๆ ซึ่งใช้ข้อมูลจากสถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุดในแต่ละครั้งที่ศึกษา และปริมาณธาตุอาหารของน้ำทะเลบริเวณตอนนอกของปากแม่น้ำท่าจีน โดยในครั้งนี้ได้อ้างอิงจากการศึกษาของของ Buranapratheprat *et al.* (2010) ซึ่งไนโตรเจนละลายน้ำ และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 1.5 ไมโครโมลาร์ ส่วนซิลิเกต-ซิลิคอน มีค่าเท่ากับ 25 ไมโครโมลาร์ ในการประเมินระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารจากกระบวนการผสมผสานกับน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว (C_{Est}) โดยใช้หลักการประเมินความเข้มข้นของสารผสมเช่นเดียวกับการคำนวณอัตราการเจือจางโดยน้ำทะเลดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังสมการ

$$C_{Est} = \frac{C_{Nutrient Max} V_{Nutrient Max} + C_{SW} V_{SW}}{V_{Nutrient Max} + V_{SW}} \quad (4)$$

- โดยที่ C_{Est} = ระดับธาตุอาหารจากการผสมผสานกับน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว (ไมโครโมลาร์)
 $C_{Nutrient Max}$ = ความเข้มข้นธาตุอาหาร ณ สถานีที่มีธาตุอาหารสูงสุด (ไมโครโมลาร์)
 C_{SW} = ความเข้มข้นธาตุอาหารของน้ำทะเล เท่ากับ
- | | | |
|-----------------------|------|-------------|
| ไนโตรเจนละลายน้ำ | 1.5 | ไมโครโมลาร์ |
| ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส | 1.5 | ไมโครโมลาร์ |
| ซิลิเกต-ซิลิคอน | 25.0 | ไมโครโมลาร์ |

V_{SW} = ปริมาณน้ำทะเล (ลูกบาศก์เมตร)

$V_{Nutrient\ Max}$ = ปริมาณน้ำ ณ สถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร)

เมื่อแทนค่าปริมาณน้ำ ณ สถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด ($V_{Nutrient\ Max}$) จากสมการ (2) ใน (4) จะได้สมการ ดังนี้

$$C_{Est} = \frac{C_{Nutrient\ Max}(Sal_{SW}-Sal_{Obs}) + C_{SW}(Sal_{Obs}-Sal_{Nutrient\ Max})}{Sal_{SW}-Sal_{Nutrient\ Max}} \quad (5)$$

C_{Est} = ระดับธาตุอาหารจากผสมผสานกับน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว (ไมโครโมลาร์)

$C_{Nutrient\ Max}$ = ความเข้มข้นธาตุอาหาร ณ สถานีที่มีธาตุอาหารสูงสุด (ไมโครโมลาร์)

C_{SW} = ความเข้มข้นธาตุอาหารของน้ำทะเล เท่ากับ

ไนโตรเจนละลายน้ำ	1.5	ไมโครโมลาร์
ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส	1.5	ไมโครโมลาร์
ซิลิเกต-ซิลิคอน	25.0	ไมโครโมลาร์

$Sal_{Nutrient\ Max}$ = ความเค็ม ณ สถานีที่มีระดับธาตุอาหารสูงสุด (psu)

Sal_{SW} = ความเค็มของน้ำทะเล (psu) เท่ากับ 31.5 psu

Sal_{Obs} = ความเค็ม ณ สถานีศึกษา (psu)

3.5.3 การประเมินโอกาสในการใช้แร่ธาตุอาหารของแพลงก์ตอนพืชรวม

การประเมินโอกาสที่ธาตุอาหารจะถูกนำไปใช้โดย *N. scintillans* นั้น ต้องทราบโอกาสการใช้ธาตุอาหารโดยแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (%Uptake rate_{pl}) เสียก่อน โดยใช้ระดับธาตุอาหารที่มาจากกระบวนการผสมผสานกับน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว (C_{Est}) ที่ประเมินจาก 3.5.2 และข้อมูลธาตุอาหารที่ตรวจพบในสถานีศึกษา (C_{Obs}) ในการประเมิน ดังสมการ

$$\%Uptake\ rate_{pl} = \frac{C_{Est}-C_{Obs}}{C_{Est}} \times 100 \quad (6)$$

โดยที่ $\%Uptake_{rate_{PI}}$ = ร้อยละโอกาสการใช้ธาตุอาหารโดยแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด
 C_{EST} = ระดับธาตุอาหารจากกระบวนการผสมผสานกับน้ำทะเลเพียงอย่างเดียว (ไมโครโมลาร์)
 C_{Obs} = ระดับธาตุอาหารที่ตรวจวัดได้ ณ สถานีศึกษา (ไมโครโมลาร์)

3.5.4 การประเมินโอกาสในการใช้แร่ธาตุอาหารโดยประชากร *Noctiluca scintillans*

การประเมินการใช้ธาตุอาหารโดย *N. scintillans* นั้นจะทำการประเมินจากสัดส่วนของคลอโรฟิลล์ เอ ที่มาจากเซลล์ *N. scintillans* จากระดับคลอโรฟิลล์ เอ ทั้งหมดที่ตรวจวัดได้ ณ สถานีศึกษา แต่เนื่องจากคลอโรฟิลล์ เอ ที่มีศักยภาพในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างพลังงานในการนำธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์ และนำไปใช้จริงคือ คลอโรฟิลล์ เอ ที่มาจากเซลล์ที่มีชีวิตของ *P. noctilucae* ในครั้งนี้เราจึงใช้ข้อมูลของคลอโรฟิลล์ เอ ที่มาจากเซลล์ *P. noctilucae* นำมาประเมินระดับธาตุอาหารที่ถูกใช้โดย *N. scintillans* ดังสมการ

$$\%Uptake_{Noc} = \frac{\%Chl\ a_{Noc} \times \%Uptake_{rate_{PI}}}{100} \quad (7)$$

โดยที่ $\%Uptake_{Noc}$ = ร้อยละของโอกาสการใช้ธาตุอาหารโดย *N. scintillans* ณ สถานีศึกษา
 $\%Uptake_{rate_{PI}}$ = ร้อยละของโอกาสการใช้ธาตุอาหารโดยแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด
 $\%Chl\ a_{Noc}$ = ร้อยละของคลอโรฟิลล์ เอ จาก *N. scintillans*

$$\%Chl\ a_{Noc} = \frac{(Chl\ a_{Ped} \times D_{Ped}) \times D_{Noc}}{Chl\ a_{Obs}} \quad (8)$$

$Chl\ a_{Ped}$ = คลอโรฟิลล์ เอ ของ *P. noctilucae* (ไมโครกรัมต่อลิตร)
 $Chl\ a_{Obs}$ = คลอโรฟิลล์ เอ ณ สถานีศึกษา (ไมโครกรัมต่อลิตร)
 D_{Ped} = ความหนาแน่นของ *P. noctilucae* ในเซลล์ *N. scintillans* (เซลล์ต่อ *N. scintillans* 1 เซลล์)

D_{Noc} = ความหนาแน่นของเซลล์ *N. scintillans* ณ สถานีศึกษา
(เซลล์ต่อลิตร)



ผลและวิจารณ์

1. การแพร่กระจายของ *Noctiluca scintillans* ตามพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

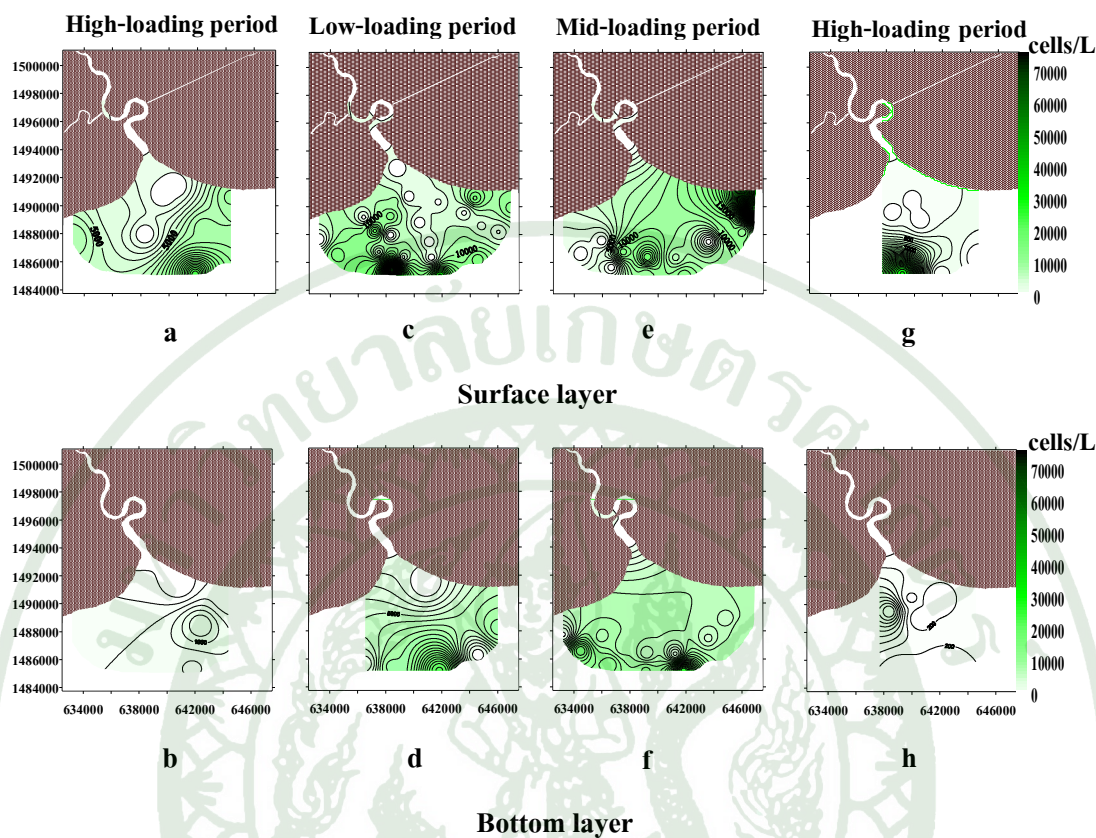
การแพร่กระจายของ *N. scintillans* บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่และฤดูกาล ดังนี้

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

N. scintillans มีความหนาแน่นเซลล์ 0-72,333 เซลล์ต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0-72,333 และ 0-21,333 เซลล์ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $11,488 \pm 20,180$ และ $6,116 \pm 7,907$ เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ในสถานี TN27 พบ *N. scintillans* มีความหนาแน่นสูงสุดในครั้งนี้ และต่ำสุดในสถานี TN13 ซึ่งมีความหนาแน่นเพียง 50 เซลล์ต่อลิตร โดยไม่พบ *N. scintillans* ในสถานีที่อยู่ในตัวลำนํ้า และแนวร่องน้ำในบางพื้นที่ การแพร่กระจายมีแนวโน้มหนาแน่นในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำเป็นอย่างมาก และพบว่าพื้นที่ในฝั่งตะวันตกมีความหนาแน่นสูงกว่าในฝั่งตะวันออก ส่วนการแพร่กระจายตามแนวดิ่งนั้นพบว่าที่ระดับผิวน้ำมีความหนาแน่นสูงกว่าที่ระดับน้ำด้านล่าง ซึ่งมีรูปแบบการแพร่กระจายเช่นเดียวกับที่ระดับผิวน้ำ

ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

N. scintillans มีความหนาแน่นเซลล์ 0-27,333 เซลล์ต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0-11,667 และ 0-2,600 เซลล์ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $5,288 \pm 5,034$ และ $8,096 \pm 8,667$ เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งในสถานี TN26 มีความหนาแน่นสูงสุดในครั้งนี้ โดยที่ระดับน้ำ 3 เมตรมีความหนาแน่นมากกว่าที่ระดับผิวน้ำในสถานียังกล่าว และสถานีอื่น ๆ ส่วนในพื้นที่ตัวลำนํ้าไม่พบการแพร่กระจายของเซลล์ *N. scintillans* การแพร่กระจายมีแนวโน้มหนาแน่นในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ เช่นเดียวกันทุกระดับความลึก



ภาพที่ 8 การแพร่กระจายของเซลล์ *Noctiluca scintillans* (เซลล์ต่อลิตร) ตามฤดูกาลปี 2552-2553 (เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h))

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

N. scintillans มีความหนาแน่นเซลล์ 0-3,333 เซลล์ต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0-3,333 และ 0-200 เซลล์ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $584 \pm 1,348$ และ 84 ± 90 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ในสถานี TN27 มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุด โดยที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน (5 เมตร) ไม่พบเซลล์ *N. scintillans* แต่ในสถานี TN25 และ TN26 ยังคงพบการแพร่กระจายของเซลล์ในระดับดังกล่าวอยู่ อาจจะเนื่องจากอุณหภูมิและความเค็มที่สูงกว่าสองสถานีดังกล่าว และพบว่ามีระดับธาตุอาหารต่ำกว่าเล็กน้อย แต่พบคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่าในสถานี TN25 และ TN26 จึงอาจเป็นไปได้ว่ามีแพลงก์ตอนชนิดอื่นแพร่กระจายอยู่ เนื่องจากในครั้งนี้พบเซลล์ *N. scintillans* น้อยกว่าในครั้งอื่น ๆ มาก

การแพร่กระจายของเซลล์ *N. scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในปี 2552-2553 มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0-72,333 เซลล์ต่อลิตร โดยในพื้นที่ตัวลำนํ้าด้านในไม่พบการแพร่กระจายของเซลล์ *N. scintillans* แต่จากการสังเกตในช่วงฤดูแล้งนั้นพบว่าช่วงเวลานํ้าขึ้นสูงสุดนั้นสามารถพบเซลล์ *N. scintillans* ในสถานีตอนในของลำนํ้าได้ โดยในช่วงฤดูแล้งพบความหนาแน่นสูงถึง 1,667 เซลล์ต่อลิตร นั้นแสดงถึงอิทธิพลของนํ้าขึ้น-ลง มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการแพร่กระจายของเซลล์ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน เนื่องจากในช่วงนํ้าลงจะได้รับอิทธิพลจากนํ้าจืดค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นเสมือนแรงดันการพัดพาเซลล์เข้าไปในพื้นที่ดังกล่าว เซลล์จึงมักถูกผลักดันออกไปในพื้นที่ตอนนอก ประกอบกับในพื้นที่มีตะกอนขุ่น เป็นอุปสรรคในการสังเคราะห์ด้วยแสงแม้จะมีธาตุอาหารอยู่ในระดับสูงมากก็ตาม ก็ไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญของ *N. scintillans*

ตลอดช่วงการศึกษาพบว่าในช่วงฤดูแล้งมีความหนาแน่นของเซลล์ *N. scintillans* สูงสุด ในสถานี TN27 และในสถานีตอนนอก รองลงมาคือในช่วงต้นฤดูนํ้าหลากและพบความหนาแน่นต่ำในช่วงฤดูนํ้าหลาก ซึ่งในปี 2553 มีความหนาแน่นน้อยกว่าในปี 2552 รูปแบบการแพร่กระจายแตกต่างกันในแต่ละครั้งที่ศึกษา แต่จะพบความหนาแน่นของเซลล์สูงในพื้นที่ด้านนอกสุดของการศึกษาเสมอ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าในพื้นที่ตอนนอกนี้น่าจะเป็นแหล่งกำเนิดของ *N. scintillans* ที่แพร่กระจายในพื้นที่ปากแม่น้ำทั้งหมด หรืออาจเป็นไปได้ว่าเซลล์ *N. scintillans* ถูกกระแสนํ้าพัดพารวมตัวกันในบริเวณนี้

เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษายบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนและชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาครระหว่างปี 2546-2551 ซึ่งพบว่าบริเวณปากแม่น้ำ *N. scintillans* มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 225-72,695 เซลล์ต่อลิตร ในฝั่งตะวันตกพบความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 840-8,708 เซลล์ต่อลิตรและฝั่งตะวันออก (ด้านที่ติดกับบางขุนเทียน) พบความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 280-39,600 เซลล์ต่อลิตร ซึ่งในรายงานได้ระบุว่า *N. scintillans* เป็นแพลงก์ตอนที่เป็สาเหตุหลักของปรากฏการณ์นํ้าทะเลเปลี่ยนสีในบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาครเป็นประจำ (อัจฉราภรณ์; 2552 อ้างถึงรวมทรัพย์, 2549; ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบเซลล์ *N. scintillans* ในทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง แต่จะมีความผันแปรของความหนาแน่นแตกต่างกันไป ส่วนการศึกษาของอัจฉราภรณ์ (2552) ในพื้นที่ชายฝั่งบ้านกระเช้าขาว จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งใกล้กับสถานี TN30 ในการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงเดือนมิถุนายน 2550-พฤษภาคม 2551 พบเซลล์ *N. scintillans* หนาแน่นตั้งแต่ 877-33,470 เซลล์ต่อลิตร ซึ่งพบว่า *N. scintillans* ไม่ได้มีการ

แพร่กระจายตลอดทั้งปีในบริเวณนี้ โดยมีความหนาแน่นสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบ *N. scintillans* หนาแน่นในช่วงฤดูแล้งเช่นเดียวกัน

สำหรับพื้นที่อื่น ๆ ในอ่าวไทยตอนบนมีรายงานพบเซลล์ *N. scintillans* ในพื้นที่ ชายฝั่ง จังหวัดสมุทรสงคราม พบความหนาแน่น 1,013-5,433 เซลล์ต่อลิตร ในปี 2546-2547 (รวมทรัพย์, 2549) และ 411-12,669 เซลล์ต่อลิตร ในปี 2550-2551 (อจรรักษ์, 2552) ส่วนในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย มีรายงานในบริเวณอ่างศิลาในปี 2545-2546 พบ *N. scintillans* มีความหนาแน่นตั้งแต่ 91-18,733 เซลล์ต่อลิตร (Sriwoon, 2006)

2. การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำตามพื้นที่ และฤดูกาล

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาเดือนพฤศจิกายน 2552-2553 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง (เมษายน 2553) ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553) และกลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2552 และ 2553) และศึกษาความผันแปรในช่วงฤดูกาลเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำที่สำรวจในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ในช่วงปี 2552-2553

Season	High-loading period	Low-loading period	Midium loading period	High-loading period
Parameters	16 Nov 09	19 Apr 10	5 Aug 10	5 Nov 10
Water temperature (C)	29.24-32.01	30.50-33.40	29.82-31.28	26.04-28.12
Salinity (psu)	0.80-26.58	14.11-28.39	0.94-27.83	0.32-26.66
DO(mg/L)	0.88-9.20	0.50-12.01	0.62-5.28	0.09-9.63
pH	6.82-7.97	8.09-8.88	8.01-8.75	6.71-8.31
NH ₄ ⁺ -N (μM)	11.82-61.49	6.05-75.60	14.74-74.84	21.32-68.06
NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻ -N (μM)	0.29-6.25	0.08-8.01	0.16-1.11	2.89-12.18
Si(OH) ₄ (μM)	32.19-102.45	29.98-83.94	39.20-104.70	39.72-68.01
PO ₄ ³⁻ -P (μM)	0.64-6.43	0.10-13.79	0.20-20.09	1.52-6.89
Chlorophyll <i>a</i> (μg /L)	7.63-166.88	5.34-200.25	2.67-40.05	0.56-14.24
Cell density (cells/L)	0-2,4000	0-72,333	0-27,333	0-3,333

2.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

2.1.1 อุณหภูมิ

จากการศึกษาอุณหภูมิในน้ำในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน พบว่าอุณหภูมิในบริเวณปากแม่น้ำมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ ดังนี้

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

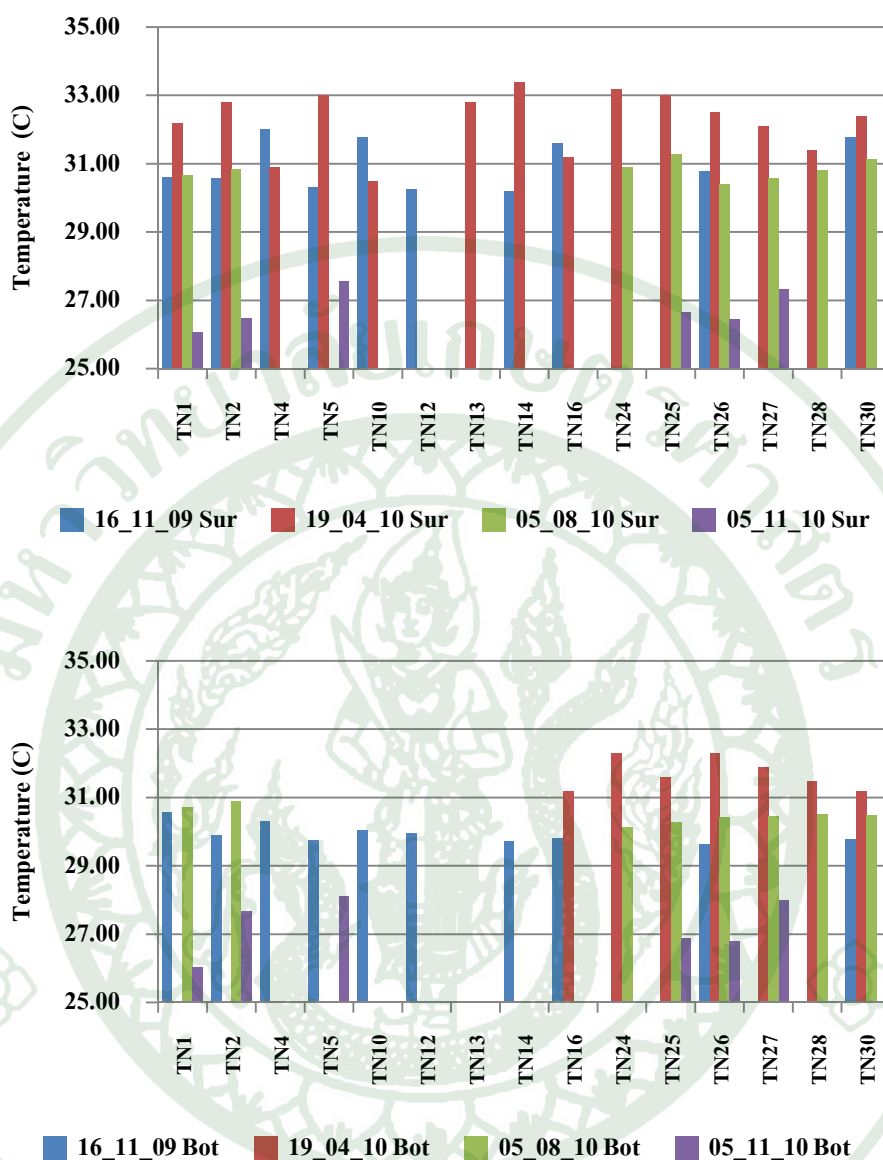
อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30.50-33.40 องศาเซลเซียส โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30.50-33.40 และ 31.2-32.30 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.24 ± 0.91 และ 31.71 ± 0.47 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าในแต่ละระดับความลึกอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกัน

ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 29.82-31.28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30.41-31.28 และ 30.14-30.91 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.83 ± 0.28 และ 30.49 ± 0.24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในความลึกทั้งสองระดับ

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 29.24-32.01 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนอุณหภูมิอยู่ในช่วง 26.07-27.77 และ 26.05-28.12 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.00 ± 0.61 และ 27.37 ± 0.74 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



ภาพที่ 9 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่ท้องน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนปี 2552-2553

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิในระยะเวลาที่ศึกษาตามฤดูกาลแล้ว พบว่าในช่วงฤดูแล้งอุณหภูมิมีค่าสูงกว่าในฤดูกาลอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับผิวน้ำ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดถึง 33.50 องศาเซลเซียส เมื่อเข้าสู่ช่วงกลางต้นฤดูน้ำหลากอุณหภูมิในบริเวณนี้ได้ลดระดับลงมา จนถึงในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2553 พบว่า อุณหภูมิลดลงต่ำสุดถึง 26.04 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงฤดูน้ำหลากปี 2552 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย One-way ANOVA

แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีความผันแปรตามฤดูกาล โดยอุณหภูมิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

สำหรับในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนนั้น อุณหภูมิได้รับอิทธิพลหลักมาจากอุณหภูมิ
ของอากาศ โดยในช่วงเดือนเมษายน 2553 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีค่าถึง 37.4 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้อากาศร้อนที่สุดตั้งแต่มีการบันทึกข้อมูลมา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553) และในแต่ละฤดูกาลพบว่ามี
ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศอย่างชัดเจน รวมถึงระดับความลึกของน้ำที่มีความแตกต่างกันใน
แต่ละครั้งที่ศึกษา โดยในเดือนเมษายนนั้นระดับน้ำในแต่ละสถานีต่ำกว่าครั้งอื่น ๆ เช่นในสถานี
TN14 ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดในการศึกษารอบนี้ พบว่าระดับน้ำมีความลึกเพียง 0.8 เมตรในสถานี
ดังกล่าว นอกจากนี้ปริมาณน้ำจืดที่เข้ามาน้อยในปากแม่น้ำน่าจะส่งผลต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นด้วย
เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับไมตรี และ จารุวรรณ (2528) ที่กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำจะ
ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ฤดูกาล ระดับความสูง กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอย และ
สภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ

โดยภาพรวมจากผลการศึกษารอบปี 2552-2553 พบว่าอุณหภูมิในพื้นที่ปาก
แม่น้ำท่าจีนผันแปรอยู่ในช่วง 26.04-33.40 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ ฐิติมา
และคณะ (2552) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 พบว่า มีอุณหภูมิอยู่
ระหว่าง 25.0-33.3 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษารอบนี้ และจากการศึกษาของสำนักงาน
สิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 (2552) ในพื้นที่แม่น้ำท่าจีนตอนล่างปี 2552 บริเวณศาลเจ้าซึ่งเป็นสถานี TN1
ในการศึกษารอบนี้ พบว่าอุณหภูมิมียุทธค่าอยู่ในช่วง 28.1-30.1 องศาเซลเซียส ซึ่งผันแปรน้อยกว่า
อุณหภูมิในการศึกษารอบนี้ (26.05-32.20 องศาเซลเซียส) ที่สถานีเดียวกัน

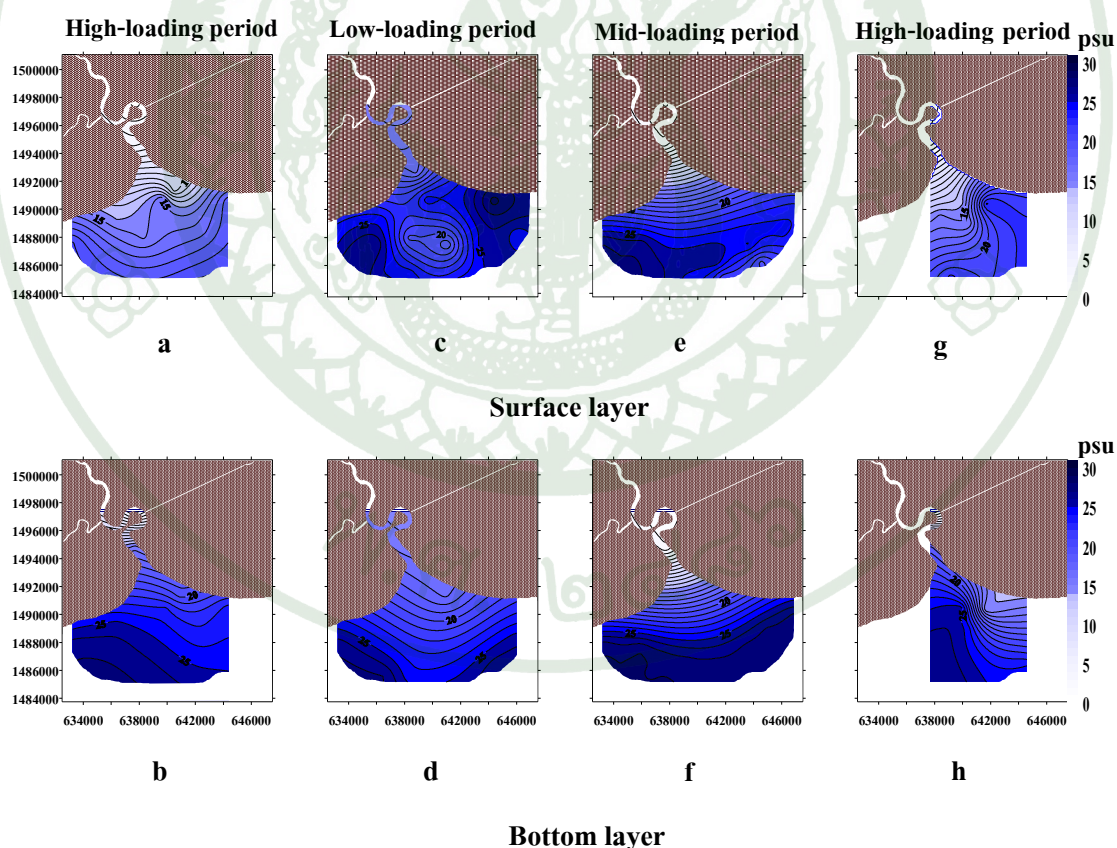
2.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางเคมี

2.2.1 ความเค็ม

ความเค็มเป็นปัจจัยที่มีการผันแปรอย่างมากบริเวณปากแม่น้ำ เนื่องจากได้รับ
อิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำ และปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ปากแม่น้ำ โดยความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำ
ท่าจีนมีความผันแปรดังต่อไปนี้

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

ความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีพิสัยอยู่ในช่วง 14.11-28.93 psu โดยที่ระดับผิวน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 14.11-28.39 psu และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.04 ± 4.40 psu เนื่องจากช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างเป็นช่วงที่น้ำกำลังลง ทำให้โดยส่วนใหญ่แต่ละสถานีมีน้ำลึกไม่ถึง 3 เมตร ยกเว้นในแนวค่านอกสุดซึ่งพบว่าที่ระดับ 2 เมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 14.11-26.95 psu และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.19 ± 5.20 psu ความเค็มในช่วงฤดูแล้งนี้มีค่าสูงมากทั้งพื้นที่ โดยมีค่าต่ำสุดในสถานี TN1 ซึ่งอยู่ในตัวลำนํ้า โดยมีค่าสูงถึง 14.11 psu แสดงว่าอิทธิพลจากน้ำท่ามีน้อยมากในช่วงนี้ แม้ว่าในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างจะเป็นช่วงที่น้ำลงมากก็ตาม อิทธิพลจากปริมาณน้ำท่านี้จะส่งผลให้ความเค็มมีค่าลดลงในสถานีแนวร่องน้ำและสถานีใกล้เคียงมากกว่าสถานีในแนวนอก รวมถึงริมฝั่งด้านตะวันออกและตะวันตก



ภาพที่ 10 การแพร่กระจายของความเค็ม (psu) ตามฤดูกาลปี 2552-2553 เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b), เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f), เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h)

ต้นฤดูน้ำหลาก(สิงหาคม 2553)

ความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีพิสัยอยู่ในช่วง 0.94-27.83 psu โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.94-26.93 และ 0.94-27.83 psu ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 18.34 ± 10.66 และ 21.12 ± 12.09 psu ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบค่าความเค็มต่ำสุดในสถานี TN1 และสูงสุดในสถานีแนวนอกที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสถานี ($\bar{X} = 27.65 \pm 0.12$) โดยจะมีความแตกต่างของความเค็มในบริเวณผิวน้ำ

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

ความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีพิสัยอยู่ในช่วง 0.32-26.66 psu โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.32-22.44 และ 0.35-26.66 psu ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 13.45 ± 10.30 และ 19.96 ± 10.02 psu ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบความเค็มต่ำสุดในสถานี TN1 และมีค่าสูงขึ้นในสถานีตอนนอก โดยมีค่าสูงสุดที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน ณ สถานี TN27

ความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในรอบปี 2552-2553 มีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.80-29.00 psu โดยมีค่าสูงสุดและต่ำสุดในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 แสดงถึงความผันแปรของความเค็มในพื้นที่นี้จะมีสูงในช่วงฤดูกาลดังกล่าว เนื่องจากช่วงฤดูน้ำหลากเป็นช่วงที่พื้นที่ปากแม่น้ำรับมวลน้ำจืดจากลำน้ำท่าจีนสูงกว่าในฤดูอื่น ส่งผลให้ความผันแปรมีสูงตามพื้นที่ โดยพื้นที่ตอนในซึ่งเชื่อมต่อกับตัวลำน้ำย่อมได้รับอิทธิพลจากน้ำจืด ส่งผลให้ความเค็มลดต่ำลงในพื้นที่ตอนในมากกว่าตอนนอกของปากแม่น้ำ ประกอบกับอิทธิพลของน้ำขึ้น-ลง ในรอบวันจึงส่งผลให้มีความแตกต่างของความเค็มที่บริเวณผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน ส่วนในฤดูแล้งจะพบความผันแปรของความเค็มน้อยกว่าในฤดูกาลอื่น เนื่องจากได้รับมวลน้ำจืดน้อย ประมาณ 5.96 ล้านลูกบาศก์เมตร (กรมชลประทาน, 2555)

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของความเค็มในแต่ละฤดูกาลทางสถิติด้วย ด้วย One-way ANOVA พบว่าความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งยืนยันว่าฤดูกาลเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความผันแปรของความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน เนื่องจากในแต่ละฤดูกาลมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัยที่แตกต่างกันอย่าง

ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำท่าซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำอย่างมาก ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

จากผลการศึกษาค่าความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในภาพรวม เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาจากการศึกษาของ จิตติมา และคณะ (2552) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 พบว่าความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 0.7-29.3 psu ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ (0.80-29.00 psu) และจากการศึกษาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 (2552) ในพื้นที่แม่น้ำท่าจีนตอนล่างปี 2552 บริเวณศาลเจ้าซึ่งเป็นสถานี TN1 ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 3.10-14.67 psu ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความเค็มจากการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งตรวจพบความเค็มที่ต่ำกว่าเล็กน้อย (0.80-14.11 psu) ที่สถานีเดียวกัน

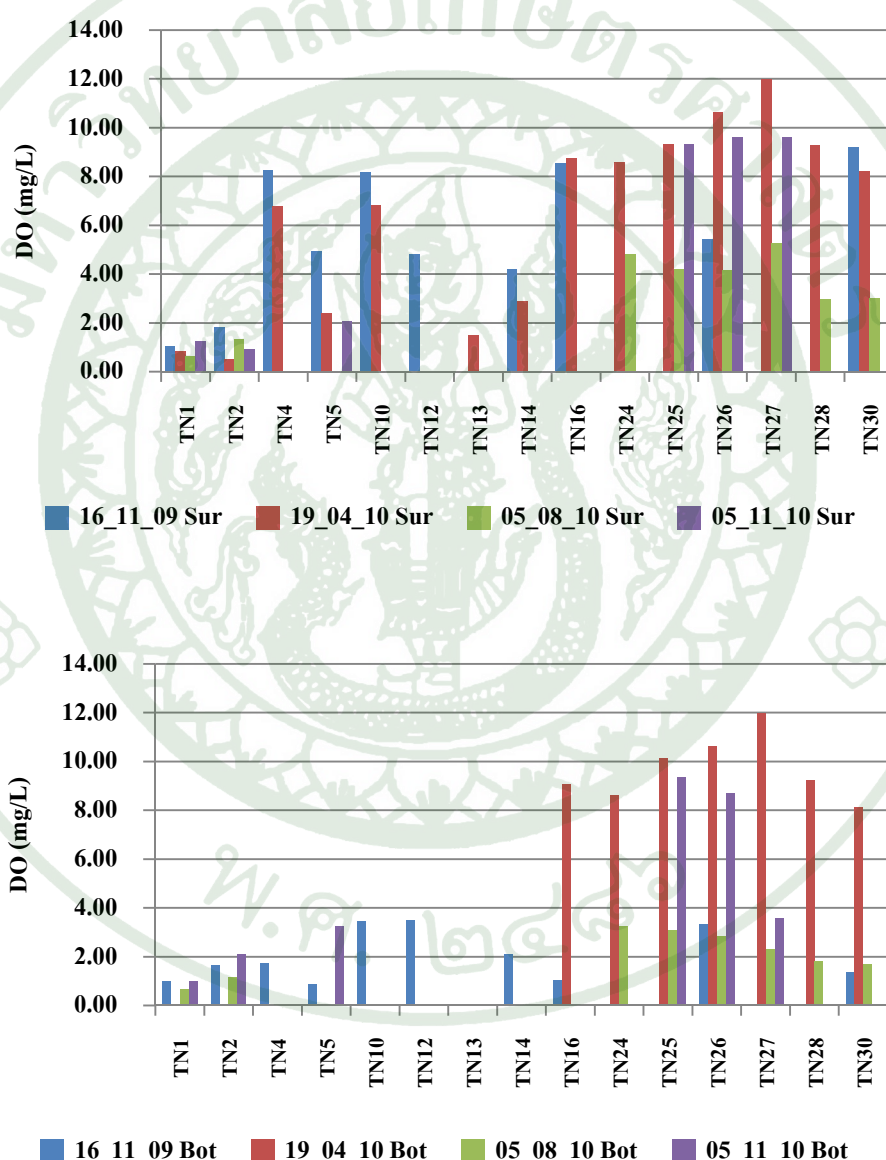
2.2.2 ออกซิเจนละลายน้ำ

ออกซิเจนละลายน้ำถือเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมอันดับแรก ๆ ที่นักวิจัยโดยทั่วไปให้ความสำคัญ เพื่อสำหรับใช้ประเมินสถานภาพของแหล่งน้ำ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในระบบนิเวศจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ออกซิเจนจึงเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำเป็นอย่างมาก และมักจะมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสิ่งมีชีวิตเป็นหลัก จึงเป็นปัจจัยที่สามารถสะท้อนถึงสถานะของระบบและสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้ โดยปริมาณออกซิเจนในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนจากการศึกษาและติดตามในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2552) และฤดูกาลอื่น ๆ ในรอบปี (2552-2553) มีรายละเอียดเป็นดังนี้

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

ค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.50-12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำที่ 2 เมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 0.50-12.01 และ 8.13-11.99 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 6.33 ± 3.91 และ 9.70 ± 1.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในครั้งนี้พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานีแนวบนอกสุด (TN24-TN30) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงจนเกินจุดอิ่มตัวค่อนข้างมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.68 ± 1.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ในพื้นที่ฝั่งตะวันตกในสถานีริมฝั่งก็พบว่ามีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงใกล้เคียงกัน ส่วนในพื้นที่ฝั่งตะวันออก (TN4 และ TN10) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะลดระดับลงมาน้อยกว่าในพื้นที่

ตอนนอกแต่ก็ถือว่าอยู่ในระดับที่สูง โดยมีค่าประมาณ 6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าในตัวลำนํ้าท่าจีนมีปริมาณออกซิเจนต่ำมาก รวมถึงในสถานีร่อนนํ้าและตอนกลางของปากแม่น้ำด้วย (TN5 13 และ TN14) แสดงถึงอิทธิพลของน้ำจืดส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนลดต่ำลงในพื้นที่ปากแม่น้ำ เนื่องจากในแนวร่อนนํ้ามักจะได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ ของปากแม่น้ำ ประกอบกับในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่น้ำลดต่ำสุดของวัน จึงทำให้ได้รับอิทธิพลมากนั่นเอง



ภาพที่ 11 ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นท้องน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในปี 2552-2553

ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

ค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.62-5.28 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำ และระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.62-5.28 และ 0.67-3.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 5.86 ± 2.90 และ 2.11 ± 0.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยออกซิเจนละลายน้ำที่ระดับผิวน้ำมีปริมาณสูงกว่าที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน ซึ่งตรวจพบค่าสูงสุดในสถานี TN27 และต่ำสุดในสถานี TN1 ที่เป็นสถานีในตัวลำนํ้า โดยค่าออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นในพื้นที่แนวนอกของปากแม่น้ำ

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

ค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.09-9.63 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำ และระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.93-9.63 และ 1.0-9.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 5.47 ± 4.46 และ 4.67 ± 3.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยตรวจพบค่าสูงสุดในสถานี TN26 และต่ำสุดในสถานี TN2 ที่ระดับผิวน้ำ ซึ่งเมื่อตรวจวัดตามระดับความลึกพบว่าในสถานี TN2 ออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก แต่ในสถานี TN1 กลับพบว่ามีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก โดยที่ความลึก 10 เมตร ออกซิเจนละลายน้ำลดต่ำลงเหลือเพียง 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจากความลึกในสถานี TN1 มีมากถึง 17 เมตร ส่งผลให้การแพร่ผ่านของออกซิเจนจากอากาศเป็นไปได้ยาก และในระดับน้ำที่มีความลึกมากเช่นนี้ ปริมาณของผู้ผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งแพลงก์ตอนพืชย่อมมีน้อยลงด้วยเช่นกัน แต่ในทางตรงกันข้ามแบคทีเรียที่นำออกซิเจนไปใช้กลับมีมาก เนื่องจากสถานีดังกล่าวมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในระดับที่สูงมากนั่นเอง ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำในพื้นที่ตอนนอกนั้นมีแนวโน้มสูงขึ้นและสูงขึ้นจนเกินจุดอิ่มตัว

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของค่าออกซิเจนละลายน้ำในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนพบว่ามีความผันแปรอยู่ในช่วง 0.09-12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยตรวจพบค่าต่ำสุดในฤดูน้ำหลากปี 2553 และสูงสุดในฤดูแล้ง ซึ่งในช่วงกลางต้นฤดูน้ำหลากค่าออกซิเจนจะมีค่าต่ำกว่าในฤดูกลางแล้ง เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่าในในช่วงกลางต้นฤดูน้ำหลากและฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในภาพรวมออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มในแต่ล้นที่คล้ายคลึงกันโดยจะมีค่าสูงในพื้นที่ตอนนอก

ของปากแม่น้ำรวมถึงสถานีที่อยู่ริมฝั่งทั้งตะวันออกและตะวันตก และพบมีค่าลดลงในพื้นที่ตอนกลางของปากแม่น้ำ ซึ่งตรวจพบค่าต่ำสุดในสถานีที่ตั้งอยู่ในตัวลำน้ำ เนื่องจากอิทธิพลของน้ำจืดส่งผลให้ออกซิเจนลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีสารอินทรีย์สูงดังเช่นสถานี TN1 และ TN2

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ซึ่งที่ระดับผิวน้ำค่าออกซิเจนละลายน้ำผันแปรอยู่ระหว่าง 0.50-12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.61 ± 3.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.09-11.99 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 ± 2.47 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำมีปริมาณออกซิเจนสูงกว่าที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน เนื่องมาจากปัจจัยด้านความลึกที่มากในสถานีตอนใน และพบว่ามวลน้ำที่อยู่ด้านล่างมักจะมีความเค็มมากกว่าซึ่งจะส่งผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำที่ลดลงด้วย และที่สำคัญคือปริมาณของผู้ผลิตขั้นต้น อันได้แก่แพลงก์ตอนพืชนั้นจะพบในบริเวณผิวน้ำมากกว่าที่ระดับน้ำด้านล่าง ทำให้ออกซิเจนบริเวณผิวน้ำมีมากกว่าอย่างชัดเจน

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ วิฑิตมา และคณะ (2552) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 พบว่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0-10.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ (0.09-12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยเนื่องจากสถานีในการเก็บตัวอย่างออกไปในพื้นที่ตอนนอกมากกว่า ซึ่งการศึกษาของ วิฑิตมา และคณะ (2552) ยังยืนยันอีกว่าในสถานีฝั่งตะวันออกและตะวันตกมีค่าออกซิเจนละลายน้ำสูง เนื่องจากเป็นช่วงที่แพลงก์ตอนรวมตัวกันส่งผลให้ออกซิเจนในบริเวณดังกล่าวสูงขึ้น และยังพบว่าในต้นฤดูน้ำหลากจะมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำจืด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ และจากการศึกษาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 (2552) ในพื้นที่แม่น้ำท่าจีนตอนล่างปี 2552 บริเวณศาลเจ้าซึ่งเป็นสถานี TN1 ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.00-6.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้ที่สถานีเดียวกัน (0.62-2.28 มิลลิกรัมต่อลิตร) ส่วนค่าออกซิเจนละลายน้ำจากการสำรวจสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำพื้นฐานพื้นที่ชายฝั่งทั่วประเทศในปี 2552-2553 พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.96-5.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งพบว่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงในเดือนเมษายน (ฤดูแล้ง) และลดต่ำลงในเดือนสิงหาคม (กลางต้นฤดูน้ำหลาก) เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้

2.2.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำที่มีความเค็มดังเช่นปากแม่น้ำท่าจีนแห่งนี้ เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ และยังสามารถสะท้อนอิทธิพลของน้ำจืดในพื้นที่ปากแม่น้ำได้ โดยพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างดังรายละเอียดต่อไปนี้

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

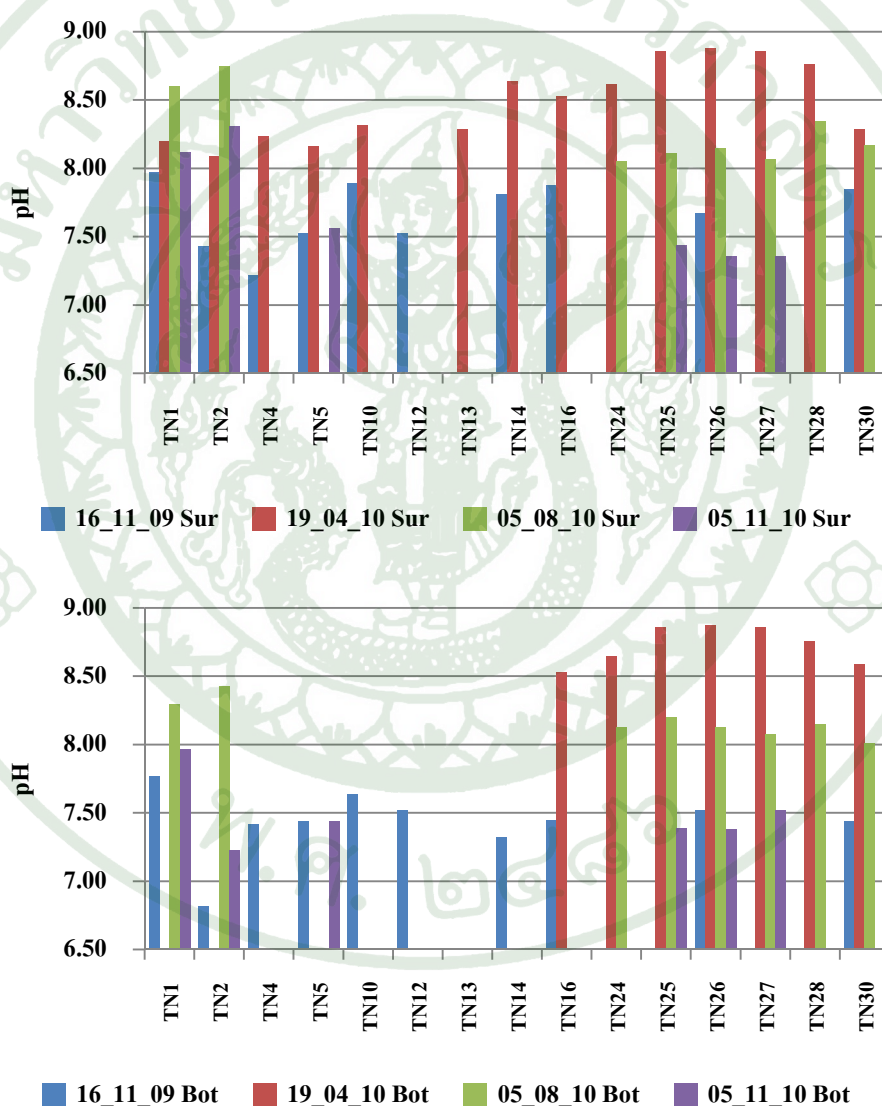
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 8.09-8.88 ซึ่งบริเวณผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่า 8.09-8.88 และ 8.53-8.88 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.48 ± 0.29 และ 8.73 ± 0.14 ตามลำดับ ในสถานีตอนนอกของปากแม่น้ำพบว่ามีความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าในสถานีตอนในเล็กน้อย เนื่องจากพื้นที่ตอนนอกมักพบการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์แสงที่มีมากขึ้นและอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าสูงขึ้นด้วยจากการที่เมตาบอลิซึมสูงขึ้นการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้จึงสูงขึ้นด้วย (สุวัจน์, 2550)

ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 8.01-8.75 ซึ่งบริเวณผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่า 8.05-8.75 และ 8.01-8.43 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.28 ± 0.26 และ 8.18 ± 0.13 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในสถานีตอนในของลำน้ำ (TN1 และ TN2) มีค่าสูงกว่าพื้นที่ตอนนอก ทั้งนี้เนื่องมาจากในพื้นที่ตอนนอกพบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชชนิด *N.scintillans* อย่างหนาแน่นในครั้งนี้อยู่ ซึ่งกำลังอยู่ในช่วงระยะสลายตัว จึงส่งผลให้แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ที่อยู่ในเซลล์ *N.scintillans* มีโอกาสออกมาภายนอกได้ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในมวลน้ำลดลงได้นั่นเอง

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 6.71-8.31 ซึ่งบริเวณผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่า 7.36-8.31 และ 6.71-7.38 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.69 ± 0.42 และ 7.49 ± 0.25 ตามลำดับ ความเป็นกรดเป็นด่างที่บริเวณผิวน้ำมีค่าสูงกว่าระดับน้ำที่อยู่ลึกลงไปใต้อาณานิคมในของลำน้ำ (TN 1 และ TN2) เนื่องจากระดับน้ำด้านล่างมีการย่อยสลายสูงกว่าที่ผิวน้ำ



ภาพที่ 12 ความเป็นกรดเป็นด่างที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่องน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในปี 2552-2553

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 6.71-8.88 เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในแต่ละฤดูกาลพบว่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำมีค่าสูงในช่วงฤดูแล้ง ส่วนในช่วงฤดูน้ำหลากนั้นจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าในฤดูกาลอื่น ๆ เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีปริมาณน้ำจืดไหลเข้าสู่ปากแม่น้ำจำนวนมาก ซึ่งจะนำสารอินทรีย์เข้ามาสูงเช่นเดียวกัน จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์มากขึ้นตามไปด้วยโดยการสลายตัวของสารอินทรีย์เหล่านี้ น่าจะทำให้เกิดกรดอินทรีย์ และทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำลดลงได้ และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่า ในช่วงฤดูน้ำหลากมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่างจากในฤดูแล้งและช่วงกลางคืนฤดูน้ำหลากอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

นอกจากนี้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำก็มีส่วนทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยแพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการสังเคราะห์แสงในตอนกลางวันทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงขึ้นและลดลงในตอนกลางคืน เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการหายใจและการย่อยสลายสารอินทรีย์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้นในสถานที่พบแพลงก์ตอนพืชอย่างหนาแน่นมักจะพบว่ามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้น ดังเช่นสถานีในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ แต่สำหรับในพื้นที่ที่พบการแพร่ของแพลงก์ตอนพืชชนิด *N.scintillans* นั้น จะพบว่าในระยะสลายตัวหลังเกิดการแพร่จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดต่ำลง เนื่องจากแอมโมเนียม-ไนโตรเจนภายในเซลล์ ออกมาสู่ภายนอกเนื่องจากการตายของเซลล์นั่นเอง ดังจะเห็นได้จากในช่วงกลางคืนฤดูน้ำหลาก

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในครั้งนี้กับการศึกษาของ จิตติมา และคณะ (2552) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 6.8-8.8 ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ (6.82-8.75) และการศึกษาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 (2552) ในพื้นที่แม่น้ำท่าจีนตอนล่างปี 2552 บริเวณศาลเจ้าซึ่งเป็นสถานี TN1 ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 6.74-7.30 ซึ่งมีแนวโน้มต่ำกว่าในการศึกษาครั้งนี้ (7.03-8.60) ซึ่งน่าจะมีอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเลในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน

ปากแม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำท่าจีนตอนล่างถูกจัดให้เป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ใช้สำหรับเพื่อการนันทนาการตั้งแต่ปี 2547 ซึ่งอยู่ในสถานะเสื่อมโทรมมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ซึ่งในปี 2552 สำนักจัดการคุณภาพน้ำ ได้ทำการประเมินคุณภาพน้ำชายฝั่งทั่วประเทศจาก

ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล พบว่าปากแม่น้ำท่าจีนเป็นแหล่งน้ำที่จัดอยู่ในระดับเสื่อมโทรมมากเช่นเดิม (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) รวมถึงผลการศึกษาครั้งนี้ในช่วงระยะเวลาสำรวจตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2552-2553 ก็ยังคงยืนยันว่าปากแม่น้ำท่าจีนยังคงมีสถานะเสื่อมโทรมเช่นเดียวกัน โดยออกซิเจนละลายน้ำที่ทำการตรวจวัดมีค่าผันแปรสูงตั้งแต่ 0.09-12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการผันแปรของค่าออกซิเจนละลายน้ำดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลากลางคืนซึ่งมีการใช้ออกซิเจนในการหายใจของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในแหล่งน้ำ ทำให้อาจเกิดสภาวะการขาดออกซิเจนได้ และในสถานีตอนในพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลอยู่มาก (ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งสภาวะดังกล่าวส่งผลกระทบต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ในพื้นที่ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ที่ผันแปรไปจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผันแปรในแหล่งน้ำ เป็นต้น โดยอุณหภูมิที่มีแนวโน้มสูงขึ้นนั้นก็ปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นกระบวนการต่าง ๆ ให้เกิดเร็วยิ่งขึ้น อาทิ กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ กระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อสมดุลของระบบนิเวศปากแม่น้ำท่าจีนอย่างมาก

2.2.4 ซิลิเกต-ซิลิคอน

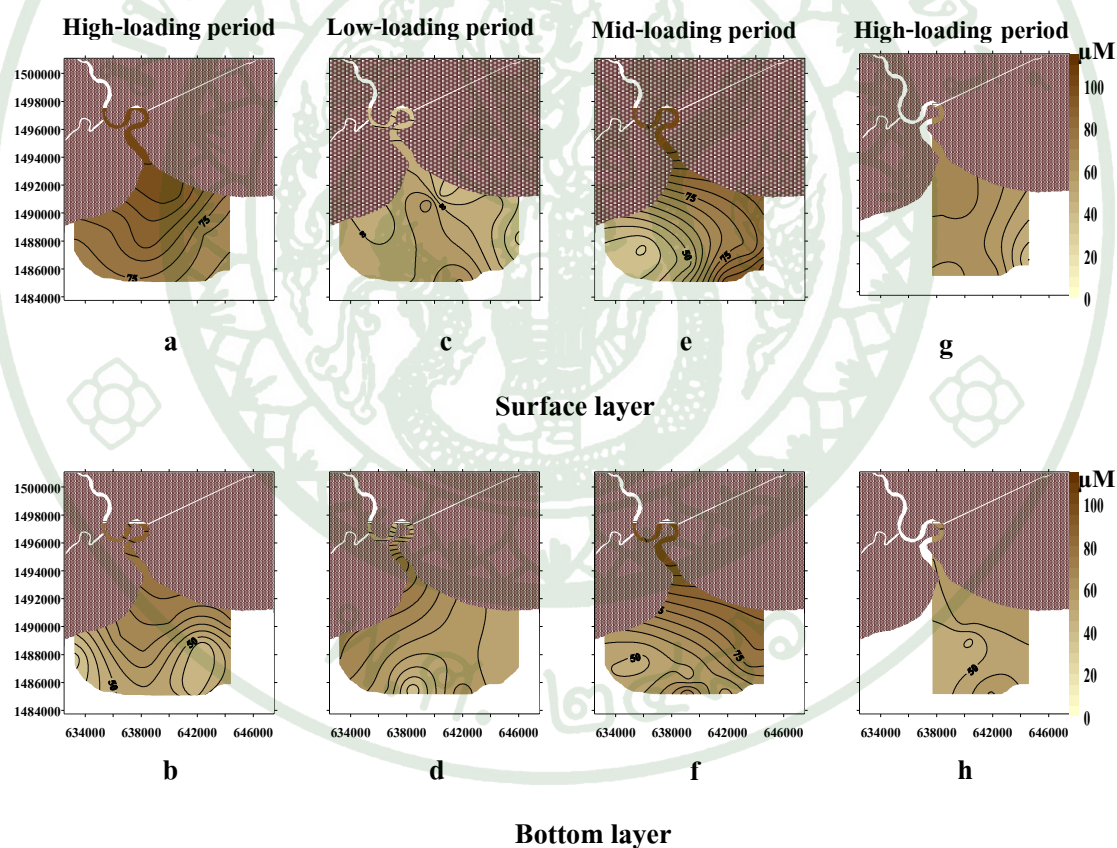
ซิลิเกต-ซิลิคอน เป็นธาตุอาหารที่มีปริมาณสูงในแหล่งน้ำ เนื่องจากแหล่งที่มาของซิลิเกต-ซิลิคอน นั้นมาจากการกัดเซาะและชะล้างของแผ่นดินจากน้ำที่ไหลลงมาสู่แหล่งน้ำแม่น้ำ ซิลิเกต-ซิลิคอน จึงเป็นปัจจัยที่สะท้อนถึงการเข้ามาของมวลน้ำจืดในพื้นที่ปากแม่น้ำได้ โดยในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนนั้นมีปริมาณของซิลิเกต-ซิลิคอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอน ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 29.98-83.94 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 29.98-75.18 และ 34.13-83.94 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.83 ± 12.39 และ 55.75 ± 16.77 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ซิลิเกต-ซิลิคอน มีค่าสูงสุดในสถานี TN2 และต่ำสุดในสถานี TN1 เนื่องจากมีมวลน้ำบางส่วนที่รับมาจากคลองมหาชัย เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิกอน ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 39.20-104.23 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 36.72-78.88 และ 50.73-104.70 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.34 ± 29.88 และ 75.87 ± 23.80 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ซิลิเกต-ซิลิกอน มีค่าสูงสุดในสถานี TN1 และ TN2 ซึ่งสถานีดังกล่าวไม่มีความแตกต่างตามระดับความลึก และแนวโน้มลดลงในสถานีตอนนอก ซึ่งมีค่าต่ำสุดในสถานี TN30 ซึ่งในครั้งนี้นพบว่าในฝั่งตะวันออกของปากแม่น้ำมีความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิกอน สูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งน่าจะเนื่องมาจากการปล่อยน้ำจากบ่อกักที่มีจำนวนมากในบริเวณชายฝั่งตะวันออก



ภาพที่ 13 การแพร่กระจายของซิลิเกต-ซิลิกอน (ไมโคร โมลาร์) ตามฤดูกาลปี 2552-2553

เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f)

เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h)

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอน ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 39.20-104.70 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 39.72-68.01 และ 49.95-67.41 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.79 ± 11.01 และ 57.28 ± 6.22 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ซิลิเกต-ซิลิคอน มีค่าสูงสุดในสถานี TN1 และ TN2 ซึ่งมีความเข้มข้นไม่แตกต่างกันมาก ที่ระดับผิวน้ำ และยังพบว่าในสถานีตอนบนนั้นซิลิเกต-ซิลิคอน ลดลงเพียงเล็กน้อย

จากผลการศึกษาในรอบปี 2552-2553 พบว่าในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอน อยู่ในช่วง 19.95-104.70 ไมโครโมลาร์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอน ในแต่ละฤดูกาลนั้น พบว่าต้นฤดูน้ำหลากมีปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนสูงสุด และมีปริมาณน้อยในฤดูแล้ง ส่วนช่วงกลางฤดูน้ำหลากนั้น ในปี 2552 มีปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอน สูงกว่าปี 2553 และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่า ฤดูแล้งมีความแตกต่างกับช่วงกลางต้นฤดูน้ำหลากอย่างมีนัยสำคัญ และช่วงกลางฤดูน้ำหลากในปี 2552 อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ 99 ตามลำดับ โดยในทุกครั้งที่ทำการศึกษาก่อน-หลังการศึกษามีแนวโน้มลดลงตามระยะทางที่ห่างจากลำน้ำ เนื่องจากการลดลงจากการผสมผสานโดยน้ำทะเล แต่ในช่วงต้นฤดูน้ำหลากจะพบความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอน ในฝั่งตะวันออกยกกระดกสูงขึ้นกว่าฤดูกาลอื่น ๆ แสดงถึงการเข้ามาของซิลิเกต-ซิลิคอน จากพื้นที่บ่อทุ่งอย่างชัดเจน ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นแหล่งของธาตุอาหารหลักที่เข้ามาในพื้นที่ปากแม่น้ำแห่งนี้ นอกเหนือจากลำน้ำท่าจีนในตอนบน

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ อัจฉราภรณ์ (2552) ในพื้นที่ชายฝั่งบ้านกระซ้าขาว ซึ่งใกล้กับสถานี TN30 ในการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงเดือนมิถุนายน 2550-พฤษภาคม 2551 พบว่าซิลิเกต-ซิลิคอน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 21.43-142.86 ไมโครโมลาร์ ซึ่งผันแปรมากกว่าในการศึกษาครั้งนี้มาก (31.73-75.70 ไมโครโมลาร์) ณ สถานีเดียวกัน โดยบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาครซิลิเกตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมาตั้งแต่ปี 2537 เป็นต้นมา นั้นแสดงถึงการชะล้างของแผ่นดินที่มีมากขึ้นในปัจจุบัน

2.2.5 ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ

ไนโตรเจนที่ละลายน้ำเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญอย่างมากต่อแพลงก์ตอนพืช โดยนำมาใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีน จึงเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณปากแม่น้ำ และสะท้อนถึงการเข้ามาของน้ำเสียในพื้นที่ สำหรับปากแม่น้ำท่าจีนนั้น จากการศึกษาในเดือนพฤศจิกายน 2552-2553 แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 6.17-81.55 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 7.80-81.55 และ 6.17-81.39 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.35 ± 30.25 และ 33.24 ± 29.76 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบค่าสูงสุดที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN2 และต่ำสุดในสถานี TN27 ที่ระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอน โดย ไนโตรเจนละลายน้ำมีปริมาณสูงในพื้นที่ตอนในจนถึงตอนกลางของปากแม่น้ำ และมีแนวโน้มลดลงในพื้นที่แนวนอก รวมถึงฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกในสถานีที่อยู่ใกล้ฝั่ง ซึ่งไม่มีความผันแปรของไนโตรเจนละลายน้ำตามระดับความลึก เนื่องจากในครั้งนี้เป็นช่วงน้ำลงทำให้ระดับน้ำไม่ลึกมาก

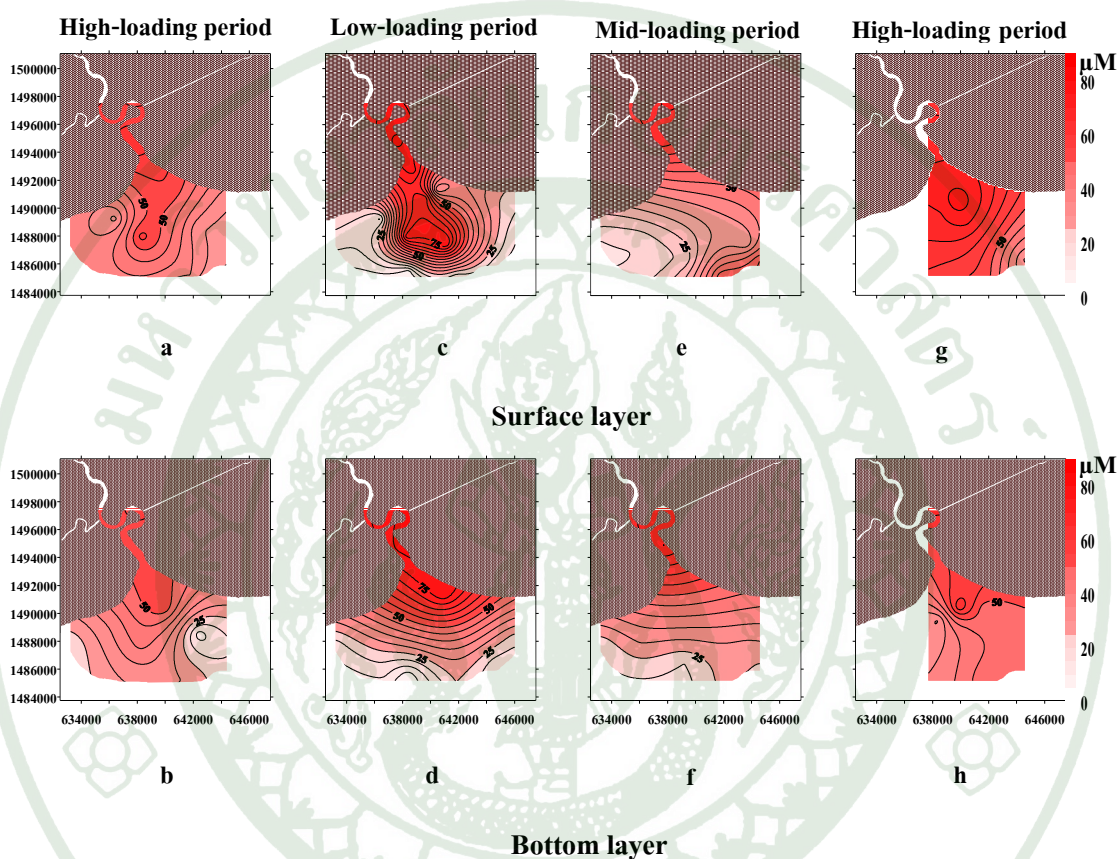
ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 14.98-75.36 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 14.98-75.36 และ 18.76-75.16 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.76 ± 24.60 และ 39.74 ± 26.39 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ซึ่งตรวจพบค่าสูงสุดในสถานี TN1 และต่ำสุดในสถานี TN30 โดยในสถานีแนวนอกสุดทางด้านฝั่งตะวันตกจะมีความเข้มข้นของไนโตรเจนละลายน้ำน้อยกว่าในฝั่งตะวันออก ส่วนความผันแปรตามระดับความลึกจะพบในสถานีในแนวนอกสุดเท่านั้น

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 29.37-78.18 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 29.37-78.18 และ 38.47-67.50 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 57.96 ± 16.63 และ 52.86 ± 10.99 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ตรวจพบค่าสูงสุดในสถานี TN5 และต่ำสุดในสถานี TN2 ในโตรเจนละลายน้ำในครั้งนี้มีค่าสูงมากทั้งพื้นที่ที่มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในสถานีตอนนอกสุด และในระดับน้ำที่ลึกลงไป



ภาพที่ 14 การแพร่กระจายของไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (ไมโครโมลาร์) ตามฤดูกาลปี 2552-2553 (เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h))

จากผลการศึกษาในภาพรวมพบว่าในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนพบว่าไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 6.17-81.55 ไมโครโมลาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลพบว่าในฤดูแล้ง (เมษายน 2553) มีความผันแปรมากกว่าในฤดูกาลอื่น ในสถานี TN2 เป็นสถานีที่มีความเข้มข้นสูงสุดตลอดการศึกษา เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ปลายลำการสะสมตัวของไนโตรเจนละลายน้ำจึงมีมากกว่าในสถานีอื่น ๆ ข้อมูลในสถานีนี้จึงสามารถสะท้อนการเข้ามาของน้ำเสียในพื้นที่ปากแม่น้ำได้จากค่าไนโตรเจนละลายน้ำ โดยในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 ไนโตรเจนละลายน้ำ มีปริมาณ

ต่ำกว่าฤดูกาลอื่น รวมถึงช่วงฤดูน้ำหลากในปี 2553 ด้วย เนื่องจากปริมาณน้ำท่าในปี 2552 (239 ล้านลูกบาศก์เมตร) มีปริมาณน้อยกว่าในปี 2553 (400 ล้านลูกบาศก์เมตร) (กรมชลประทาน, 2555)

ความผันแปรของไนโตรเจนละลายน้ำในแต่ละสถานีมีมาก ซึ่งนอกจากอิทธิพลจากกระบวนการเจือจางที่เกิดขึ้นโดยมวลน้ำทะเลในพื้นที่ปากแม่น้ำแล้ว กระบวนการนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชที่เกิดการสะสมในบริเวณดังกล่าว น่าจะมีส่วนในการลดลงของความเข้มข้นของไนโตรเจนละลายน้ำในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนละลายน้ำในรูปของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน เนื่องจากเป็นรูปแบบที่แพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ในกระบวนการของเซลล์ได้ง่ายเพราะมีโมเลกุลเล็กกว่าไนโตรเจนในรูปอื่น ๆ จากการศึกษาของ Torres-Valdés and Purdie (2006) แสดงให้เห็นว่าแพลงก์ตอนพืชสามารถนำสารประกอบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมไปใช้ในอัตราประมาณร้อยละ 28 ต่อชั่วโมง ของปริมาณที่มีอยู่ในน้ำ นับว่ามีค่าเร็วกว่าในรูปของไนเตรตซึ่งมีอัตราประมาณร้อยละ 9 ต่อชั่วโมงเท่านั้น

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาของของ จิตติมา และคณะ (2552) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 พบว่าไนไตรท์ ไนเตรต และแอมโมเนีย มีค่าอยู่ระหว่าง ND-6.03 ND-9.47 และ 0.03-95.45 ไมโครโมลาร์ ซึ่งสูงกว่าในการการศึกษารั้งนี้ โดยไนไตรท์-ไนเตรต และแอมโมเนียม-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในช่วง 0.01-12.18 และ 3.15-75.60 ไมโครโมลาร์ และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาสภาพแวดล้อมและคุณภาพน้ำพื้นฐานพื้นที่ชายฝั่งทั่วประเทศในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ใกล้เคียงกับสถานี TN2 พบว่าไนไตรท์ ไนเตรต และแอมโมเนีย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.57-4.96 0.03-1.38 และ 31.14-68.26 ไมโครโมลาร์ (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ซึ่งมีแนวโน้มไม่ต่างกันมากนัก ส่วนการศึกษาของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 (2552) ในพื้นที่แม่น้ำท่าจีนตอนล่างปี 2552 บริเวณศาลเจ้าซึ่งเป็นสถานี TN1 ในการศึกษารั้งนี้ พบว่ามีไนไตรท์และไนเตรต มีค่าประมาณ 7.14 ไมโครโมลาร์ ซึ่งสูงกว่าในการการศึกษารั้งนี้ ส่วนแอมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 14.29-171.43 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีความผันแปรมากกว่าในการการศึกษารั้งนี้ ในภาพรวมจากการศึกษาที่ผ่านมา และจากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีปริมาณไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มของแอมโมเนียที่เป็นพิษกับสัตว์น้ำ ในสถานะที่ความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และยังส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชซึ่งมักเกิดการสะสมในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนเป็นประจำอีกด้วย

2.2.6 ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-13.79 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.10-13.79 และ 0.59-13.79 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.64 ± 4.31 และ 4.08 ± 5.51 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบค่าสูงสุดและต่ำสุดในสถานี TN2 และสถานี TN30 ตามลำดับ จากภาพที่ 15 c-d แสดงให้เห็นว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสสูงในตัวลำนํ้าและแนวร่องนํ้า ส่วนในตอนนอกของปากแม่นํ้า รวมถึงฝั่งตะวันออกและตะวันตกมีการลดลงอย่างชัดเจนโดยเฉพาะบริเวณผิวนํ้า ซึ่งส่วนหนึ่งน่าจะมีการนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืช

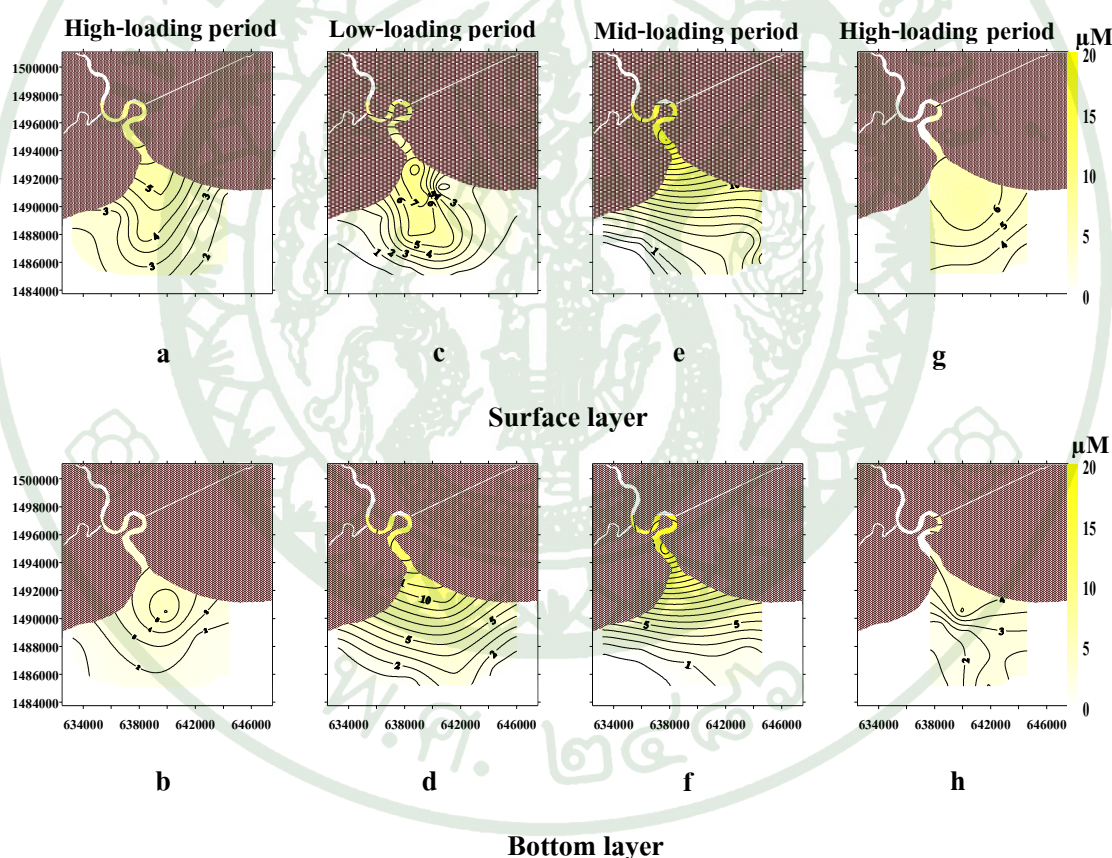
ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-20.09 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.20-20.09 และ 0.2-19.50 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.31 ± 8.25 และ 6.78 ± 9.20 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ตรวจพบออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าสูงสุดในสถานี TN2 และต่ำสุดในสถานี TN30 จากภาพที่ 15 การแพร่กระจายออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีปริมาณสูงในตัวลำนํ้า และลดลงในพื้นที่ตอนนอก โดยฝั่งตะวันตกมีอัตราการลดลงที่มากกว่าฝั่งตะวันออก

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 1.52-6.89 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 2.13-6.89 และ 1.52-6.79 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ± 1.71 และ 3.67 ± 1.92 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ตรวจพบออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าสูงสุดที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN3 และต่ำสุดที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนในสถานี TN27 จากภาพที่ 15 g-h แสดงการแพร่กระจายของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในช่วงนี้ จะเห็นว่าในแต่ละสถานีไม่มีความผันแปรของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมากนัก

จากผลการศึกษาในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2552-2553 พบว่า ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ผันแปรอยู่ในช่วง 0.10-20.09 ไมโครโมลาร์ โดยมีค่าต่ำสุดในสถานี TN30 ในช่วงฤดูแล้ง และมีค่าสูงสุดในสถานี TN2 ในช่วงต้นฤดูน้ำหลากเมื่อเปรียบเทียบกับเชิงพื้นที่พบว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าสูงสุดในพื้นที่ตอนในคือ สถานี TN2 ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ในลำน้ำท่าจีน และสถานีดังกล่าวได้รับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสจากการชักล้างในพื้นที่ชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในสถานีดังกล่าวและพื้นที่ตอนบน เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล



ภาพที่ 15 การแพร่กระจายของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (ไมโครโมลาร์) ตามฤดูกาล ปี 2552-2553 (เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h))

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาของของ จูติมา และคณะ (2552) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 พบว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในช่วง 0.23-15.35 ไมโครโมลาร์ ซึ่งผันแปรน้อยกว่าในการศึกษารั้งนี้เล็กน้อย (0.1-20.09 ไมโครโมลาร์) และจากการศึกษาของอัจฉราภรณ์ (2552) ในพื้นที่ชายฝั่งบ้านกระเช้าขาว ซึ่งใกล้กับสถานี TN30 ในการศึกษารั้งนี้ ในช่วงเดือนมิถุนายน 2550-พฤษภาคม 2551 พบว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.29-8.57 ไมโครโมลาร์ ซึ่งสูงกว่าการศึกษารั้งนี้ ณ สถานีเดียวกัน (0.10-2.25 ไมโครโมลาร์) เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทะเลได้กำหนดให้ฟอสเฟตฟอสฟอรัสมีได้ไม่เกิน 45 ไมโครกรัมต่อลิตรสำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 3 เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ประเภทที่ 5 เพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ และประเภทที่ 6 สำหรับชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ซึ่งพบว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทะเล แต่ในความเป็นจริงแล้วระดับออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสดังกล่าวมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับปากแม่น้ำอื่นในพื้นที่อ่าวไทยตอนบน เช่น ปากแม่น้ำแม่กลอง เจ้าพระยา บางปะกง เป็นต้น (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

ในภาพรวมสถานการณ์ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนพบว่าอยู่ในระดับที่สูงมาก แม้ในบางปัจจัยยังพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลก็ตาม เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับปากแม่น้ำอื่น ๆ ในพื้นที่อ่าวไทยตอนบน (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2554) แล้วพบว่าปากแม่น้ำท่าจีนเป็นพื้นที่ที่มีธาตุอาหารสูงในระดับยูโทรฟิเคชัน จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชชนิด *N. scintillans* แต่ในทางกลับกัน แพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ที่น่าจะมีส่วนในการลดระดับของธาตุอาหารในพื้นที่ให้มีลดลงได้เช่นกัน

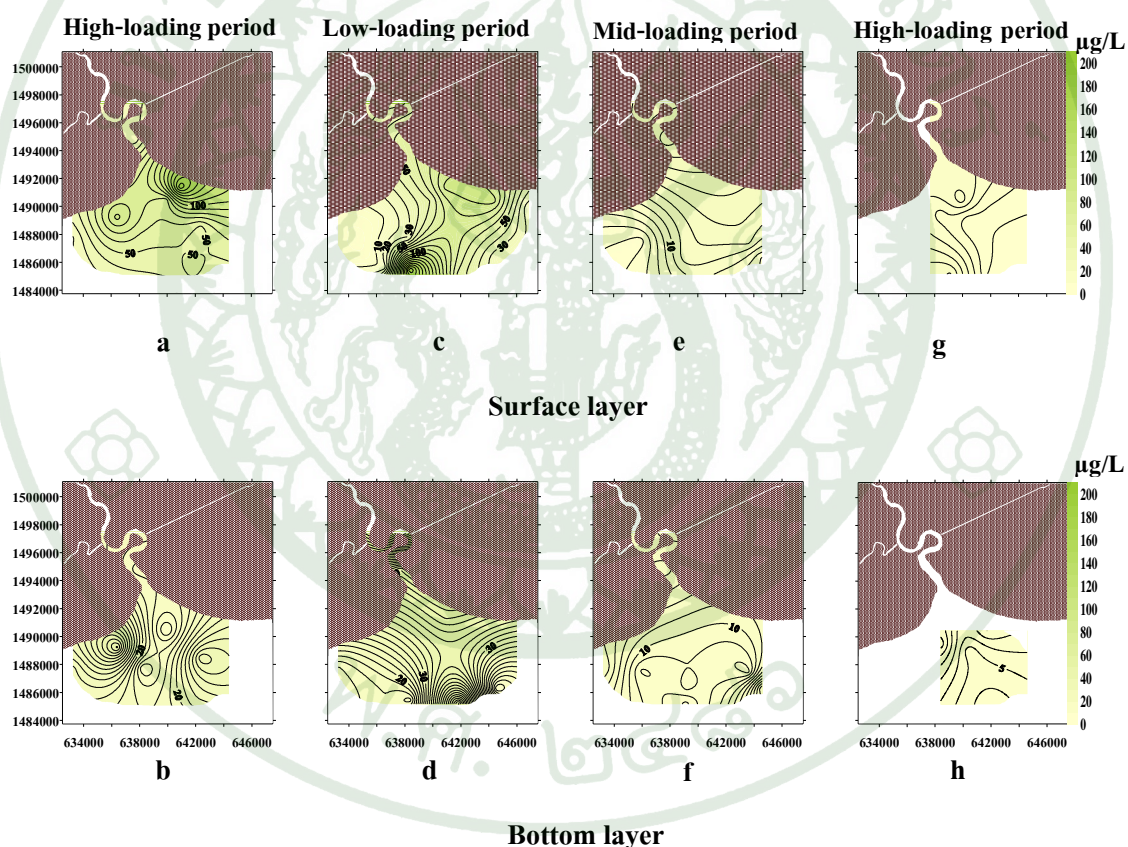
2.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ

2.3.1 กลอโรฟิลล์ เอ

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

กลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 5.34-200.25 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 5.34-200.25 และ 8.01-102.35 ไมโครกรัมต่อลิตร และมี

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.98 ± 50.79 และ 36.07 ± 33.59 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยในสถานี TN27 พบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชชนิด *N. scintillans* ส่งผลให้ตรวจพบค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงที่สุดในครั้งนี้ถึง 200.25 ไมโครกรัมต่อลิตร และพบค่าต่ำสุดในสถานี TN30 จากภาพที่ 16 แสดงให้เห็นว่าการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ เอ มีปริมาณสูงในพื้นที่ฝั่งตะวันออก และสูงมากในพื้นที่ตอนนอกสุดของปากแม่น้ำ โดยในครั้งนี้นักคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระดับผิวน้ำมีค่าสูงกว่าที่ระดับน้ำเหนือผิวดิน ตะกอนอย่างมาก ยกเว้นในสถานี TN1 ซึ่งพบคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงถึง 102.35 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่ระดับน้ำ 2 เมตร เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชจะมีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งลงสู่ด้านล่างในช่วงที่มีความเข้มแสงสูง



ภาพที่ 16 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ตามฤดูกาลปี 2552-2553

(เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) เดือนเมษายน 2553 (c-d) เดือนสิงหาคม 2553 (e-f) เดือนพฤศจิกายน 2553 (g-h))

ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.67-40.05 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำ และที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 2.67-25.03 และ 3.34-28.04 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 12.29 ± 8.80 และ 16.00 ± 8.46 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน 2553)

คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.56-14.24 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำ และที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.56-14.24 และ 3.34-6.26 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 7.67 ± 5.37 และ 4.91 ± 1.22 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในสถานี TN27 ตรวจพบค่า คลอโรฟิลล์ เอ สูงสุดในครั้งนี้อยู่ที่สถานี TN25 ในครั้งนี้ตรวจพบระดับของคลอโรฟิลล์ เอ ต่ำมากทั้งพื้นที่ ซึ่งน่าจะมีผลมาจากปริมาณน้ำท่าที่เข้ามาในปากแม่น้ำท่าจีนมีสูงในช่วงนี้

จากผลการศึกษาในเดือนพฤศจิกายน 2552-2553 พบว่าระดับของคลอโรฟิลล์ เอ ผันแปรอยู่ในช่วง 0.56-200.25 ไมโครกรัมต่อลิตร คลอโรฟิลล์ เอ มีระดับสูงมากในช่วงฤดูแล้ง และอยู่ในระดับต่ำช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2553 ซึ่งแตกต่างอย่างมากกับช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 ที่มีระดับของคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่ามาก ส่วนในช่วงกลางต้นฤดูน้ำหลากก็พบว่ามีระดับไม่สูง มากนัก โดยจะพบว่าที่ระดับผิวน้ำมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่า เนื่องจากในช่วงเวลากลางวัน แพลงก์ตอนพืชต้องการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างพลังงานให้กับเซลล์ จึงมักจะลอยตัวขึ้นมา รับแสงซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการดังกล่าว ที่ระดับผิวน้ำจึงมีปริมาณแพลงก์ตอนพืช มากกว่าในระดับน้ำที่อยู่ลึกลงไป ประกอบกับในระดับน้ำที่ลึกและตะกอนแขวนลอยในพื้นที่ปาก แม่น้ำมักเป็นอุปสรรคต่อการส่องผ่านลงไปถึงของแสงที่น้อยลงด้วย นอกจากนี้ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ธาตุอาหาร ความเค็ม เป็นต้น ล้วนแล้วแต่ส่งผลต่อปริมาณแพลงก์ตอนพืชทั้งสิ้น ซึ่งส่งผล โดยตรงกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในพื้นที่

เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่า ระดับ คลอโรฟิลล์ เอ ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 และฤดูแล้งแตกต่างกับต้นฤดูน้ำหลากและฤดูน้ำ หลากปี 2553 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และ 95 แสดงให้เห็นว่า ฤดูกาลเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศ แต่การ

เปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าวต้องเปลี่ยนในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของ แพลงก์ตอนพืช ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับคลอโรฟิลล์ เอ ในพื้นที่

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ อัจฉราภรณ์ (2552) ในพื้นที่ชายฝั่งบ้านกระซำขาว ซึ่งใกล้กับสถานี TN30 ในการศึกษาครั้งนี้ ในช่วงเดือนมิถุนายน 2550-พฤษภาคม 2551 พบว่าระดับคลอโรฟิลล์ เอ ผันแปรตั้งแต่ 2.00-30.00 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งผันแปรน้อยกว่าในการศึกษาครั้งนี้ (0.56-200.25 ไมโครกรัมต่อลิตร) ส่วนการศึกษาของภัทรารุช และคณะ (2551) พบว่าอยู่ในช่วง 6.02-1431.12 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงมากเนื่องจากเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่

3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง *Noctiluca scintillans* และปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ

3.1 ปัจจัยทางกายภาพ

3.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์แพลงก์ตอนพืช อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะไปเร่งปฏิกิริยาภายในเซลล์ให้เกิดเร็วขึ้น แต่อุณหภูมินั้นต้องไม่สูงมากเกินไปกว่าความทนทานของแพลงก์ตอนพืชชนิดนั้น ๆ เนื่องจากจะไม่ส่งผลดีต่อการดำรงชีวิตของแพลงก์ตอนพืชนั้นเอง นอกจากนี้ยังส่งผลต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น การละลายได้ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน เป็นต้น สำหรับในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนนั้นตั้งอยู่ในเขตร้อน อุณหภูมิในพื้นที่ไม่ผันแปรมากนักดังเช่นในเขตอบอุ่นที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยจากการศึกษาในครั้งนี้พบที่มีความผันแปรอยู่ในช่วง 26.04-33.40 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันเนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำท่าเป็นสำคัญ

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และมีระดับความสัมพันธ์ร้อยละ 36 ($r = 0.36$) แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากในช่วงฤดูแล้งที่มี

อุณหภูมิสูงกว่าในฤดูกาลอื่น ๆ พบความหนาแน่นเซลล์ ของ *N. scintillans* สูงทั้งพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานี TN27 ที่พบความหนาแน่นเซลล์สูงถึง 72,333 เซลล์ต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 32.10 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนจากการศึกษาครั้งนี้ ถือว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเซลล์ *N. scintillans* ยืนยันได้จากผลการศึกษาที่พบ *N. scintillans* ในทุกครั้งที่ทำการสำรวจ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิที่พบ *N. scintillans* ในประเทศไทยนั้นอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส (อัจฉราภรณ์, 2552; Thong-ra-ar *et al.*, 1995; Lirdwitayaprasit, 2006; Sriwoon, 2006)

3.2 ปัจจัยทางเคมี

3.2.1 ความเค็ม

ความเค็มเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดอยู่ในช่วงความเค็มที่แตกต่างกัน (ลัดดา, 2530) สำหรับ *N. scintillans* สามารถอยู่ได้ในช่วงความเค็มที่กว้าง สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ ตรวจพบความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนผันแปรอยู่ในช่วง 0.80-29.00 psu แต่เรากลับพบการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ในช่วงความเค็ม 13.59-29.00 psu

จากรายงานการศึกษการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ในอ่าวไทย สามารถพบ *N. scintillans* แพร่กระจายได้ในช่วงความเค็มตั้งแต่ 11-38.5 psu (อัจฉราภรณ์, 2552; Thong-ra-ar *et al.*, 1995; Lirdwitayaprasit, 2006; Sriwoon, 2006) ซึ่งมีความแตกต่างกันตามพื้นที่ โดยในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนจากการศึกษาของอัจฉราภรณ์ (2552) พบ *N. scintillans* ในช่วงความเค็ม 24.3-38.5 psu ในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก บริเวณอ่างศิลาจากการศึกษาของ Sriwoon (2006) พบว่าสามารถแพร่กระจายในช่วงความเค็ม 14-35 psu ซึ่งมีการสะสมในช่วงความเค็ม 25-30 psu (Thong-ra-ar *et al.*, 1995) และ 22-33 psu (Lirdwitayaprasit *et al.*, 2006) และจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดย ไทยถาวร และคณะ (2548) แสดงให้เห็นว่า *N. scintillans* เจริญได้ดีในช่วงความเค็ม 15-35 psu และที่ระดับความเค็ม 27 psu จากการศึกษานของธีราพร (2540)

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ความเค็มไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน แต่จะเห็นว่าความเค็มเป็นปัจจัยที่จำกัดการแพร่กระจายของเซลล์ แม้จะ ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงก็ตาม ผลการศึกษาในภาพรวมสะท้อนให้เห็นว่าบริเวณที่มีความเค็มสูงกว่าเหมาะสมกับการขยายประชากรของ *N. scintillans* ในการศึกษาครั้งนี้พบความหนาแน่นสูงสุดในฤดูแล้ง ณ สถานี TN27 ซึ่งมีความเค็มประมาณ 25 psu แต่ในพื้นที่ตอนในก็สามารถพบ *N. scintillans* ได้แต่จะมีความหนาแน่นน้อยกว่ามาก เนื่องจากมวลน้ำทะเลและกระแสน้ำจะพัดพาเซลล์เข้ามาความหนาแน่นจึงลดลงในพื้นที่ตอนในของปากแม่น้ำ

3.2.2 ออกซิเจนละลายน้ำ

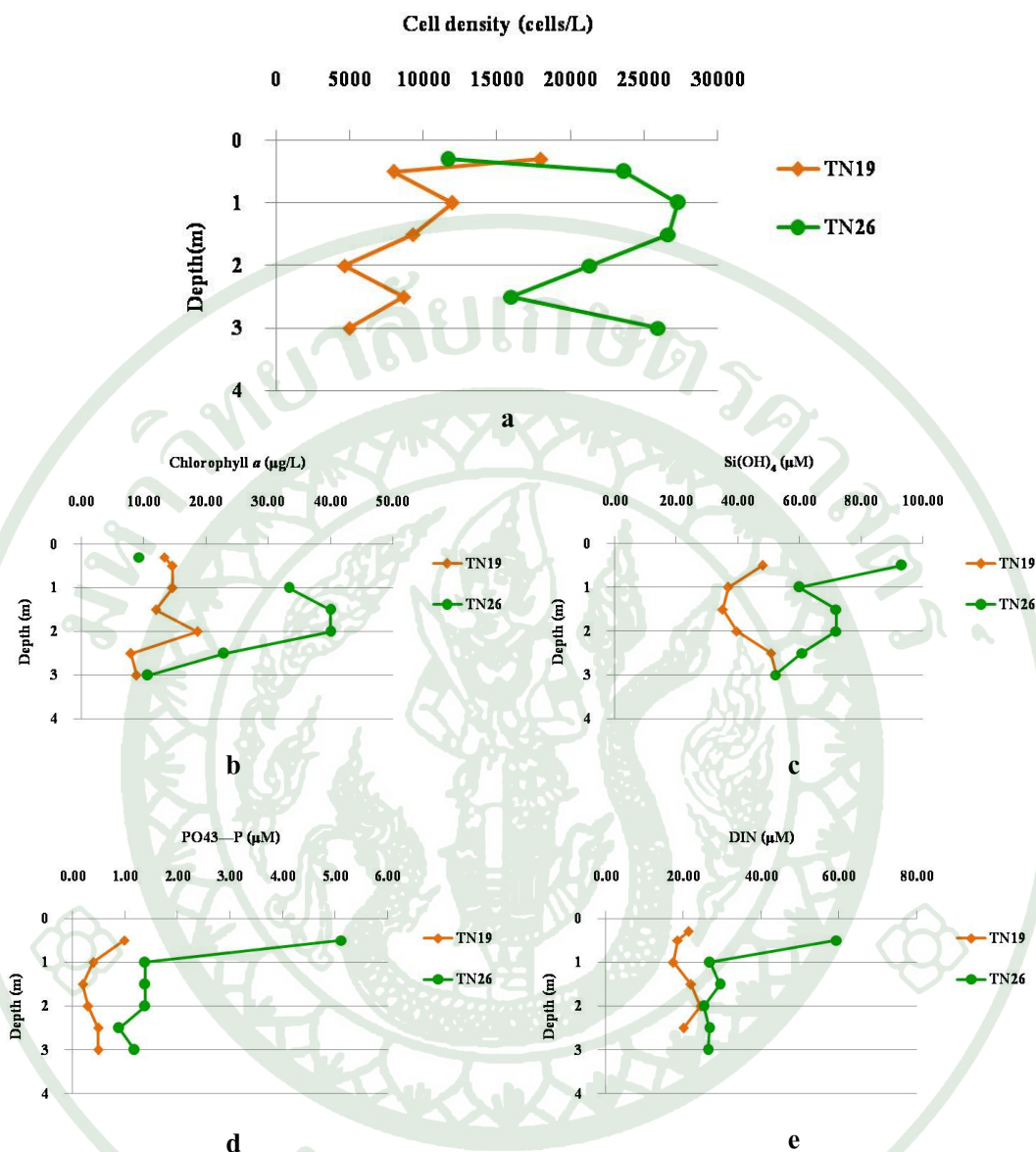
ออกซิเจนละลายน้ำเป็นปัจจัยที่ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากแหล่งกักต่อน้ำในแหล่งน้ำ เนื่องจากออกซิเจนเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าออกซิเจนละลายน้ำมีความผันแปรสูงมากซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.09-12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าต่ำในตัวลำนํ้า และมีแนวโน้มสูงขึ้นในพื้นที่ตอนนอก และสูงมากจนเกินจุดอิ่มตัวในสถานีที่พบการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งแพลงก์ตอนพืชชนิด *N. scintillans* โดยในสถานีที่พบ *N. scintillans* มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.40-12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบระดับของออกซิเจนละลายน้ำในช่วงที่เกิดการสะพรั่งของ *N. scintillans* สูงสุดเท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก บริเวณอ่างศิลาจากการศึกษาของ Sriwong (2006) ส่วนในพื้นที่บริเวณบ้านกระเช้าขาว ชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร และ บ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม ในช่วงที่พบ *N. scintillans* พบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 3.86-8.82 และ 7.39-7.80 มิลลิกรัมต่อลิตร (อัจฉราภรณ์, 2552)

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ออกซิเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และมีระดับความสัมพันธ์ร้อยละ 23 แสดงว่า *N. scintillans* เป็นผู้ผลิตสำคัญที่เพิ่มออกซิเจนละลายน้ำให้กับระบบปากแม่น้ำท่าจีน ดังจะเห็นได้จากสถานีตอนนอกของปากแม่น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานี TN27 ในช่วงฤดูแล้งซึ่งพบ *N. scintillans* สูงสุด และพบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงถึง 12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และไบคาร์บอเนตในน้ำทะเล ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยตรงของแพลงก์ตอนพืช รวมถึง *N. scintillans* ด้วย ระดับความเป็นกรดเป็นด่างในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนพบว่ามีความผันแปรอยู่ในช่วง 6.71 -8.88 โดยความเป็นกรดเป็นด่างจะมีค่าต่ำในช่วงฤดูน้ำหลาก เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำจืด แสดงให้เห็นว่าความเป็นกรดเป็นด่างน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถสะท้อนการเข้ามาของปริมาณน้ำจืดในพื้นที่ได้ ปริมาณน้ำจืดดังกล่าวนี้ส่งผลให้เซลล์ *N. scintillans* ถูกผลักดันออกไปด้านนอกของปากแม่น้ำดังได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งสถานที่พบเซลล์ *N. scintillans* มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 7.01-8.88 โดยรายงานการศึกษาที่ผ่านมารายงานการพบ *N. scintillans* ในช่วงความเป็นกรดเป็นด่างตั้งแต่ 7.33-7.89 บริเวณบ้านกระเช้าขาว ชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร และ 7.39-7.80 บริเวณบ้านบางป่อ จังหวัดสมุทรสงคราม (อัคราภรณ์, 2552) จากการศึกษาของธีราพร (2540) ในห้องปฏิบัติการพบว่า *N. scintillans* เจริญได้ดีที่ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 แสดงว่าเมื่อพบ *N. scintillans* มีความหนาแน่นสูงขึ้นจะส่งผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจาก *N. scintillans* ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในมวลน้ำไปในกระบวนการสังเคราะห์แสงของ *P. noctilucae* ส่งผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นนั่นเอง ซึ่งในทางกลับกันยังพบเซลล์ *N. scintillans* ในช่วงที่กำลังตายจะปลดปล่อยแอมโมเนียม-ไนโตรเจนภายในเซลล์ที่มีสูงถึง 15-25 mM (Nawata and Sibaoka, 1975) ออกมาภายนอกเซลล์ ซึ่งส่งผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างลดลงได้เช่นกัน นอกจากนี้ความเป็นกรดเป็นด่างยังมีความสำคัญต่อแพลงก์ตอนพืช รวมถึง *N. scintillans* โดยมีบทบาทสำคัญต่อการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ การขนส่งอิเล็กตรอนทางพลาสมาเลมมา และศักย์ทางไฟฟ้าบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ (สรันยา, 2541) ซึ่งส่งผลต่อการนำธาตุอาหารเข้าสู่เซลล์ *N. scintillans* ส่งเสริมการเจริญของ *N. scintillans* ในพื้นที่นี้



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นเซลล์ของ *Noctiluca scintillans* (เซลล์ต่อลิตร)(a) คลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร)(b) และธาตุอาหาร (ซิลิเกต-ซิลิกอน(c) ออร์โธฟอสเฟส-ฟอสฟอรัส (d) และไนโตรเจนละลายน้ำ (e); ไมโครโมลาร์) ตามระดับความลึก (เมตร) ในสถานี TN19 และ 263.2.4 ซิลิเกต-ซิลิกอน

ซิลิเกต-ซิลิกอน เป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีเปลือกหุ้มเซลล์ เช่น ไดอะตอม เป็นต้น ซึ่งสำหรับ *N. scintillans* แล้วไม่มีบทบาทสำคัญมากนัก โดยในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนพบการแพร่กระจายของ *N.*

scintillans ในสถานที่ที่มีระดับของซิลิเกต-ซิลิคอน อยู่ระหว่าง 19.95-95.93 ไมโครโมลาร์ ซึ่งการศึกษาของวรินธาและคณะ (2552) พบปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอน ในช่วงเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีโดย *N. scintillans* อยู่ระหว่าง 69.503-217.903 ไมโครโมลาร์ ซึ่งสูงกว่าในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างมากแสดงว่าในช่วงเวลาดังกล่าวมีการเข้ามาของน้ำจืดค่อนข้างมาก ประกอบกับพบเซลล์ *N. scintillans* น้อยกว่าในการศึกษาครั้งนี้ด้วย

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ซิลิเกต-ซิลิคอน ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* แต่พบว่าซิลิเกต-ซิลิคอน มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับความเค็มและออกซิเจนละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับระดับของธาตุอาหารอื่น ๆ ในพื้นที่ ทั้งในรูปออร์โทฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนละลายน้ำ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ซิลิเกต-ซิลิคอน ในพื้นที่ปากแม่น้ำเป็นปัจจัยที่สามารถสะท้อนปริมาณมวลน้ำจืดที่เข้าสู่ปากแม่น้ำตลอดจนลักษณะการผสมผสานของมวลน้ำจืดกับน้ำทะเลในแต่ละระยะเวลาที่ศึกษาได้ อีกทั้งยังแสดงถึงการเข้ามาของธาตุอาหารในรูปอื่น ๆ ในพื้นที่นี้ด้วย ดังจะเห็นได้จากรูปแบบการแพร่กระจายของซิลิเกต-ซิลิคอนในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ดังภาพที่ 13 รวมถึงการแพร่กระจายตามระดับความลึกที่สอดคล้องกับธาตุอาหารในรูปอื่น ๆ ดังภาพที่ 17

3.2.5 ไนโตรเจนละลายน้ำ

ไนโตรเจนละลายน้ำเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืช ปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในธรรมชาติ จะถูกจำกัดโดยปริมาณของไนโตรเจนที่กระจายอยู่ในน้ำ และเป็นปัจจัยที่ช่วยสนับสนุนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Fogg, 1980) และนำมาใช้ในการสังเคราะห์ กรดอะมิโน และโปรตีน (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528) สำหรับในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนนั้น พบว่า *N. scintillans* แพร่กระจายในบริเวณที่มีระดับของไนโตรเจนละลายน้ำระหว่าง 6.17-80.59 ไมโครโมลาร์

จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนพบการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ในพื้นที่ที่มีระดับของไนโตรเจนละลายน้ำในรูปของ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน อยู่ในช่วง 3.657-60.660 0.127-5.990 และ 0.317-5.393 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ (วรินธาและคณะ, 2552) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้พบว่า

ค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนในพื้นที่บริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีในเดือนมิถุนายน 2545-2546 รายงานพบค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน อยู่ในช่วง 5.77-74.70 ไมโครโมลาร์ ไนโตรที่-ไนเตรท ไนโตรเจน 0.01-19.49 ไมโครโมลาร์ (Sriwong, 2006) ซึ่งค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ แต่ไนโตรที่-ไนเตรท ไนโตรเจนมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากในบริเวณดังกล่าวเกิดกระบวนการออกซิเดชันได้สูงกว่าในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน โดยเฉพาะในพื้นที่ตอนในลำน้ำท่าจีนที่พบออกซิเจนมีค่าต่ำมากถึง 0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการดังกล่าว

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ไนโตรเจนละลายน้ำมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางแปรผกผันกับความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังจะเห็นได้จากการแพร่กระจายของไนโตรเจนละลายน้ำที่มีแนวโน้มลดลงในพื้นที่ตอนนอก เช่น ในสถานี TN27 ช่วงฤดูแล้งที่พบ *N. scintillans* มีความหนาแน่นสูงสุดในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งพบว่าในสถานดังกล่าวตรวจพบระดับไนโตรเจนละลายน้ำเพียง 7.80 ไมโครโมลาร์ นอกจากนี้ยังพบความผันแปรตามระดับความลึกของ *N. scintillans* และไนโตรเจนละลายน้ำที่มีทิศทางตรงข้ามกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณผิวน้ำดังภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่า *N. scintillans* นั้นน่าจะมีบทบาทสำคัญในการลดลงของไนโตรเจนละลายน้ำในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน เนื่องจาก *N. scintillans* เป็นชนิดหลักที่มักจะเกิดการสะสมในพื้นที่นี้

การลดลงของไนโตรเจนละลายน้ำในพื้นที่นี้ อันเนื่องมาจากการดูดซึมของ *N. scintillans* มีความเป็นไปได้สูงเนื่องจากเซลล์ *N. scintillans* นั้นมีการสะสมของปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนภายในเซลล์สูงถึง 15-25 มิลลิโมล (Nawata and Sibaoka, 1975) และพบสัดส่วนของแอมโมเนียต่อน้ำหนักแห้งประมาณ 0.5 มิลลิโมลต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้เนื่องจาก *P. noctilucae* ต้องการธาตุอาหารในรูปของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ในการเจริญสูง (Okaichi *et al.*, 1991) ส่งผลให้ *N. scintillans* น่าจะมีการดูดซึมธาตุอาหารในรูปไนโตรเจนสูงในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนด้วย จึงเห็นแนวโน้มการลดลงดังกล่าว

3.2.6 ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และมีบทบาทสำคัญต่อปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในเซลล์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้าง

และขนส่งพลังงานภายในเซลล์ ซึ่งมีผลต่อการเติบโตและการสืบพันธุ์ของแพลงก์ตอนพืช รวมถึงเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก โปรตีน ฟอสโฟลิปิด และองค์ประกอบสำคัญของเนื้อเยื่อแพลงก์ตอนพืช และส่งพลังงานผ่านทาง ATP และสารประกอบให้พลังงานอื่น ๆ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและหายใจ (ศรีนยา, 2541) โดยในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนพบปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส อยู่ในระดับที่สูง ซึ่งผันแปรอยู่ระหว่าง 0.10-20.09 ไมโครโมลาร์ แต่สำหรับ *N. scintillans* พบแพร่กระจายอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.10-7.49 ไมโครโมลาร์

เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน พบปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส อยู่ระหว่าง 1.847-8.383 ไมโครโมลาร์ (วรินธา และคณะ, 2552) ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนในบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรีที่มักพบการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเนื่องจาก *N. scintillans* รายงานพบปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส อยู่ในช่วง 0.08-3.88 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าในการศึกษาครั้งนี้เล็กน้อย แต่อาจจะไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากการศึกษาองค์ประกอบภายในเซลล์ *N. scintillans* ที่มี *P. noctilucae* อยู่ภายในจากตัวอย่างบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาเปรียบเทียบกับ *N. scintillans* ในประเทศญี่ปุ่นซึ่งไม่มี *P. noctilucae* อยู่ภายใน พบว่ามีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงอาจเป็นเครื่องบ่งชี้ว่า *P. noctilucae* ใช้สารประกอบฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในปริมาณที่เล็กน้อยเท่านั้น (Okaichi et al., 1991)

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางแปรผกผันกับความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงให้เห็นว่า ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีการใช้ไปโดยเซลล์ของ *N. scintillans* ในพื้นที่

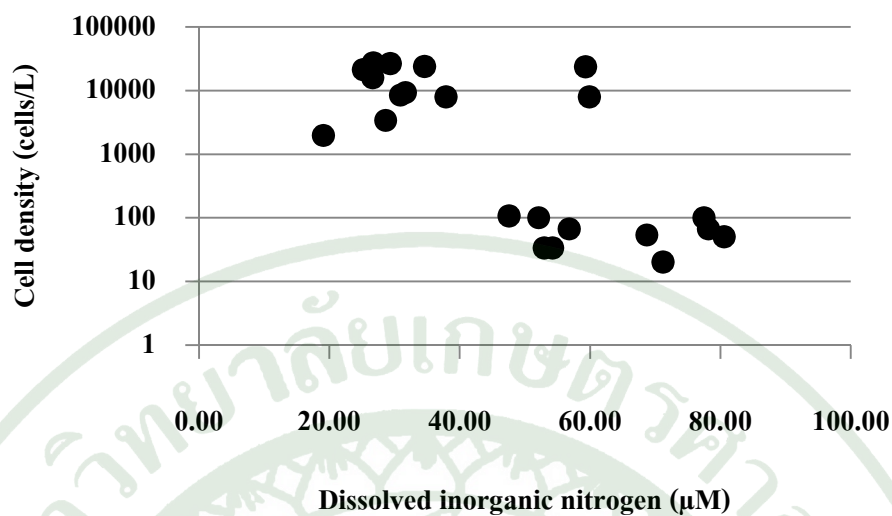
จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในภาพรวมทั้งพื้นที่ปากแม่น้ำแต่เนื่องจากในพื้นที่ปากแม่น้ำนั้นได้รับอิทธิพลจากการเจือจางโดยน้ำทะเลเป็นปัจจัยหลักในการลดลงของธาตุอาหารในพื้นที่ ประกอบกับในพื้นที่ตอนในและตอนกลางของปากแม่น้ำมักเกิดการสะสมของแพลงก์ตอนชนิด *Ceratium furca* เกิดร่วมด้วย ทำให้การลดลงของธาตุอาหารอาจมีได้เนื่องจากปัจจัยอื่นดังที่กล่าวมา จึงต้องจัดกลุ่มข้อมูลด้วยความถี่ ออกเป็น 3 กลุ่ม

เพื่อพิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างประชากร *N. scintillans* กับธาตุอาหารได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนี้

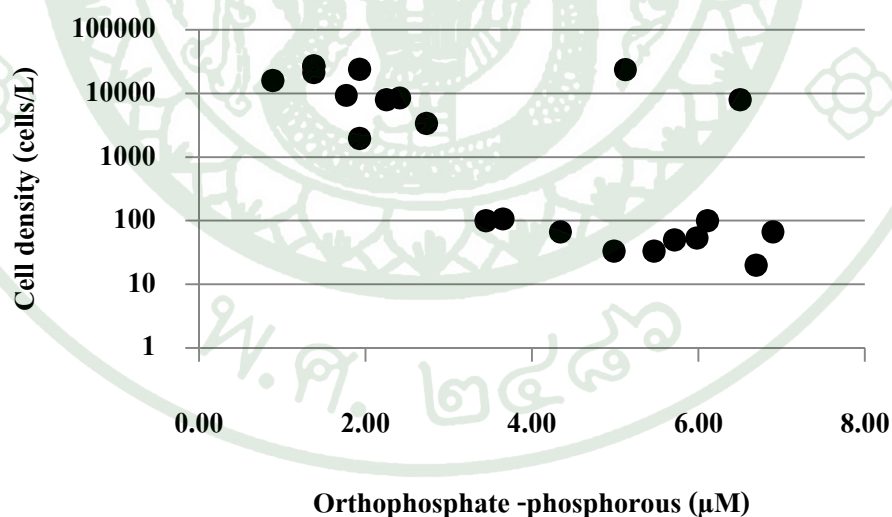
กลุ่มที่ 1 มีความเค็มอยู่ระหว่าง 0.32-9.60 psu ซึ่งพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนไม่พบประชากรแพลงก์ตอน *N. scintillans* ในช่วงความเค็มนี้ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดมากกว่าในกลุ่มอื่น ๆ แม้ว่าจะมีปริมาณธาตุอาหารสูง แต่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นในสถานที่ที่มีความเค็มต่ำ ยังไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของ *N. scintillans*

กลุ่มที่ 2 มีความเค็มอยู่ระหว่าง 11.70-21.22 psu ส่วนใหญ่อยู่บนพื้นที่ตอนในและตอนกลางของปากแม่น้ำ พบการสะสมของแพลงก์ตอนชนิด *Ceratium furca* ร่วมกับ *N. scintillans* โดยพบความสัมพันธ์แปรผกผันระหว่างความหนาแน่นของเซลล์ *N. scintillans* กับธาตุอาหารในรูปของไนโตรเจน ($r=-0.62$) ละลายน้ำและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($r=-0.53$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

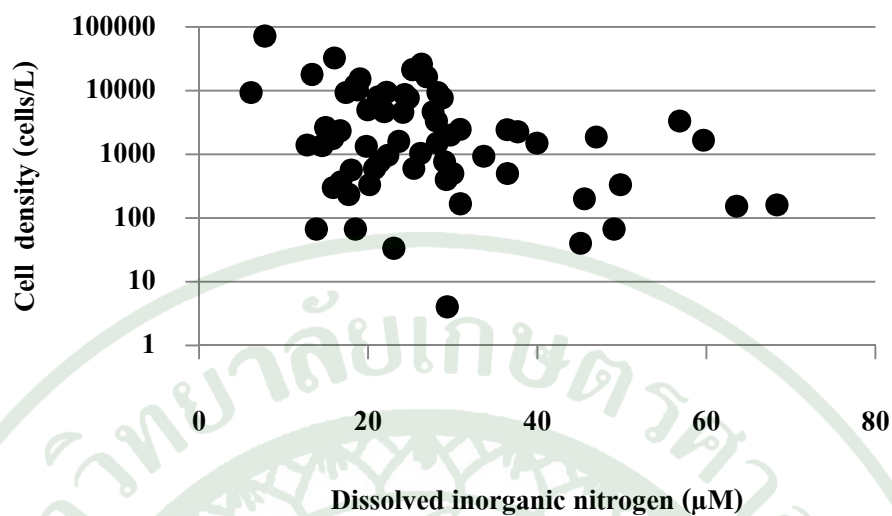
กลุ่มที่ 3 มีความเค็มอยู่ระหว่าง 22.08-29.00 psu อยู่ในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำและพบการสะสมของ *N. scintillans* ในทุกครั้งที่ทำการศึกษา พบความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในรูปของไนโตรเจนละลายน้ำ ($r=-0.32$) กับความหนาแน่นเซลล์ แสดงถึงการใช้นิโตรเจนละลายน้ำของ *N. scintillans* ที่กระตุ้นการเพิ่มจำนวนเซลล์ในพื้นที่ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสกับสัดส่วนของเซลล์ขนาดเล็ก ($<300 \mu\text{m}$) ในช่วงกลางเดือนธันวาคมอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ที่มีความเค็มสูงมีการเกิดของประชากรใหม่ ซึ่งเป็นข้อสนับสนุนที่ว่า *N. scintillans* มีแหล่งกำเนิดในเขตทะเล และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีส่วนในการกระตุ้นให้เกิดเซลล์ใหม่ในพื้นที่นี้ นั่นเอง



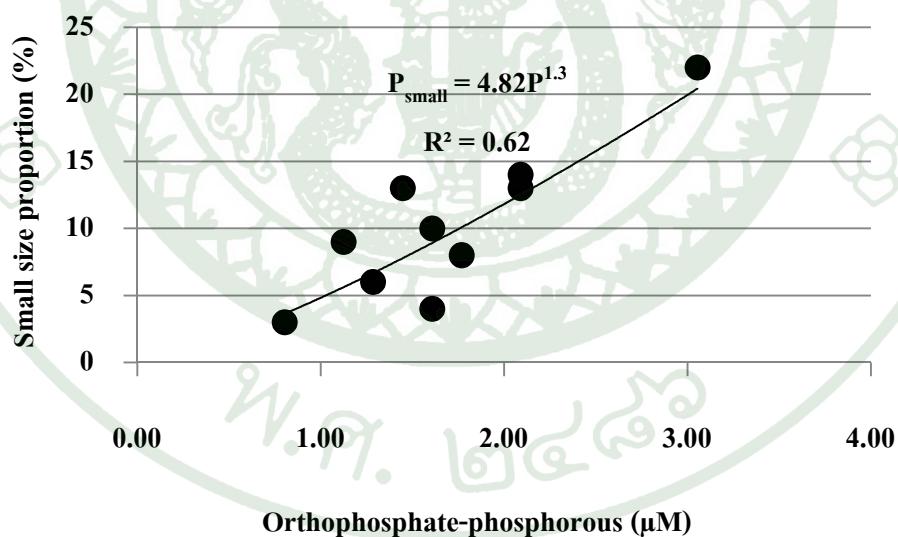
ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์ต่อลิตร) และธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ (ไมโครโมลาร์) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มปานกลาง (11.70-21.22 psu)



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์ต่อลิตร) และธาตุอาหารออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (ไมโครโมลาร์) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มปานกลาง (11.70-21.22 psu)



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์ต่อลิตร) และธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ (ไมโครโมลาร์) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มสูง (22.08-29.00 psu)



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนเซลล์ขนาดเล็ก (< 300 ไมโครเมตร; ร้อยละ) และธาตุอาหารออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (ไมโครโมลาร์) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่มีความเค็มสูง (ระหว่าง 22.08-29.00 psu)

3.3 ปัจจัยทางชีวภาพ

คลอโรฟิลล์ เอ

คลอโรฟิลล์ เอ เป็นปัจจัยชีวภาพที่แสดงถึงชีวมวลของแพลงตอนพืชในพื้นที่ปากแม่น้ำแห่งนี้ รวมถึง *N. scintillans* ด้วย โดยในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนพบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่สูงมาก แต่สำหรับในพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายของเซลล์ พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 1.34-200.25 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าสูงในพื้นที่ตอนนอกซึ่งมีการสะสมของ *N. scintillans* และในพื้นที่ตอนในฝั่งตะวันออก เนื่องจากการสะสมของ *Ceratium furca* ซึ่งในรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 10.997-67.470 ไมโครกรัมต่อลิตร (วรินชาและคณะ, 2552) และมีรายงานระดับคลอโรฟิลล์ เอ สูงที่สุดในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน สูงถึง 1,431.12 ไมโครกรัมต่อลิตร ในช่วงที่เกิดการสะสมของ *N. scintillans*

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่า ระดับคลอโรฟิลล์ เอ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 เช่นเดียวกับการศึกษาที่ผ่านมา (วรินชาและคณะ, 2552; Sriwong, 2006) แสดงให้เห็นว่า *N. scintillans* มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของระดับคลอโรฟิลล์ เอ

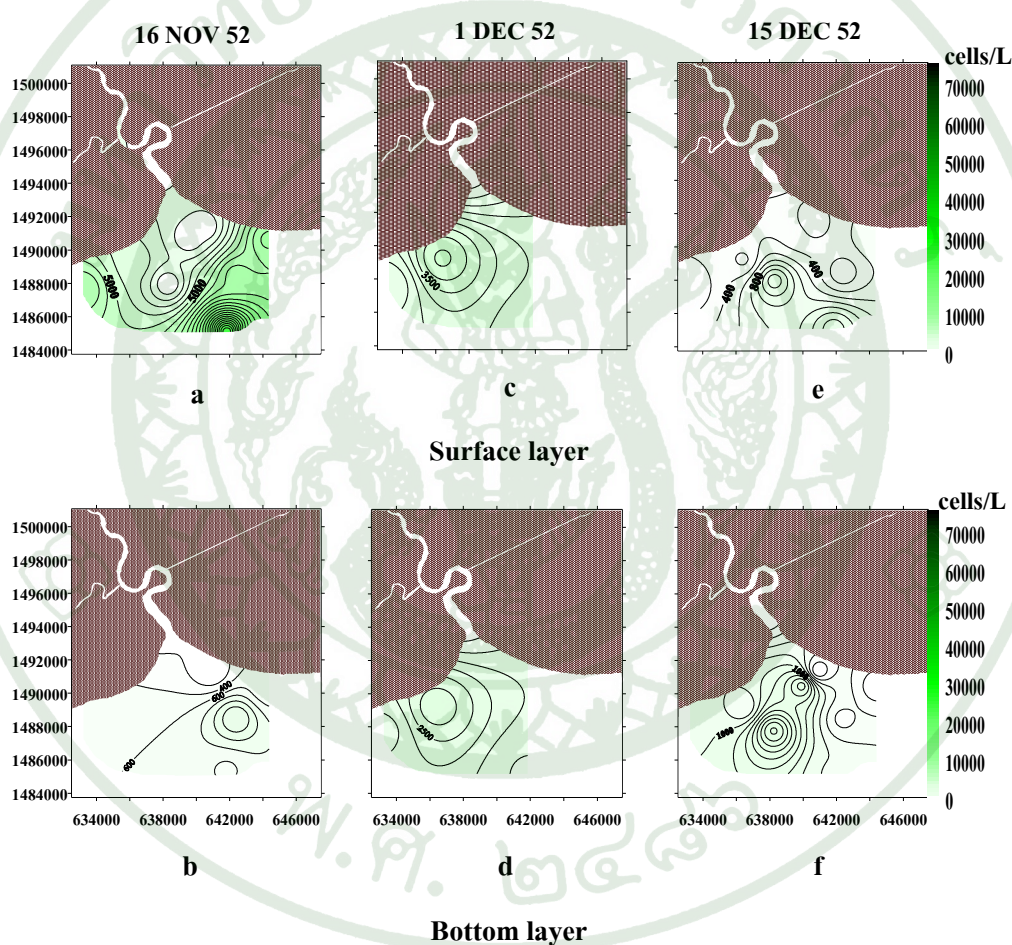
2 การติดตามการเกิดทดแทนที่ของประชากร *Noctiluca scintillans* ในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก

2.1 การศึกษาเชิงปริมาณและคุณภาพของ *Noctiluca scintillans*

4.1.1 ความหนาแน่นของประชากร *Noctiluca scintillans* (เชิงปริมาณ)

ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) *N. scintillans* มีความหนาแน่นเซลล์ 0-24,000 เซลล์ต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0-24,000 และ 0-1,400 เซลล์ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $5,333 \pm 7,648$ และ 414 ± 505 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งไม่พบเซลล์ *N. scintillans* ในพื้นที่ตอนในเขตที่เป็นตัวลำนํ้า ส่วนในสถานี TN26 พบความหนาแน่นของ *N. scintillans* สูงสุดในครั้งนี้อยู่ที่ค่าสูงสุดที่พบเซลล์คือในสถานี TN5 เพียง 33 เซลล์

ต่อลิตรเท่านั้น ซึ่งแนวโน้มการแพร่กระจายพบว่าเซลล์มีความหนาแน่นในพื้นที่ตอนนอกทางฝั่งตะวันออก ส่วนฝั่งตะวันตกพบหนาแน่นในบริเวณสถานี TN30 และลดลงในพื้นที่ตอนในดังภาพที่ 22 สำหรับการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ที่ระดับความลึกเหนือผิวดินตะกอนมีความหนาแน่นน้อยกว่าที่ผิวน้ำอย่างมาก เนื่องจากในปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินกอนมีความแตกต่างกัน ดังเช่น ปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงไปใต้น้ำที่ระดับลึกลงไปจะน้อยกว่า รวมถึงปริมาณธาตุอาหาร อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการเจริญของ *N. scintillans*



ภาพที่ 22 การแพร่กระจายของเซลล์ *Noctiluca scintillans* (เซลล์ต่อลิตร) ในช่วงฤดูน้ำหลากปี 2555 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b), ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) *N. scintillans* มีความหนาแน่นเซลล์ 0-4,600 เซลล์ต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0-4,600 และ 0-3,333 เซลล์ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2,117 \pm 1,909$ และ $1,400 \pm 1,404$ เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ในสถานี TN16 มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดในครั้งนี้ซึ่งอยู่พื้นที่ฝั่งตะวันตกของปากแม่น้ำ และไม่พบเซลล์ในสถานีตอนในลำน้ำ ที่ระดับผิวน้ำมีความหนาแน่นเซลล์มากกว่าที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนเล็กน้อย ในภาพรวมครั้งนี้การแพร่กระจายไม่มีความแตกต่างตามพื้นที่มากนัก

ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) *N. scintillans* มีความหนาแน่นเซลล์ 0-2,433 เซลล์ต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0-1,500 และ 0-2,433 เซลล์ต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 420 ± 597 และ 879 ± 864 เซลล์ต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับน้ำ 2 เมตรในสถานี TN14 พบว่ามีความหนาแน่นสูงสุดในครั้งนี้ และต่ำสุดในสถานี TN4 ซึ่งมีความหนาแน่นเพียง 33 เซลล์ต่อลิตรเท่านั้น ส่วนสถานีในตัวลำน้ำไม่พบเซลล์ *N. scintillans* ในครั้งนี้พบว่าที่ระดับน้ำ 2 เมตรมีการแพร่กระจายของ *N. scintillans* หนาแน่นกว่าที่ระดับผิวน้ำ และมีรูปแบบการแพร่กระจายไม่สม่ำเสมอ

จากผลการศึกษาในช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2552) ทั้ง 3 ครั้ง พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวปากแม่น้ำทำจินความหนาแน่นของเซลล์ *N. scintillans* อยู่ระหว่าง 0-24,000 เซลล์ต่อลิตร ซึ่งมีความหนาแน่นสูงสุดที่สถานี TN26 ในเดือนพฤศจิกายน เมื่อเปรียบเทียบแต่ละครั้งพบว่าความหนาแน่นเซลล์มีแนวโน้มลดลงในเดือนธันวาคม ซึ่งช่วงกลางเดือนพบมีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดเพียง 2,433 เซลล์ต่อลิตร ในสถานี TN14 ที่ระดับน้ำ 2 เมตร แสดงให้เห็นว่าการแพร่กระจายของ *N. scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำทำจิน พบเซลล์มีความหนาแน่นมากในบริเวณตอนนอกของปากแม่น้ำ และลดลงในพื้นที่ตอนในตามระดับความเค็มที่ลดลง และที่ระดับผิวน้ำจะมีความหนาแน่นมากกว่าในระดับที่ลึกลงไป ยกเว้นในช่วงกลางเดือนธันวาคม ซึ่งน่าจะเนื่องความเข้มแสงที่มีสูงที่ระดับผิวน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวจึงส่งผลให้ *N. scintillans* เคลื่อนที่ลงมาอยู่ในระดับน้ำด้านล่างมากกว่านั่นเอง

4.1.2 ขนาดเซลล์ของประชากร *Noctiluca scintillans* (เชิงคุณภาพ)

ผลการศึกษาในด้านขนาดเซลล์ในแต่ละกลุ่มประชากรพบว่า เซลล์ *N. scintillans* ที่พบในพื้นที่ปากแม่น้ำทำจินมีขนาดตั้งแต่ 100-925 ไมโครเมตร การแพร่กระจายของ

ขนาดในแต่ละครั้งมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปเล็กน้อย พบการเปลี่ยนแปลงในจำนวนเซลล์ที่มีขนาดเล็กกว่า 300 ไมโครเมตร ดังภาพที่ 23 ผลการศึกษาตัวอย่างในแต่ละครั้งของช่วงฤดูน้ำหลากในเดือนพฤศจิกายน 2552 พบการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทางขนาดอย่างชัดเจน มีประชากรที่ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็ก (< 300 ไมโครเมตร) ถึงร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมด (ภาพที่ 23 a) หลังจากนั้นอีก 2 สัปดาห์ (ต้นเดือนธันวาคม) ประชากรได้พัฒนาเป็นเซลล์ขนาดกลาง-ขนาดใหญ่ (≥ 300 ไมโครเมตร) เกือบทั้งหมด พบเซลล์ขนาดเล็กน้อยลงมาก ซึ่งมีสัดส่วนของเซลล์ขนาดเล็กเหลือเพียงร้อยละ 2 ของประชากรทั้งหมด โครงสร้างด้านขนาดของประชากรแสดงแนวโน้มเคลื่อนตัวไปทางด้านขวา (ภาพที่ 23 b) ซึ่งเป็นการเพิ่มขนาดในช่วงสัปดาห์แรก และหลังจากนั้นเมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 2 (กลางเดือนธันวาคม) พบว่าเซลล์ขนาดเล็กเกิดขึ้นในประชากรอีกครั้ง (ภาพที่ 23 c) ซึ่งมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 12 ของประชากรทั้งหมด

ในสถานะที่เกิดเซลล์ขนาดเล็กขึ้นนั้น โดยส่วนใหญ่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ที่เกิดจากการรวมตัวของแกมีต ซึ่งในเดือนพฤศจิกายน 2552 เป็นช่วงระยะหลังการสะพรั่ง ประชากรของ *Noctiluca* มีความหนาแน่นของเซลล์สูงพอที่ทำให้เกิดการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศขึ้นได้ จึงพบเซลล์ขนาดเล็กเกิดขึ้นในช่วงเวลาดียวกัน ในระหว่างการสำรวจช่วงเดือนธันวาคมทั้งสองครั้ง พบความหนาแน่นของเซลล์ที่สูงอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่ามีเพิ่มจำนวนเซลล์ของ *N. scintillans* เกิดขึ้นอยู่นอกจากนี้ ในการสำรวจยังพบเซลล์ขนาดเล็กได้ในช่วงกลางเดือนธันวาคม นั้นแสดงให้เห็นว่าความถี่ในการสะพรั่งของประชากร ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนนี้ มีความถี่ในการสะพรั่งของประชากร *N. scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนเกิดได้มากกว่า 1 ครั้งในช่วง 2 สัปดาห์ที่ห่างกัน และยังหลักฐานของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่เกิดได้เป็นระยะๆ ด้วย

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรในเชิงฤดูกาลพบว่า โครงสร้างทางด้านขนาดของเซลล์ *N. scintillans* มีแนวโน้มเคลื่อนตัวไปทางขวา โดยสัดส่วนของเซลล์ขนาดนั้นมีแนวโน้มลดลงจากช่วงฤดูน้ำหลากปี 2552 ซึ่งในช่วงฤดูแล้งพบสัดส่วนของเซลล์ขนาดเล็กเหลือเพียงร้อยละ 8 ของประชากรทั้งหมด โดยในช่วงต้นฤดูน้ำหลาก และฤดูน้ำหลากในปี 2553 พบสัดส่วนของเซลล์ขนาดเล็กเหลือเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น (ดังภาพที่ 23 และตารางที่ 6) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับในปี 2552 พบว่ามีโครงสร้างแตกต่างกัน เนื่องจากเป็นเซลล์ขนาดกลาง-ขนาดใหญ่เกือบทั้งหมด และพบเซลล์ขนาดใหญ่ที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีขนาดใหญ่ถึง 925 ไมโครเมตร และมีความผันแปรของขนาดเซลล์ มากกว่าในการศึกษาครั้งอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก

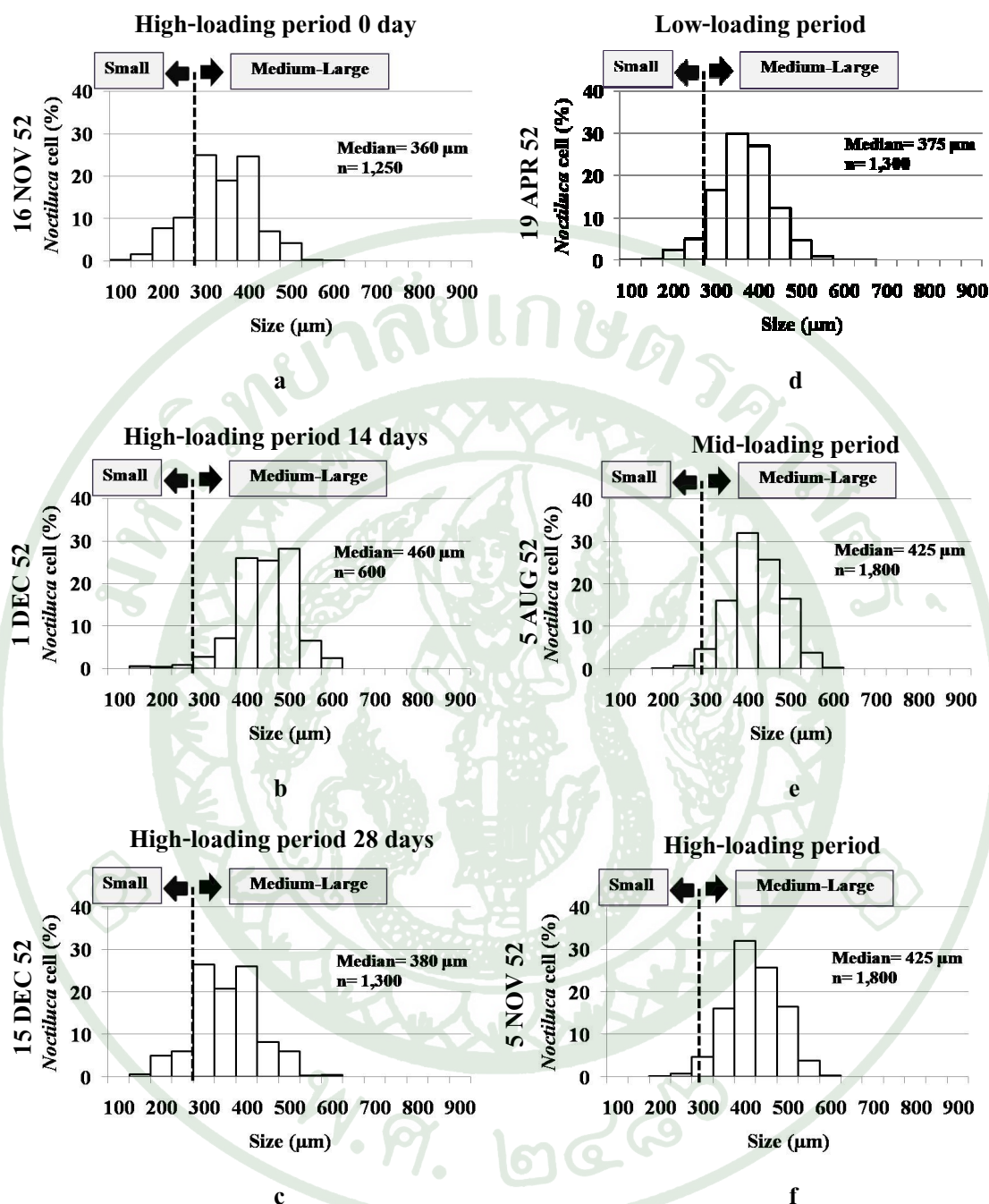
ในฤดูน้ำหลากในปี 2553 พบความหนาแน่นของเซลล์น้อยที่สุดจากการศึกษาในรอบปี จึงมีความเป็นไปได้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นเป็นช่วงหลังการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ซึ่งเกิดการทดแทนที่ของแพลงก์ตอนชนิดอื่น ในภาพรวมแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างทางขนาดเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งมีอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะของจำนวนประชากร

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของประชากร จากสัดส่วนด้านขนาดของเซลล์ (ตารางที่ 6 และภาพที่ 23) จะพบว่าประชากร *Noctiluca* ที่พบในพื้นที่ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลล์ขนาดกลาง โดยเฉพาะขนาด (300-500 μm) เป็นสัดส่วนที่มากที่สุด เซลล์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ในช่วง 360-460 μm ขนาดดังกล่าวนี้มีค่าค่อนข้างเล็ก เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่พบจากพื้นที่ปากแม่น้ำอื่น ๆ ของประเทศไทย *N. scintillans* ที่พบจากการศึกษาของ Sriwoon (2006) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงนั้นพบว่ามีความหนาแน่นเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 255-765 μm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยเท่ากับ 500 μm Uhlig and Sahling (1990) และ Buskey (1995) รายงานว่า ขนาดของเซลล์นั้นขึ้นอยู่กับสภาวะของธาตุอาหารในน้ำ เซลล์ที่ได้รับอาหารอย่างต่อเนื่องจะมีการแบ่งเซลล์ซ้ำ ๆ ซึ่งส่งผลให้เซลล์มีขนาดเล็กลง

ตารางที่ 6 ขนาดเซลล์ และสัดส่วนของเซลล์ขนาดเล็ก: เซลล์ขนาดใหญ่ ของประชากร *Noctiluca scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน

วันที่	ขนาดเซลล์ (ไมโครเมตร)	ค่าเฉลี่ยมัธยฐาน (ไมโครเมตร)	สัดส่วนเซลล์ขนาดเล็ก*: ขนาดกลาง-ขนาดใหญ่
16 พ.ย. 52	120-600	360	1:4
1 ธ.ค. 52	160-640	460	1:4.9
15 ธ.ค. 52	160-600	380	1:7.3
19 เม.ย. 53	100-675	375	1:11.5
5 ส.ค. 53	200-625	425	1:99
5 พ.ย. 53	200-925	432	1:99

*น้อยกว่า 300 ไมโครเมตร



ภาพที่ 23 โครงสร้างทางขนาดของประชากร *Noctiluca scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ช่วงกลางฤดูน้ำหลาก 2552 (a-c: ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a), ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนพฤศจิกายน (b) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนพฤศจิกายน (c)) ฤดูแล้ง 2553 (d) ต้นฤดูน้ำหลาก 2553 (e) และกลางฤดูน้ำหลาก 2553 (f)

4.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ และบทบาทต่อ *Noctiluca scintillans*

4.2.1 อุณหภูมิ

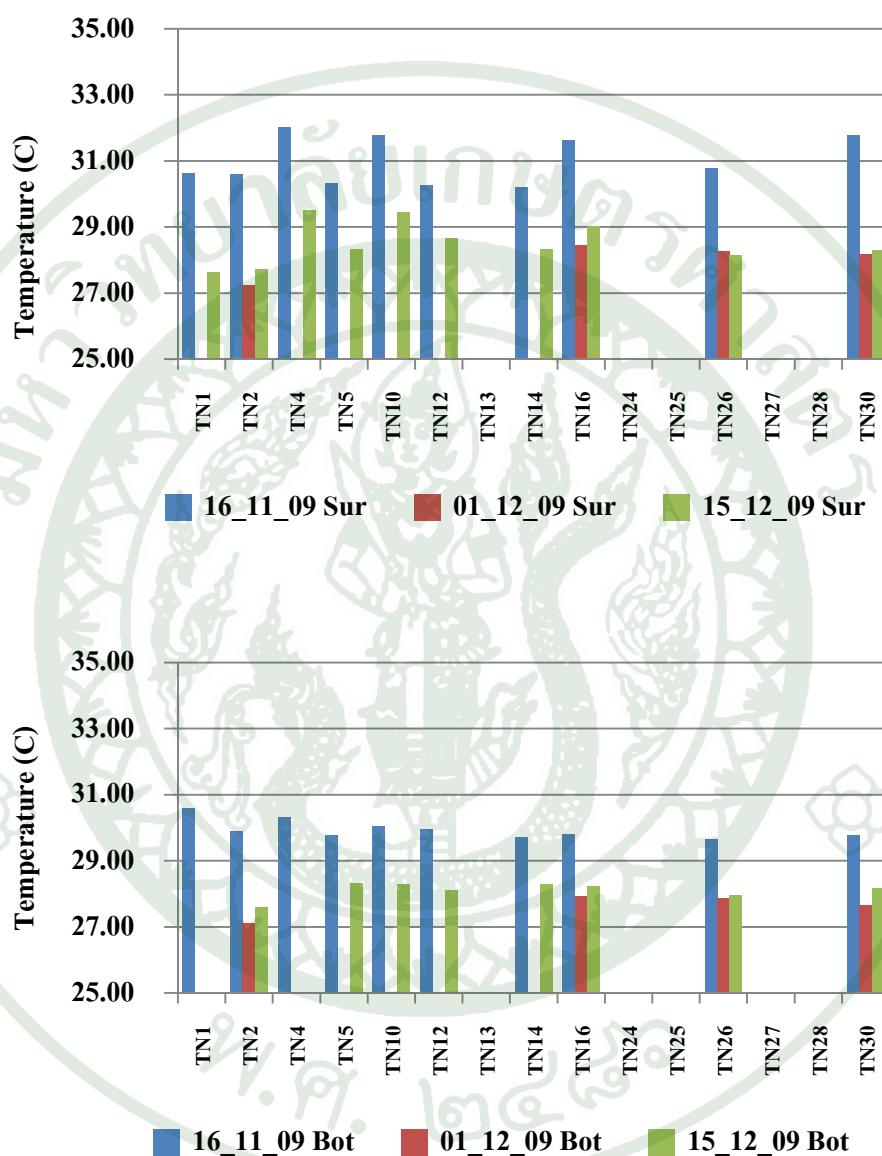
ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) อุณหภูมิในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนอยู่ระหว่าง 29.24-32.01 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงสุดในสถานี TN4 และต่ำสุดในสถานี TN26 ที่ระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอน อุณหภูมิบริเวณฝัดน้ำและที่ระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนมีอุณหภูมิ 30.21-32.01 และ 29.64-30.59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งจากค่าเฉลี่ยพบว่าบริเวณฝัดน้ำ ($\bar{X}$ = 31.00±0.72 องศาเซลเซียส) มีอุณหภูมิสูงกว่าที่ระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอน ($\bar{X}$ = 29.95±0.30 องศาเซลเซียส) ประมาณ 1 องศาเซลเซียส

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 27.11-28.43 องศาเซลเซียส โดยที่ระดับฝัดน้ำและระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.22-28.43 และ 27.11-27.93 องศาเซลเซียส ที่ระดับน้ำดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.02±0.54 และ 27.64±0.37 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยอุณหภูมิมีค่าสูงสุดในสถานี TN16 และต่ำสุดในสถานี TN2

ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) อุณหภูมิบริเวณปากแม่น้ำในครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 27.59-29.51 องศาเซลเซียส ที่ระดับฝัดน้ำและน้ำที่ระดับเหนือฝัดดินตะกอนมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27.6-29.51 และ 27.59-29.51 องศาเซลเซียส ที่ระดับน้ำดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.51±0.65 และ 28.27±0.52 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยอุณหภูมิมีค่าสูงสุดในสถานี TN4 และต่ำสุดในสถานี TN2

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของอุณหภูมิทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่าในเดือนพฤศจิกายนอุณหภูมิในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนแตกต่างจากในช่วงเดือนธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยในเดือนพฤศจิกายนมีอุณหภูมิสูงกว่าในเดือนธันวาคมประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไม่มีความผันแปรตามสถานีศึกษา แต่พบว่าอุณหภูมิที่ระดับฝัดน้ำสูงกว่าระดับเหนือฝัดดินตะกอน โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ในเดือนพฤศจิกายน และที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในเดือนธันวาคม แสดงให้เห็นว่าในเดือนพฤศจิกายนอุณหภูมิมีความแตกต่างระหว่างระดับน้ำทั้งสอง

ระดับมากกว่าในเดือนธันวาคม ทั้งนี้เนื่องจากในเดือนพฤศจิกายนมีระดับน้ำที่ลึกกว่า จึงส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณผิวน้ำมีค่าสูงกว่าที่ระดับน้ำด้านล่าง



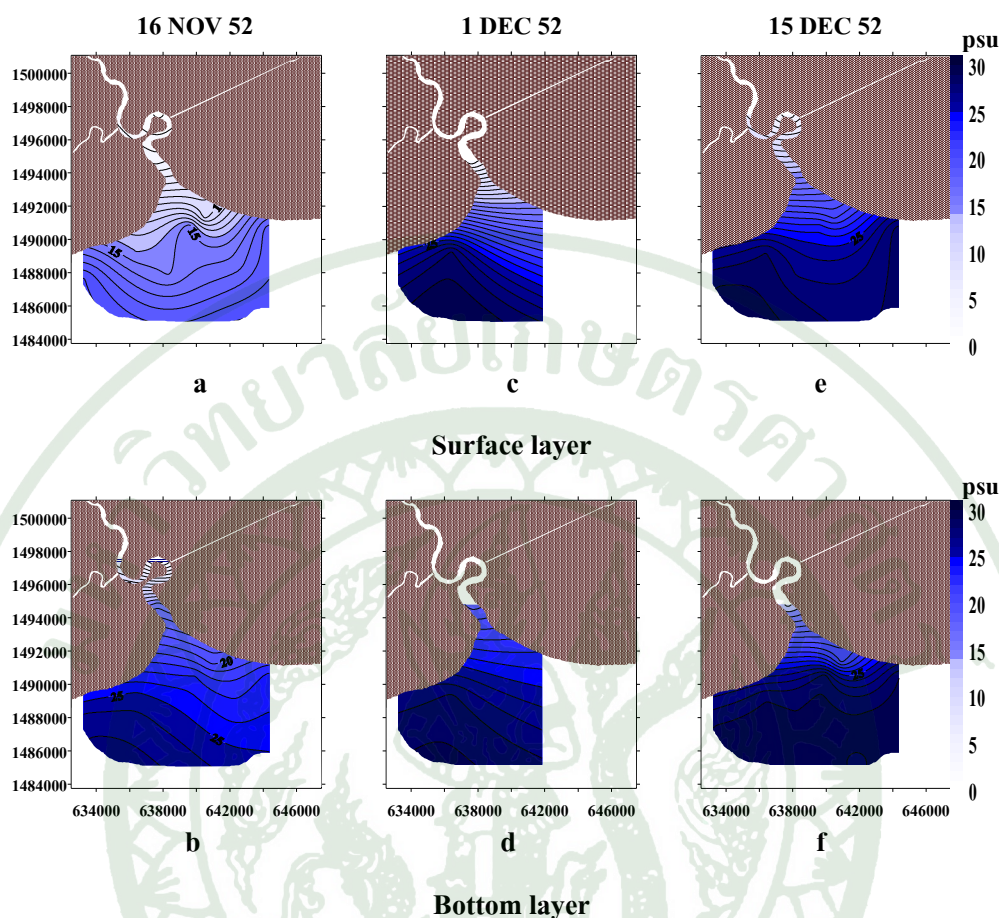
ภาพที่ 24 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่ตอมน้ำน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552

4.2.2 ความเค็ม

ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) ความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีพิสัยอยู่ในช่วง 0.80-26.58 psu โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-20.09 และ 0.93-26.58 psu ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 13.31 ± 6.69 และ 20.92 ± 7.77 psu ตามลำดับ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความเค็มที่ระดับผิวน้ำต่ำกว่าในระดับน้ำที่ลึกลงไปเนื่องจากมวลน้ำเค็มมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด ซึ่งความหนาแน่นของน้ำจะแปรผันตามความเค็มที่เพิ่มขึ้น (สุวจิน, 2550) ส่งผลให้มวลน้ำที่เค็มกว่ามักจะอยู่ด้านล่างเสมอ ความเค็มในแต่ละสถานីมีความผันแปรมาก โดยจะมีความเค็มต่ำในพื้นที่ตอนในและสูงขึ้นในพื้นที่ตอนนอก ซึ่งเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างจากปากแม่น้ำ โดยมีความเค็มต่ำสุดในสถานี TN1 ที่อยู่ตอนในบริเวณลำน้ำ และสูงสุดในสถานี TN30 บริเวณฝั่งตะวันตกในแนวนอกสุด

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) ความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีพิสัยอยู่ในช่วง 3.13-28.34 psu โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำที่ 3 เมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 3.13-28.11 และ 18.52-28.34 psu ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 21.62 ± 12.33 และ 25.84 ± 4.88 psu ตามลำดับ โดยมีความเค็มสูงสุดในสถานี TN30 ที่ระดับน้ำ 3 เมตร และต่ำสุดในสถานี TN2 ที่ระดับผิวน้ำ ความเค็มที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับ 3 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นในสถานีในลำน้ำที่พบว่าบริเวณผิวน้ำมีความเค็มต่ำกว่ามาก เนื่องจากยังได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดมากกว่าในสถานีอื่น ๆ แม้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่น้ำขึ้นสูงสุดของวันก็ตาม รวมถึงความลึกมีค่อนข้างมากทำให้มีความแตกต่างของความเค็มในสถานีดังกล่าวนั่นเอง

ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) ความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีพิสัยอยู่ในช่วง 3.33-29.00 psu โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำที่ 2 เมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 3.33-28.72 และ 12.68-29.00 psu ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 22.58 ± 8.54 และ 26.84 ± 5.72 psu ตามลำดับ ความเค็มที่ระดับผิวน้ำต่ำกว่าที่ระดับ 2 เมตร ประมาณ 1-3 psu ซึ่งในบางสถานี อาทิ สถานี TN4, TN10 และ TN30 ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยในครั้งนี้นำตรวจพบความเค็มสูงสุดในสถานี TN5 และ TN4 ที่ระดับความลึก 2 เมตร



ภาพที่ 25 การแพร่กระจายของความเค็ม (psu) ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b), ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))

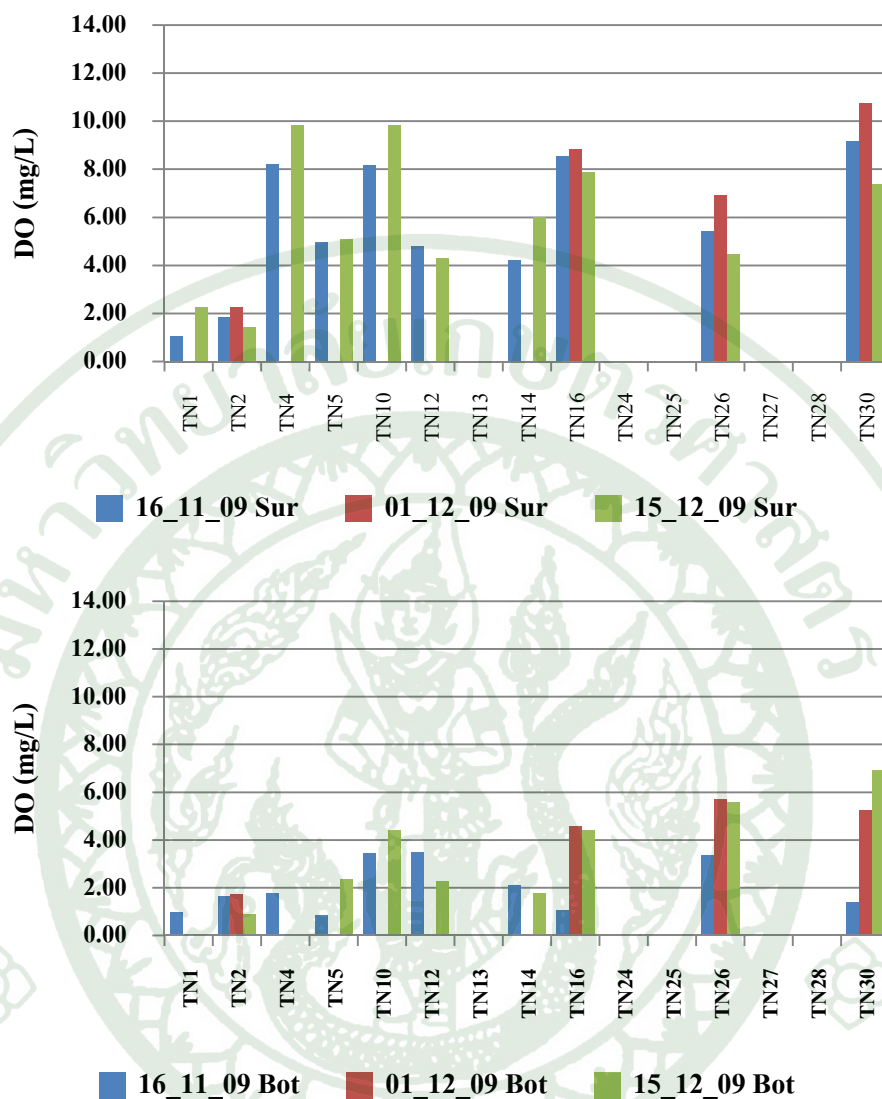
การแพร่กระจายของความเค็มในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.80-29.00 psu โดยพบว่าในเดือนพฤศจิกายนมีความเค็มต่ำสุด ส่วนในเดือนธันวาคมมีความผันแปรของความเค็มใกล้เคียงกันทั้ง 2 ครั้ง เนื่องจากปริมาณน้ำท่าในเดือนพฤศจิกายนมีปริมาณสูงกว่าในเดือนธันวาคม ซึ่งปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 18.84 และ 13.42 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคกลาง กรมชลประทาน, 2555) จากภาพที่ 25 แสดงให้เห็นว่าความเค็มในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงกลางฤดูน้ำหลากมีความเค็มต่ำในพื้นที่ตอนในบริเวณลำน้ำซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบนิเวศน้ำจืดและน้ำเค็ม จึงทำให้ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดมากกว่าสถานอื่น ๆ และความเค็มมีแนวโน้มสูงขึ้นในแนวตอนนอกของปากแม่น้ำ เมื่อ

วิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าความเค็มจากการตรวจวัดทั้ง 3 ครั้ง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.3 ออกซิเจนละลายน้ำ

ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) ค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.88-9.20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.06-9.20 และ 0.88-3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 5.65 ± 2.85 และ 2.02 ± 1.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าออกซิเจนละลายน้ำแตกต่างกันมาก เนื่องจากเป็นช่วงเวลาน้ำขึ้น ส่งผลให้เกิดการแบ่งชั้นของน้ำโดยบริเวณผิวน้ำเป็นมวลน้ำจืด และมวลน้ำเค็มอยู่ในระดับน้ำด้านล่าง ซึ่งมักจะมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำ ประกอบกับระดับความลึกของน้ำมีมากในครั้งนี ทำให้การแพร่ผ่านของออกซิเจนลงไปในระดับน้ำที่ลึกมีน้อย จึงทำให้เห็นความแตกต่างของค่าออกซิเจนละลายน้ำอย่างชัดเจน นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชที่ล่องลอยอยู่บริเวณผิวน้ำซึ่งมีมากกว่าในระดับน้ำด้านล่างนั้น มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับมวลน้ำที่ผิวน้ำของแหล่งน้ำมากกว่า ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาในสถานี TN 4, 10, 16 และ 30 ที่มีค่าออกซิเจนละลายน้ำเกินจุดอิ่มตัว และมีค่าสูงสุดถึง 9.20 ที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN 30 นั้นเอง

สำหรับค่าออกซิเจนในแต่ละสถานีพบว่ามีความแตกต่างกันตามพื้นที่ โดยในสถานีที่อยู่ในลำน้ำ (TN1 และ 2) ที่ระดับผิวน้ำออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำที่สุดในพื้นที่ (1.06 และ 1.83 มิลลิกรัมต่อลิตร) เนื่องจากในบริเวณสถานีดังกล่าวเป็นเขตอุตสาหกรรม ชุมชน รวมถึงการเป็นแหล่งจอดเรือของเรือประมงขนาดใหญ่จำนวนมาก ส่งผลให้มีปริมาณสารอินทรีย์สูง เกิดการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ซึ่งกระบวนการย่อยสลายนั้นจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการ จึงทำให้ออกซิเจนในมวลน้ำถูกนำไปใช้ในปริมาณมาก ประกอบกับบริเวณดังกล่าวน้ำมีลักษณะขุ่น พบขยะ และซากพรรณไม้น้ำ เช่น ผักตบชวา บริเวณผิวน้ำจำนวนมาก แสงที่ส่องผ่านลงไปมวลน้ำจึงมีได้น้อย ซึ่งกระทบต่อการผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนในบริเวณนั้น



ภาพที่ 26 ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นท้องน้ำเหนือดินตะกอน (ภาพล่าง) พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552

สำหรับพื้นที่ในแนวร่องน้ำ (TN5 13 และ 26) และสถานีใกล้เคียงซึ่งอยู่บริเวณตอนกลางของปากแม่น้ำนั้นออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.86 ± 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในสถานีที่อยู่ใกล้ริมฝั่งทั้งตะวันออก (TN4 และ 10) และตะวันตก (TN16 และ 30) พบว่ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงมากจนเกินจุดอิ่มตัว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.55 ± 0.46 มิลลิกรัมต่อลิตร

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) ค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 1.73-10.76 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 2.27-10.76 และ 1.73-5.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 7.19 ± 3.64 และ 4.32 ± 1.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำที่ระดับผิวน้ำสูงกว่าระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน โดยในครั้งนี้นำพบค่าออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดในสถานี TN30 และต่ำสุดในสถานี TN2

ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) ค่าออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.90-9.86 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.44-9.86 และ 0.90-6.94 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยทั้งสองระดับมีค่าเท่ากับ 5.86 ± 2.90 และ 3.58 ± 2.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าสูงเกินจุดอิ่มตัวในแนวริมฝั่งตะวันออกและตะวันตก ซึ่งในฝั่งตะวันออกนั้นมีค่าสูงกว่าในฝั่งตะวันตก และสูงสุดในสถานี TN4 และ TN10 ส่วนในบริเวณตอนกลางของปากแม่น้ำพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.98 ± 0.77 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำสุดในสถานีที่อยู่ในตัวลำน้ำ (TN1 และ 2)

ค่าออกซิเจนละลายน้ำในช่วงฤดูน้ำหลากปี 2552 มีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.88-10.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงสุดในช่วงต้นเดือนธันวาคม และต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน โดยทั้ง 3 ครั้งมีแนวโน้มของค่าออกซิเจนละลายน้ำใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในภาพรวมค่าออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าสูงในพื้นที่ริมฝั่งตะวันออกและตะวันตก และลดลงในพื้นที่ตอนกลางของปากแม่น้ำและแนวร่องน้ำ และมีค่าต่ำสุดในสถานีที่ตั้งอยู่ในตัวลำน้ำ เนื่องจากอิทธิพลของน้ำจืด ซึ่งมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำจากการนำไปใช้ของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่นำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีสูงมากในพื้นที่ที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างลำน้ำท่าจีนและปากแม่น้ำ จึงส่งผลให้ค่าออกซิเจนในบริเวณนี้ต่ำที่สุดในพื้นที่ และส่งผลต่อค่าออกซิเจนละลายน้ำในสถานีแนวร่องน้ำที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดมากกว่าพื้นที่อื่น

4.2.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

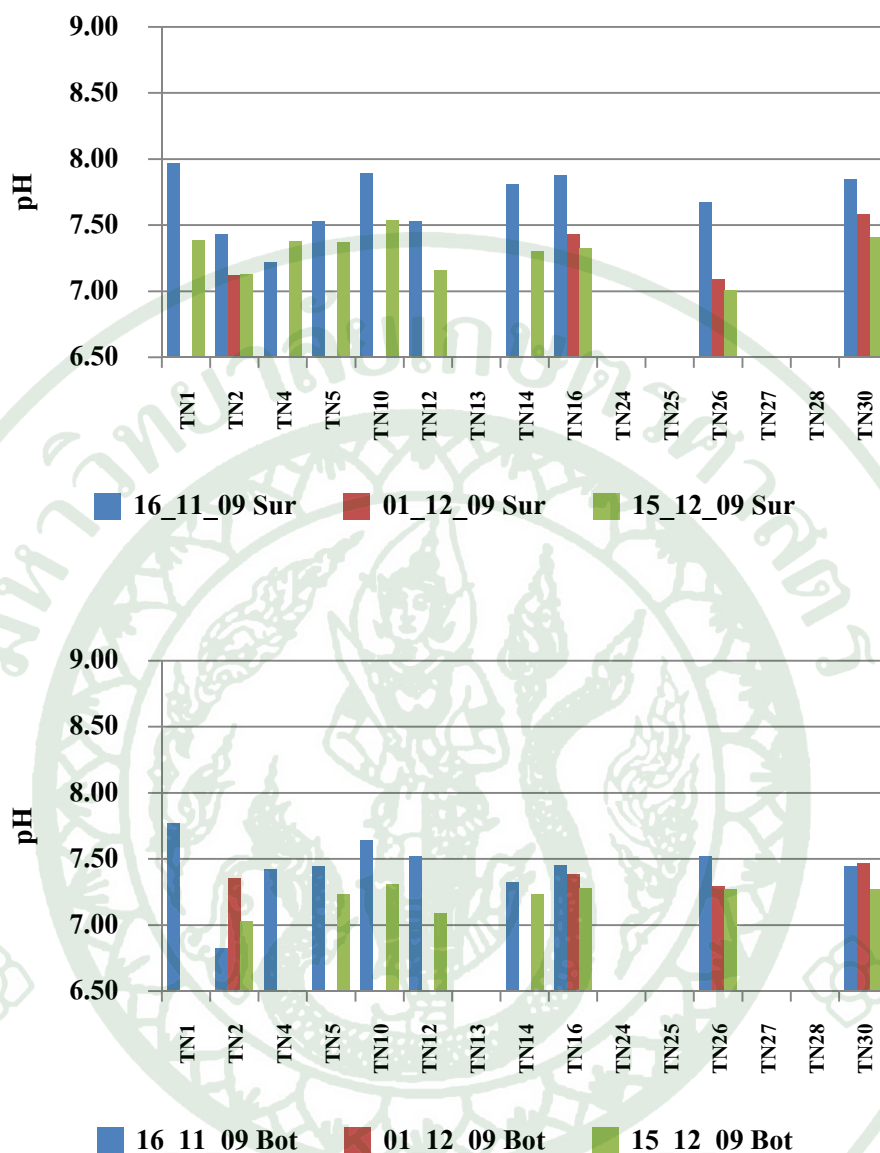
ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนอยู่ระหว่าง 6.82-7.97 ซึ่งบริเวณผิวน้ำและที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่า 7.22-7.97 และ 6.82-

7.77 ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดในสถานี TN1 และต่ำสุดในสถานี TN2 ที่ระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอน ซึ่งจากค่าเฉลี่ยพบว่าบริเวณฝัดน้ำ ($\bar{X}=7.68\pm0.24$) มีค่าสูงกว่าที่ระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอน ($\bar{X}=7.43\pm0.25$) เล็กน้อยเนื่องจากบริเวณฝัดน้ำมีอุณหภูมิที่สูงกว่า เนื่องจากมีการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าในระดับน้ำที่ลึกลงไป ซึ่งมักจะมีการย่อยสลายสูง ทำให้เกิดสภาวะเป็นกรดมากขึ้น

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) ความเป็นกรดเป็นด่างในช่วงนี้พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 7.09-7.58 ซึ่งบริเวณฝัดน้ำและระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนมีค่า 7.09-7.58 และ 7.29-7.47 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.31 ± 0.24 และ 7.37 ± 0.07 ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดในสถานี TN30 และต่ำสุดในสถานี TN26 โดยที่น้ำทั้งสองระดับมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่แตกต่างกัน และไม่มีความแตกต่างในเชิงพื้นที่

ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.01-7.54 ซึ่งบริเวณฝัดน้ำและระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนมีค่า 7.01-7.54 และ 7.03-7.38 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.30 ± 0.16 และ 7.23 ± 0.11 ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดในสถานี TN10 และต่ำสุดในสถานี TN26 โดยที่น้ำทั้งสองระดับมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่แตกต่างกัน และไม่มีความแตกต่างในเชิงพื้นที่

จากข้อมูลการศึกษาในช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2552) พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ในช่วง 6.82-7.97 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทั้ง 3 ครั้งที่ทำการศึกษา และไม่มีความผันแปรมากนักทั้งตามระดับความลึกและพื้นที่ ยกเว้นในเดือนพฤศจิกายนที่พบว่ามีค่าความแตกต่างที่ระดับน้ำฝัดน้ำและระดับน้ำเหนือฝัดดินตะกอนเล็กน้อย เนื่องจากบริเวณฝัดน้ำมีอุณหภูมิที่สูงกว่าเนื่องจากมีการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าในระดับน้ำที่ลึกลงไป ในระดับน้ำที่ลึกลงไปจะมีการย่อยสลายสูงกว่าจึงทำให้ในมวลน้ำมีสภาวะเป็นกรดมากขึ้น เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างจากการศึกษาทั้ง 3 ครั้งในช่วงฤดูน้ำหลาก

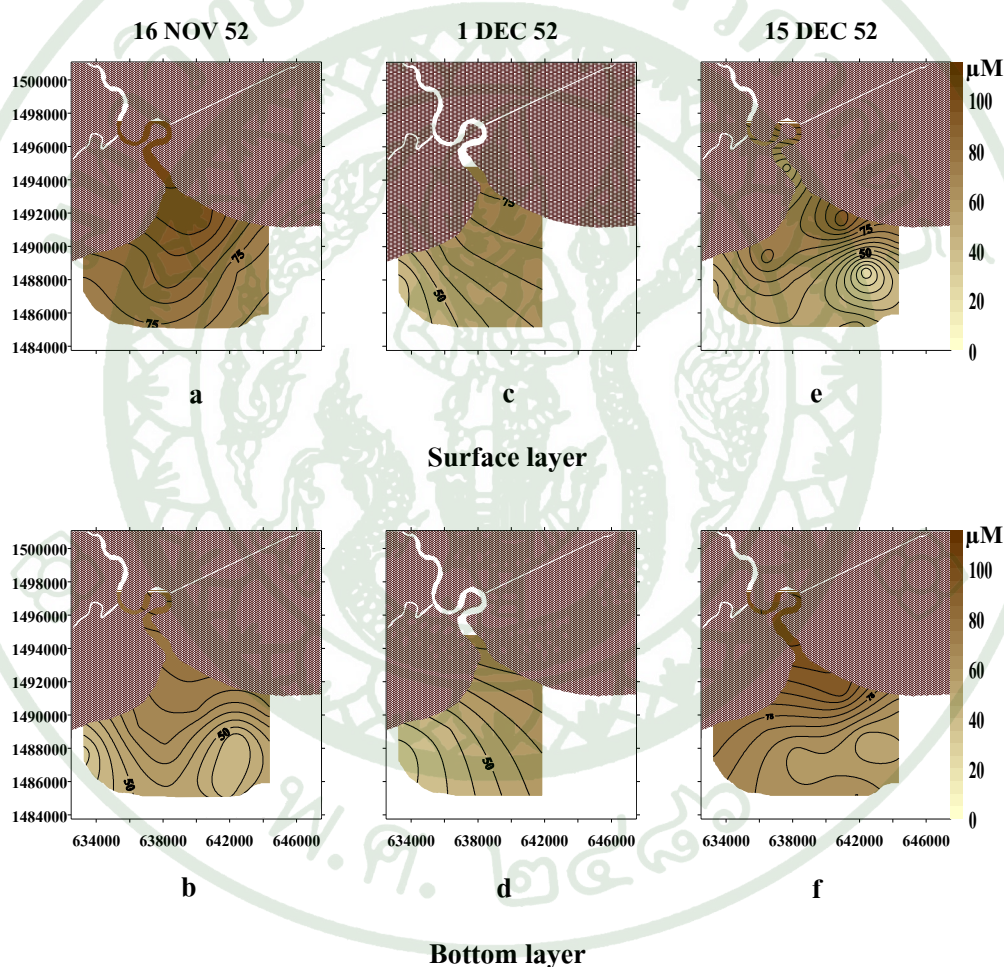


ภาพที่ 27 ความเป็นกรดเป็นด่างที่ระดับผิวน้ำ (ภาพบน) และพื้นที่ต้งน้ำเหนือผิวดินตะกอน (ภาพล่าง) พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552

4.2.5 ซิลิเกต-ซิลิคอน

ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 32.19-102.45 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 66.64-102.45 และ 32.19-93.38 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

84.77±14.02 และ 61.70±20.19 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ซิลิเกต-ซิลิคอนมีความเข้มข้นสูงสุดใน สถานี TN1 และ 2 โดยที่ระดับผิวน้ำมีปริมาณของซิลิเกต-ซิลิคอนสูงกว่าระดับน้ำเหนือผิวดิน ตะกอน และมีแนวโน้มลดลงตามระยะทางที่ห่างจากลำน้ำ ซึ่งมีค่าต่ำสุดในสถานี TN30 ในสถานี ฟังตะวันออกพบว่าการลดลงของซิลิเกต-ซิลิคอนมากกว่าฝั่งตะวันตก เมื่อทดสอบความแตกต่าง ทางสถิติพบว่าปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99



ภาพที่ 28 การแพร่กระจายของซิลิเกต-ซิลิคอน (ไมโครโมลาร์) ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 31.73-78.88 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 36.72-78.88 และ 31.73-78.88 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.50 ± 17.33 และ 53.27 ± 19.98 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ซิลิเกต-ซิลิคอนมีความเข้มข้นสูงสุดในสถานี TN2 และมีแนวโน้มลดลงตามระยะทางที่ห่างจากลำน้ำ ซึ่งมีค่าต่ำสุดในสถานี TN30 ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอน ที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือดินตะกอนไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

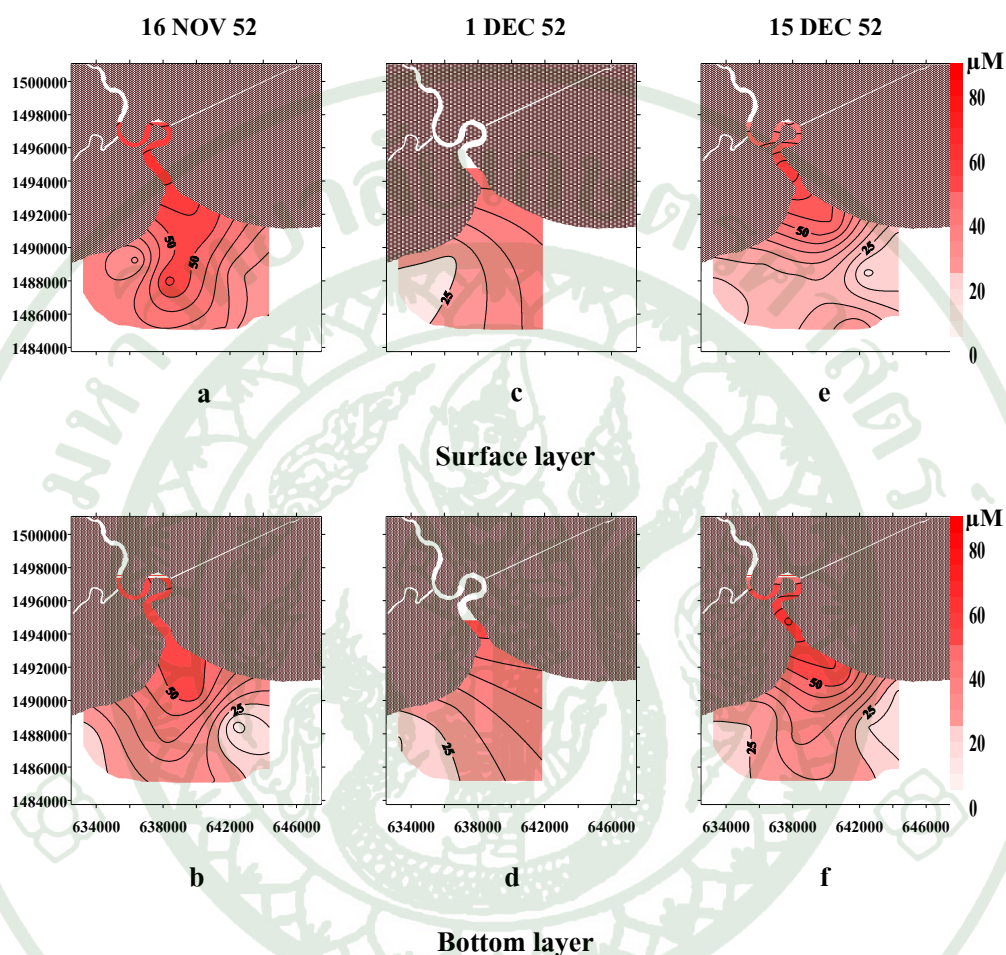
ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) ความเข้มข้นของซิลิเกต-ซิลิคอนในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนมีค่าอยู่ระหว่าง 19.95-102.45 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำที่ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 19.95-96.10 และ 50.77-102.45 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.78 ± 22.60 และ 73.89 ± 17.99 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้สถานีส่วนใหญ่จะพบว่าซิลิเกต-ซิลิคอนที่ระดับผิวน้ำมีค่าต่ำกว่าที่ระดับน้ำ 2 เมตร และมีความผันแปรค่อนข้างมาก โดยเฉพาะสถานี TN 2 ซึ่งเป็นสถานีที่พบว่าที่ระดับน้ำ 2 เมตรมีความเข้มข้นสูงสุดในครั้งนี้ แต่ที่ระดับผิวน้ำมีค่าต่ำกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับเฉพาะที่ระดับผิวน้ำนั้นพบว่าสถานี TN1 มีค่าสูงสุด

จากผลการศึกษาในช่วงฤดูน้ำหลากทั้ง 3 ครั้งพบว่าซิลิเกต-ซิลิคอนมีค่าอยู่ในช่วง 19.95-102.45 ไมโครโมลาร์ โดยในสถานี TN1 และ TN2 นั้นพบว่าเป็นสถานีที่มีค่าสูงสุด และซิลิเกต-ซิลิคอนจะมีแนวโน้มลดลงในสถานีที่อยู่ด้านนอก ซึ่งแปรผันตามระยะทางที่ห่างจากลำน้ำ และมีความผันแปรตามระดับความลึกที่แตกต่างกันในช่วงฤดูน้ำหลากปี 2552 ในเดือนพฤศจิกายน ซิลิเกต-ซิลิคอนมีปริมาณสูงกว่าในเดือนธันวาคม เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่าซิลิเกต-ซิลิคอน ในช่วงฤดูน้ำหลากจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 3 ครั้งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.5 ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ

ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 12.80-64.48 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 28.67-64.48 และ 12.80-56.06 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.60 ± 13.08 และ 37.14 ± 15.33 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ โดยไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าสูงสุดที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN2 และต่ำสุดที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนในสถานี TN12 ซึ่งเป็นด้านตะวันออกของปากแม่น้ำ ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่า

สูงในตัวลำนํ้าและในแนวร่องนํ้า และมีแนวโน้มลดลงในพื้นที่แนวคํ้านอก ฟังตะวันออกและฟังตะวันตกของปากแม่นํ้า



ภาพที่ 29 การแพร่กระจายของไนโตรเจนที่ละลายนํ้า (ไมโครโมลาร์) ในช่วงกลางฤดูนํ้าหลาก 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) ไนโตรเจนละลายนํ้ามีค่าอยู่ระหว่าง 19.80-54.17 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวนํ้าและระดับนํ้าเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 23.64-49.44 และ 19.80-54.17 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.73 ± 12.34 และ 33.94 ± 14.65 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ โดยพบไนโตรเจนละลายนํ้าสูงสุดและต่ำสุดที่ระดับนํ้าเหนือผิวดินตะกอน ในสถานี TN2 และสถานี TN30 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างตามระดับความลึกมากนัก

ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 13.89-69.54 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 13.89-69.54 และ 18.52-66.30 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.16 ± 17.58 และ 34.58 ± 15.89 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ซึ่งตรวจพบค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN2 และสถานี TN12 ตามลำดับ ไนโตรเจนละลายน้ำที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับ 2 เมตรพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แต่ที่ระดับน้ำ 4 เมตร ในสถานี TN30 ไนโตรเจนละลายน้ำลดลงถึงระดับ 3.25 ไมโครโมลาร์ แสดงว่าไนโตรเจนละลายน้ำมีความผันแปรอย่างมากในระดับที่ลึกมากกว่า 2 เมตร

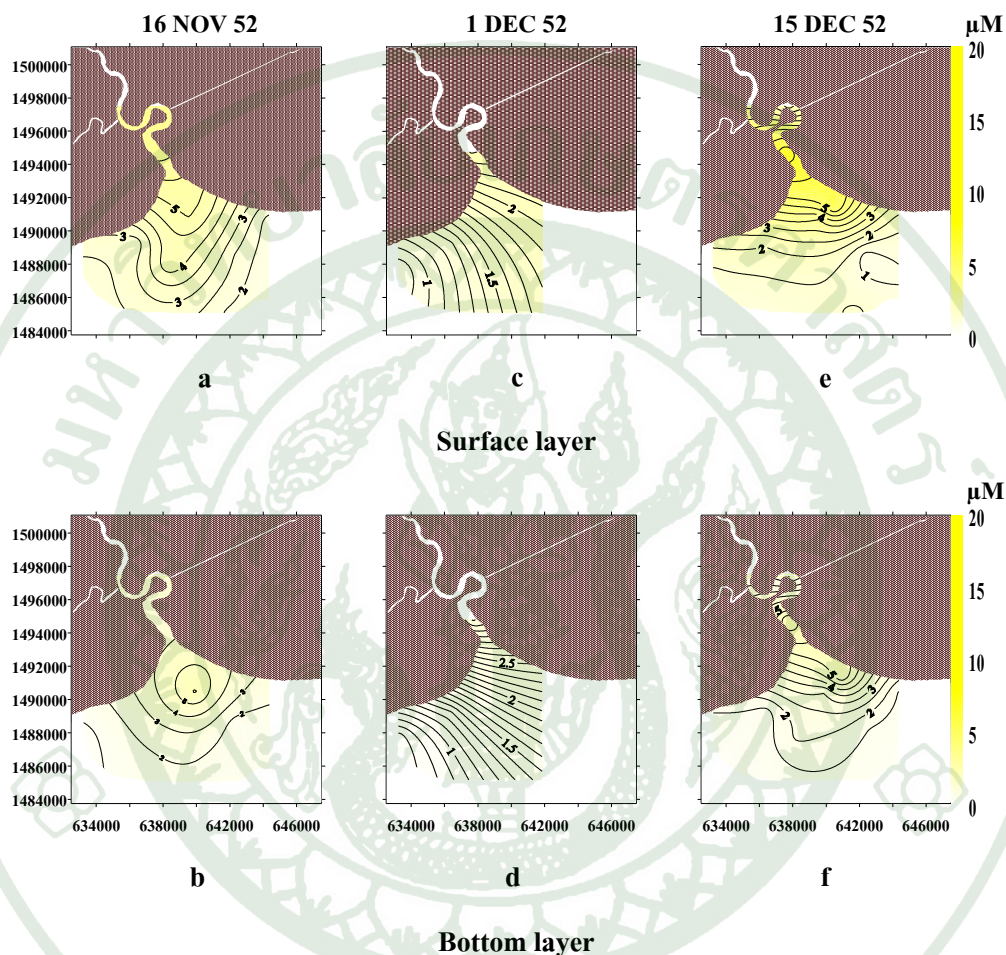
จากผลการศึกษาบริเวณพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในช่วงฤดูน้ำหลากปี 2552 ไนโตรเจนละลายน้ำมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 12.80-69.54 ไมโครโมลาร์ โดยในสถานี TN2 มีความเข้มข้นสูงที่สุดในการศึกษาทั้ง 3 ครั้ง และสูงสุดในช่วงกลางเดือนธันวาคม ส่วนในสถานีตอนนอกนั้นปริมาณไนโตรเจนละลายน้ำจะลดต่ำลง โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน ที่ระดับพื้นที่ตื้น น้ำเหนือดินตะกอนในสถานี TN12 แต่ในภาพรวมพบว่าในเดือนพฤศจิกายนมีความเข้มข้นของไนโตรเจนละลายน้ำสูงกว่าในเดือนธันวาคม และมีความผันแปรตามพื้นที่ไม่มากนัก เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างของไนโตรเจนละลายน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก

4.2.6 ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.64-6.43 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 1.77-6.43 และ 0.64-6.11 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 ± 1.79 และ 2.64 ± 1.59 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสสูงสุดที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN1 และต่ำสุดที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนในสถานี TN30 โดยออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีสูงในลำน้ำเนื่องจากการใช้ประโยชน์ของชุมชนตลอดแนวลำน้ำท่าจีน โดยเฉพาะสารซักล้างที่เป็นแหล่งของฟอสฟอรัส และพบว่ามีแนวโน้มลดลงในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีค่าอยู่ระหว่าง 0.64-3.22 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0.80-2.41 และ 0.64-3.22 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.57 ± 0.69 และ 1.65 ± 1.10 ไมโครโม

ลาร์ ตามลำดับ โดยตรวจพบค่าสูงสุดและต่ำสุดที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนในสถานี TN2 และ TN30 ตามลำดับ ในครั้งนี้แต่ละสถานีไม่มีความผันแปรมากนัก



ภาพที่ 30 การแพร่กระจายของออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 (ครั้งที่ 1 (0 วัน) เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 (14 วัน) ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) และ ครั้งที่ 3 (28 วัน) กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f))

ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-7.56 ไมโครโมลาร์ โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 0.80-7.56 และ 1.13-6.43 ไมโครโมลาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.83 ± 2.12 และ 2.23 ± 1.68 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ ในครั้งนี้ตรวจพบออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสสูงสุดที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN2 และต่ำสุดใน

สถานี TN12 โดยออร์โทฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีความเข้มข้นสูงในสถานีตอนในและมีแนวโน้มลดลงในสถานีตอนนอก

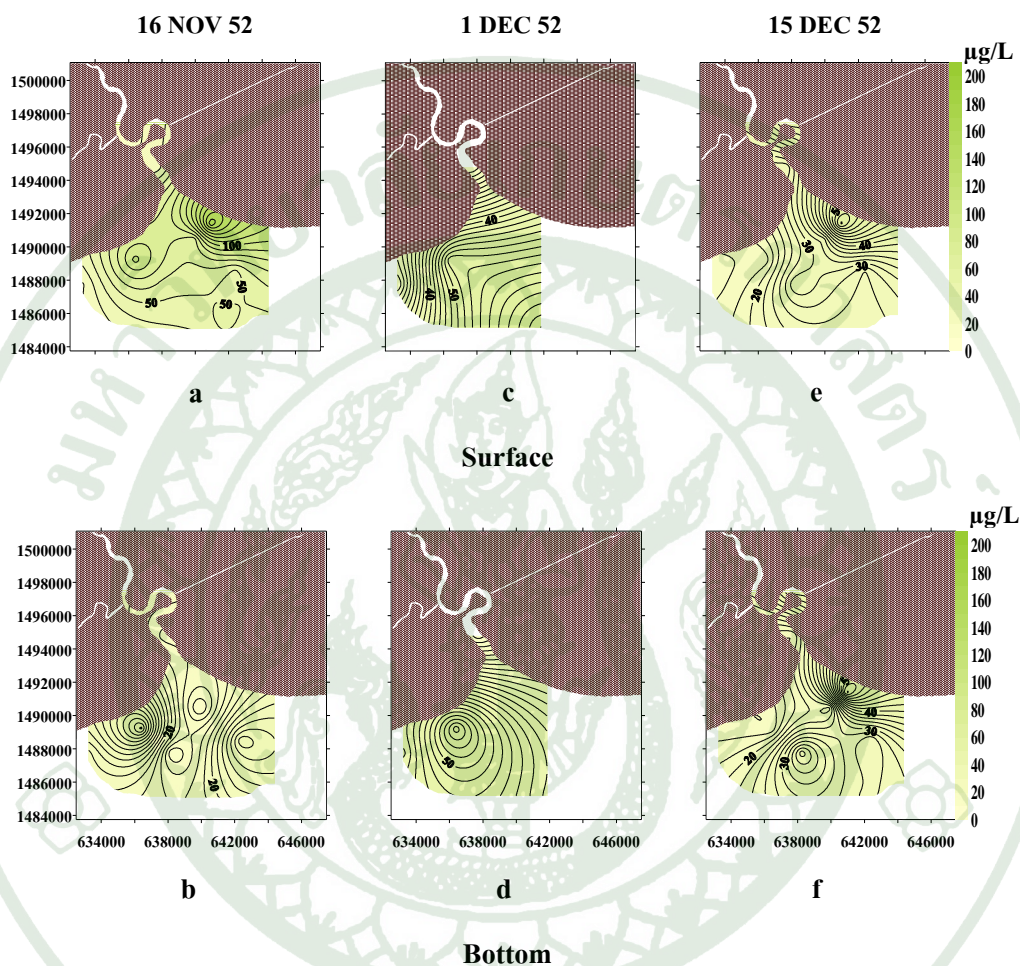
จากผลการศึกษาในช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2552) พบว่าปริมาณออร์โทฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสผันแปรอยู่ในช่วง 0.64-7.56 ไมโครโมลาร์ โดยมีความเข้มข้นสูงในช่วงกลางเดือนธันวาคม และต่ำสุดในช่วงต้นเดือนธันวาคมมีออร์โทฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส จาก 3 ครั้งในการศึกษาช่วงกลางฤดูน้ำหลาก เมื่อเปรียบเทียบกับในเชิงพื้นที่ออร์โทฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าสูงสุดในสถานี TN2 และลดลงในสถานีตอนนอกของปากแม่น้ำ และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ซึ่งความผันแปรในเชิงพื้นที่ดังกล่าวเนื่องมาจากการผสมผสานของน้ำทะเลที่ทำให้เกิดการเจือจางของ ออร์โทฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส นอกจากนี้จะยังมีผลมาจากการใช้ของแพลงก์ตอนพืชในพื้นที่ด้วย

4.2.7 คลอโรฟิลล์ เอ

ครั้งที่ 1 (16 พฤศจิกายน 2552) คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.63-166.88 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 18.69-166.88 และ 7.63-42.72 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.10 ± 45.28 และ 21.69 ± 11.33 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN4 พบการสะสมของแพลงก์ตอนพืชชนิด *Ceratium furca* ซึ่งตรวจพบค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุดในสถานีนี้ถึง 166.88 ไมโครกรัมต่อลิตร และพบค่าคลอโรฟิลล์ เอ ต่ำสุดที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอน ในสถานี TN5 จากภาพที่ 31 a-b แสดงให้เห็นว่าคลอโรฟิลล์ เอ ที่ระดับผิวน้ำมีปริมาณสูงกว่าที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนอย่างชัดเจน และมีความผันแปรในแต่ละสถานีมาก โดยมีค่าสูงเด่นชัดในฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก

ครั้งที่ 2 (1 ธันวาคม 2552) คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 10.68-68.09 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 16.02-68.09 และ 10.68-59.12 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.38 ± 25.44 และ 36.14 ± 19.83 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยที่ผิวน้ำในสถานี TN26 พบว่ามีคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุดในครั้งนี้อย่างเด่นชัดที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนในสถานี TN2 เนื่องจากสถานีดังกล่าวมีตะกอนแขวนลอยสูง เป็นอุปสรรคในการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืช โดยเฉพาะอย่าง

ยังในระดับน้ำมีลึกลงไป ในสถานีด้านนอกของปากแม่น้ำจึงมีแนวโน้มในการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนมากกว่า



ภาพที่ 31 การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2552 (a-b) ครั้งที่ 2 ต้นเดือนธันวาคม 2552 (c-d) ครั้งที่ 3 กลางเดือนธันวาคม 2552 (e-f)

ครั้งที่ 3 (15 ธันวาคม 2552) คลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 14.18-56.60 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับน้ำ 2 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 15.13-56.60 และ 14.18-41.39 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.54 ± 12.78 และ 27.09 ± 10.64 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับผิวน้ำในสถานี TN4 ตรวจพบค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงสุด และพบค่าต่ำสุดที่ระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนในสถานี TN16 จากภาพที่ 31 e แสดงให้เห็นว่าที่ระดับผิวน้ำพื้นที่ฝั่ง

ตะวันออกมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่าในบริเวณอื่น ส่วนในระดับน้ำเหนือผิวดินตะกอนจะมีปริมาณสูงบริเวณตอนกลาง และพื้นที่ฝั่งตะวันออกเช่นเดียวกับที่ผิวน้ำ

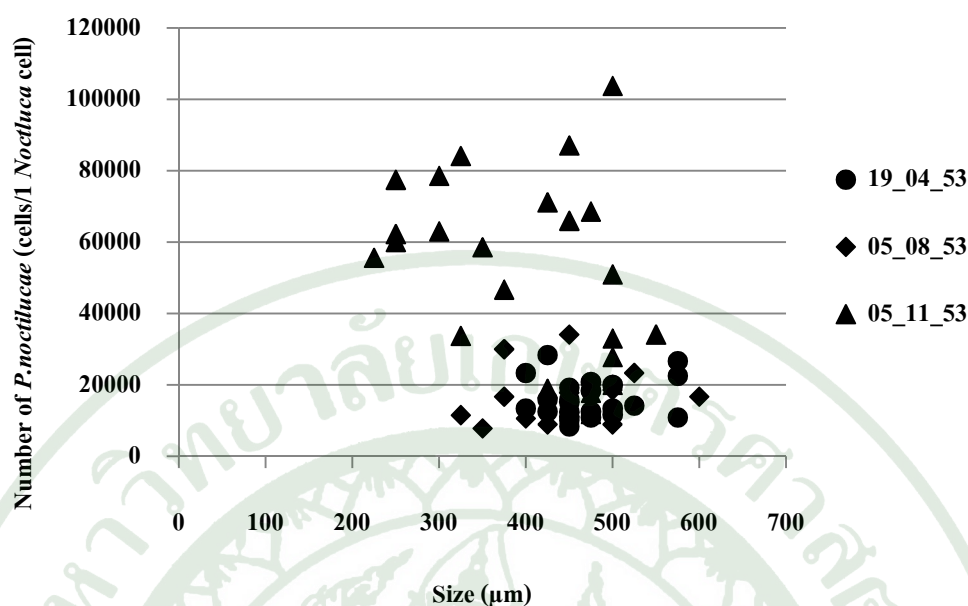
จากผลการศึกษาในช่วงกลางฤดูน้ำหลากปี 2552 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.63-166.88 ไมโครกรัมต่อลิตร ในมีค่าสูงสุดและต่ำสุดอยู่ในเดือนพฤศจิกายน บริเวณสถานี TN4 ที่ระดับผิวน้ำ และสถานี TN5 ที่ระดับพื้นท้องน้ำเหนือผิวดินตะกอน ตามลำดับ โดยในสถานี TN4 นั้นมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูง อันเนื่องมาจากการสะสมของ *Ceratium furca* ซึ่งมักเกิดขึ้นในบริเวณตอนในของปากแม่น้ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของ วริธาและคณะ (2551) ส่วนระดับความลึกในช่วงกลางฤดูน้ำหลากส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยพบว่าที่ระดับผิวน้ำมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่าระดับน้ำที่อยู่ลึกลงไป ในภาพรวมการแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์ เอ ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากพบว่าจะมีค่าสูงในพื้นที่ฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก โดย *Ceratium furca* น่าจะเป็นแพลงก์ตอนชนิดหลักในพื้นที่ฝั่งตะวันออก ส่วนฝั่งตะวันตกนั้นแพลงก์ตอนพืชชนิด *N. scintillans* น่าจะเป็นชนิดที่มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มขึ้นของคลอโรฟิลล์ เอ ในพื้นที่

5. ระดับคลอโรฟิลล์ เอ ของ *Noctiluca scintillans*

5.1 จำนวน *Pedinomonas noctilucae* ภายในเซลล์ *Noctiluca scintillans*

จำนวน *P. noctilucae* ภายในเซลล์ *N. scintillans* จากตัวอย่างเซลล์ในเดือนเมษายน สิงหาคม และพฤศจิกายน 2553 พบว่ามีจำนวน *P. noctilucae* ผันแปรอยู่ระหว่าง 7,778-103,704 เซลล์ต่อ *Noctiluca* 1 เซลล์ ซึ่งตัวอย่างเซลล์ *N. scintillans* ผันแปรอยู่ในช่วง 225-600 ไมโครเมตร ซึ่งพบความสัมพันธ์แบบแปรผกผันระหว่างจำนวน *P. noctilucae* กับขนาดเซลล์ของ *N. scintillans* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = -0.415, P < 0.01$)

เมื่อทำการทดสอบทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่า จำนวนของ *P. noctilucae* จากตัวอย่างเซลล์ในเดือนพฤศจิกายนมีความแตกต่างกับเดือนเมษายน และเดือนสิงหาคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($P < 0.01$) โดยจำนวนของ *P. noctilucae* จากตัวอย่างเซลล์ในเดือนเมษายน สิงหาคม และพฤศจิกายน 2553 อยู่ในช่วง 8,333-28,333 7,778-34,074 และ 11,852-103,704 เซลล์ต่อเซลล์ *Noctiluca* 1 เซลล์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $15,942 \pm 5,501$ $16,909 \pm 8,142$ และ $50,348 \pm 26,436$ เซลล์ต่อเซลล์ *Noctiluca* 1 เซลล์ ตามลำดับ



ภาพที่ 32 Plots ระหว่างขนาดเซลล์ของ *Noctiluca scintillans* (ไมโครเมตร; μm) และจำนวน *Pedinomonas noctilucae* ที่พบในแต่ละเซลล์ของ *Noctiluca* 1 เซลล์ (Cells/ 1 *Noctiluca* cell)

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าจำนวนเซลล์ *P. noctilucae* ในเซลล์ *N. scintillans* มีความผันแปรสูง โดยเฉพาะในเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ 300 ไมโครเมตรขึ้นไป และในเซลล์ขนาดเล็กมีแนวโน้มที่จะมีจำนวนเซลล์ *P. noctilucae* มากกว่าเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษา ของ Okaichi *et al.* (1991) และ กิตติพร (2530) จากตัวอย่างเซลล์บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ พบว่ามีจำนวน *P. noctilucae* อยู่ระหว่าง 6,000-10,000 และ 2,094-7,890 เซลล์ ตามลำดับ ส่วนในอ่าวไทยฝั่งตะวันออกบริเวณอ่างศิลาพบว่า จำนวน *P. noctilucae* อยู่ระหว่าง 1,670-30,400 เซลล์ (Sriwoon *et al.*, 2008) และ 4,500-7,500 เซลล์ (ไทยถาวร และคณะ, 2548)

5.2 ระดับคลอโรฟิลล์ เอ ของ *Pedinomonas noctilucae*

คลอโรฟิลล์ เอ ของ *P. noctilucae* จากตัวอย่างเซลล์ในเดือนสิงหาคมและพฤศจิกายน 2553 มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 0.10×10^{-15} - 6.32×10^{-15} นาโนกรัมต่อเซลล์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.60 \times 10^{-15} \pm 1.35 \times 10^{-15}$ นาโนกรัมต่อเซลล์ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างเซลล์จากเดือน

สิงหาคมและพฤศจิกายนด้วยสถิติ T-test พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างระดับคลอโรฟิลล์ เอ ของ *P. noctilucae* ในเดือนทั้งสอง

5.3 ระดับคลอโรฟิลล์ เอ ของ *Noctiluca scintillans*

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ *N. scintillans* จากตัวอย่างเซลล์ในเดือนเมษายน สิงหาคม และพฤศจิกายน 2553 ด้วยวิธี Fluorometric method พบว่ามีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 3.42-9.37 นาโนกรัมต่อเซลล์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.99 ± 1.56 นาโนกรัมต่อเซลล์ โดยเซลล์ขนาดเล็ก (<300 ไมโครเมตร) และเซลล์ขนาดใหญ่ (≥ 300 ไมโครเมตร) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ในช่วง 3.42-5.57 และ 3.83-9.37 นาโนกรัมต่อเซลล์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ± 0.72 และ 6.25 ± 1.47 นาโนกรัมต่อเซลล์ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเซลล์ขนาดใหญ่ (≥ 300 ไมโครเมตร) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มากกว่าเซลล์ขนาดเล็ก (<300 ไมโครเมตร) ประมาณ 1.65 นาโนกรัมต่อเซลล์

ผลการวิเคราะห์ระดับคลอโรฟิลล์ เอ จากเซลล์ของ *N. scintillans* และจากเซลล์ *P. noctilucae* ที่มีชีวิตอยู่ภายในเซลล์ของ *N. scintillans* นั้น ทำให้ทราบว่าภายในเซลล์ *N. scintillans* ยังมีคลอโรฟิลล์ เอ ที่มาจากอย่างอื่นที่นอกเหนือจากเซลล์ *P. noctilucae* ซึ่งน่าจะเป็นคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนที่เป็นอาหารของ *N. scintillans* โดบพบอยู่ภายใน food vacuole

6. บทบาทของ *Noctiluca scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน

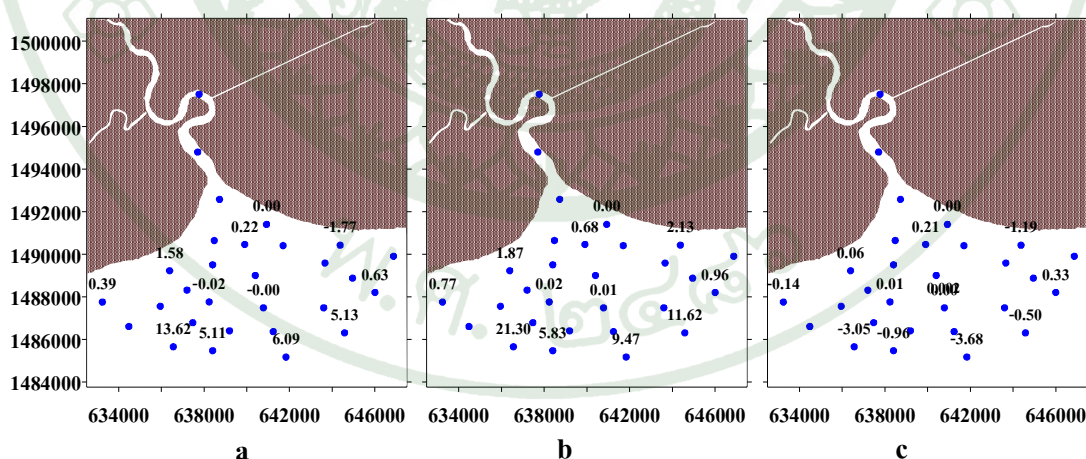
ธาตุอาหารที่เข้าสู่พื้นที่ปากแม่น้ำนั้น โดยส่วนใหญ่จะมีการสะสมตัวในบริเวณลำน้ำตอนล่างสุดที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างระบบนิเวศแม่น้ำและปากแม่น้ำ อีกทั้งในบริเวณนี้ยังเป็นแหล่งของชุมชนและอุตสาหกรรมจำนวนมาก จึงส่งผลให้มีระดับของธาตุอาหารที่สูงกว่าในลำน้ำตอนบน รวมถึงพื้นปากแม่น้ำด้วย ซึ่งเมื่อธาตุอาหารเข้าสู่ปากแม่น้ำแล้วจะมีกระบวนการต่าง ๆ ส่งผลทำให้ระดับธาตุอาหารมีการเปลี่ยนแปลง อาทิ กระบวนการทางเคมี การนำไปใช้และเปลี่ยนรูปโดยสิ่งมีชีวิต และการผสมผสานโดยน้ำทะเล เป็นต้น

โดยในการศึกษานี้ได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการการนำไปใช้และ/หรือเปลี่ยนรูปโดยสิ่งมีชีวิต ซึ่งถือเป็นกระบวนการที่มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงระดับธาตุอาหารในพื้นที่อย่างมาก เนื่องจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาจนถึงการศึกษาในครั้งนี้พบการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี

โดยแพลงก์ตอนพืชบ่อยครั้ง นั้นแสดงถึงจำนวนของแพลงก์ตอนพืชที่มีจำนวนมาก ซึ่งย่อมจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารในพื้นที่ โดยในครั้งนี้ได้มุ่งประเด็นไปยังแพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดหลักของการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีในพื้นที่นี้ ซึ่งได้แก่ *N. scintillans* โดยทำการประเมินโอกาสการนำไปใช้โดย *N. scintillans* ซึ่งจะทำการประเมินเฉพาะที่ระดับผิวน้ำเท่านั้นเนื่องจากเป็นระดับน้ำที่พบประชากร *N. scintillans* อย่างหนาแน่น จึงเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสการนำธาตุอาหาร ไปใช้โดย *N. scintillans* สูงที่สุด ตามฤดูกาลซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ฤดูแล้ง (เมษายน 2553)

อัตราการผสมผสานโดยน้ำทะเล ณ เวลาที่ศึกษาในปากแม่น้ำท่าจีนช่วงฤดูแล้ง พบว่ามีอัตราการเจือจางโดยน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 0.20-4.08 เท่า โดยมีอัตราการผสมผสานสูงในพื้นที่ตอนนอกซึ่งส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารลดลงตามอัตราการผสมผสานดังกล่าว โดยธาตุอาหารที่ลดลงจากการผสมผสานกับน้ำทะเลนั้นถือว่าเป็นระดับธาตุอาหารจากลำน้ำท่าจีนที่เข้ามา ณ สถานีศึกษา โดยพบว่ามีค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และซิลิเกต-ซิลิคอน ผันแปรอยู่ในช่วง 17.26-89.59 3.95-15.02 34.88-80.22 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ



ภาพที่ 33 โอกาสการใช้ธาตุอาหารอาหาร (ร้อยละของระดับธาตุอาหารที่เข้ามา ณ สถานีศึกษา) (ในโตรเจนละลายน้ำ (a) ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (b) ซิลิเกต ซิลิคอน (c)) ของประชากร *N. scintillans* ในช่วงฤดูแล้ง 2553

เมื่อพิจารณาถึงโอกาสการนำธาตุอาหารไปใช้โดย *N. scintillans* พบโอกาสการนำธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และซิลิเกต-ซิลิกอนไปใช้ร้อยละ 0.22-13.62 0.01-21.30 และ 0.002-0.33 ตามลำดับ (ภาพที่ 33) ซึ่งมีแนวโน้มการนำไปใช้สูงในพื้นที่ตอนนอกเช่นเดียวกับแปลงกักตุนพืชโดยรวม โดยเฉพาะในสถานี TN27 มีโอกาสการนำธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสไปใช้สูงสุดถึงร้อยละ 13.62 และ 21.30 ทั้งนี้เนื่องจากในสถานีดังกล่าวมีประชากรของ *N. scintillans* หนาแน่นสูงมาก (72,333 เซลล์ต่อลิตร) โดยพื้นที่ตอนนอกพบว่ามีโอกาสการนำไปใช้สูงสุด

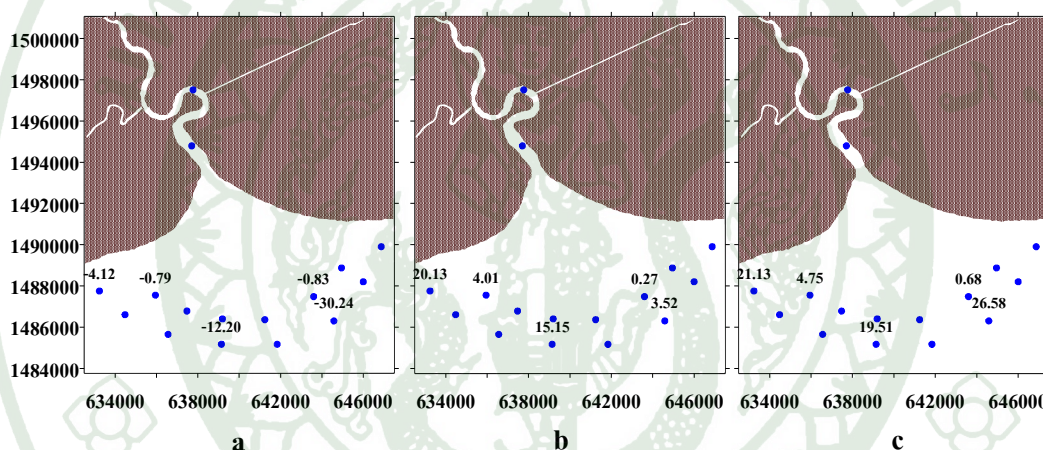
สำหรับในบางสถานีบริเวณฝั่งตะวันออกและตอนกลางของปากแม่น้ำนั้น ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะแสดงถึงโอกาสการนำไปใช้โดย *N. scintillans* นอกจากนี้ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับซิลิเกต-ซิลิกอน เช่นเดียวกันในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ จากการประเมินในครั้งนี้ ซึ่งเป็นไปได้ว่าในสถานีดังกล่าวได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ และซิลิเกต-ซิลิกอนเข้ามาจากแหล่งอื่นนอกเหนือจากลำน้ำตอนบน และเมื่อพิจารณาจากที่ตั้งของสถานีพบว่าอยู่ใกล้กับคลองซึ่งเชื่อมต่อกับพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งจำนวนมาก ซึ่งเป็นแหล่งของธาตุอาหารอีกแหล่งหนึ่งที่เข้าสู่ปากแม่น้ำท่าจีน และเมื่อเปรียบเทียบโอกาสการใช้ของธาตุอาหารทั้งหมดโดย *N. scintillans* ในช่วงฤดูแล้ง พบว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีโอกาสการนำไปใช้มากที่สุดโดย *N. scintillans* เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่เข้ามาในสถานีศึกษา

ต้นฤดูน้ำหลาก (สิงหาคม 2553)

อัตราการผสมผสานกับน้ำทะเล ณ เวลาที่ศึกษาในปากแม่น้ำท่าจีนช่วงต้นฤดูน้ำหลาก พบว่ามีอัตราการผสมผสานกับน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 0.04-5.81 เท่า โดยอัตราการผสมผสานดังกล่าวเมื่อนำมาประเมินความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ลดลงจากระบวนการผสมผสานกับน้ำทะเลเพียงอย่างเดียวแล้ว พบว่า ธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และซิลิเกต-ซิลิกอนจากลำน้ำท่าจีนมีการเข้ามา ณ สถานีศึกษาผันแปรอยู่ในช่วง 12.35-75.36 3.74-16.76 36.64-104.23 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ

ในครั้งนี้เราใช้สถานีศึกษาในตอนนอกของปากแม่น้ำเป็นตัวแทนในการประเมินเท่านั้น เนื่องจากในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างเกิดพายุฤดูร้อนทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างในสถานี

ตอนกลางของปากแม่น้ำได้ และเมื่อพิจารณาโอกาสการนำธาตุอาหารไปใช้โดยประชากร *N. scintillans* แล้วไม่พบว่ามีโอกาสการนำธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำไปใช้โดยประชากร *N. scintillans* ในช่วงต้นฤดูน้ำหลากนี้ เนื่องจากในทุกสถานที่ที่เป็นตัวแทนในครั้งนีได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำเข้ามาจากแหล่งอื่นที่นอกจากร้านน้ำตอนบน ทำให้ไม่สามารถประเมินโอกาสการนำธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำที่แท้จริงได้ ส่วนธาตุอาหารออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และ ซิลิเกต-ซิลิคอน พบว่ามีโอกาสการนำไปใช้ร้อยละ 0.27-20.13 และ 0.68-26.58 ตามลำดับ (ภาพที่ 34) ซึ่งมีแนวโน้มการนำออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสไปใช้สูงในพื้นที่ฝั่งตะวันตก ซึ่งสูงสุดในสถานี TN30 ส่วนซิลิเกต-ซิลิคอนมีแนวโน้มการนำไปใช้มากในแนวตอนนอกสุดของปากแม่น้ำ โดยเฉพาะสถานี TN25



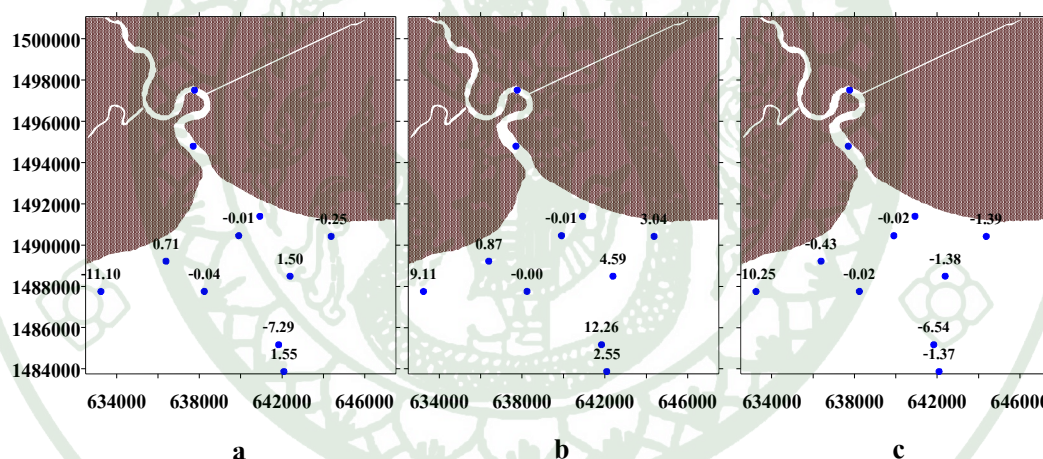
ภาพที่ 34 โอกาสการใช้ธาตุอาหาร อาหาร (ร้อยละของระดับธาตุอาหารที่เข้ามา ณ สถานีศึกษา) (ไนโตรเจนละลายน้ำ (a), ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (b) ซิลิเกต-ซิลิคอน (c)) ของประชากร *N. scintillans* ในช่วงต้นฤดูน้ำหลาก 2553

เมื่อเปรียบเทียบโอกาสการนำธาตุอาหารไปใช้โดยประชากร *N. scintillans* ในช่วงต้นฤดูน้ำหลากนี้ พบว่าซิลิเกต-ซิลิคอนมีแนวโน้มการนำไปใช้สูงกว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสเล็กน้อยในสถานีตอนนอก ส่วนธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำพบว่าการเข้ามาในพื้นที่ปากแม่น้ำจากแหล่งอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากร้านน้ำทำเงินสูงมาก โดยเฉพาะบริเวณฝั่งตะวันออก ซึ่งพบการเข้ามาของธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำสูงถึง 2 เท่า ของระดับธาตุอาหารที่มาจากตัวน้ำ ซึ่ง

ส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนละลายน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากการนำไปใช้อย่างเห็นได้ชัดเจนนั่นเอง

กลางฤดูน้ำหลาก (พฤษภาคม 2552)

อัตราการผสมผสานกับน้ำทะเล ณ เวลาที่ศึกษาในปากแม่น้ำท่าจีนช่วงกลางฤดูน้ำหลาก พบว่ามีอัตราการผสมผสานกับน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 0.28-1.66 เท่า โดยมีอัตราการผสมผสานกับสูงในพื้นที่ตอนนอกเช่นเดียวกันกับทุกฤดูกาล และจากการประเมินระดับธาตุอาหารที่ลดลงจากระบวนการผสมผสานโดยน้ำทะเลนั้น พบว่ามีความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และซิลิเกต-ซิลิกอน จากลำน้ำท่าจีนที่เข้ามา ณ สถานีศึกษาผันแปรอยู่ในช่วง 25.19-70.56 3.19-6.43 51.57-102.45 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ



ภาพที่ 35 โอกาสการใช้ธาตุอาหาร (ร้อยละของระดับธาตุอาหารที่เข้ามา ณ สถานีศึกษา) (ไนโตรเจนละลายน้ำ (a) ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (b) ซิลิเกต-ซิลิกอน (c)) ของประชากร *N. scintillans* ในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก 2552

เมื่อพิจารณาโอกาสการนำธาตุอาหารไปใช้โดยประชากร *N. scintillans* ในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก พบโอกาสการนำธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำไปใช้โดยประชากร *N. scintillans* ร้อยละ 0.71-1.55 ของระดับธาตุอาหารที่เข้ามา ณ สถานีศึกษา ซึ่งพบโอกาสการใช้สูงสุดในสถานีนอกสุด และเมื่อเปรียบเทียบกับโอกาสการนำไปใช้โดยแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดแล้วพบว่าในสถานี TN10

น่าจะมีโอกาสที่พบแพลงก์ตอนชนิดอื่น ๆ สูงด้วย เนื่องจากสถานีดังกล่าวมีการใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำสูงกว่าสถานีอื่น ๆ สำหรับธาตุอาหารออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส พบว่ามีโอกาสการนำไปใช้ร้อยละ 0.87-12.26 ซึ่งมีแนวโน้มการนำออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสไปใช้สูงในพื้นที่ตอนนอก ส่วนซิลิเกต-ซิลิคอนไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารในครั้งนี้

เมื่อเปรียบเทียบโอกาสการนำธาตุอาหารไปใช้โดยประชากร *N.scintillans* ในช่วงกลางฤดูน้ำหลากนี้ พบว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีแนวโน้มการนำไปใช้สูงกว่าธาตุอาหารอื่น ๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งในครั้งนี้พบการเข้ามาของธาตุอาหารทุกรูป อันได้แก่ ซิลิเกต-ซิลิคอน ไนโตรเจนละลายน้ำ รวมถึงออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส แสดงถึงปัจจัยของฤดูกาลที่มีผลอย่างยิ่ง โดยในฤดูกาลนี้มีการเติมของธาตุอาหารจากแหล่งอื่น ๆ โดยตลอด อีกทั้งปริมาณน้ำท่าที่มีมากจึงน่าจะมีส่วนอย่างมากในการนำธาตุอาหารเข้าสู่ระบบปากแม่น้ำแห่งนี้อย่างต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาโอกาสการใช้ธาตุอาหารของ *N. scintillans* ในแต่ละฤดูกาล ดังตารางที่ 7 พบว่ามีโอกาสการนำไปใช้มากที่สุดในช่วงฤดูแล้ง ในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ ทั้งธาตุอาหารในรูปของไนโตรเจนละลายน้ำ และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ยกเว้น ซิลิเกต-ซิลิคอน ที่พบโอกาสการนำไปใช้มากที่สุดในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก ทั้งนี้เนื่องมาจากในช่วงฤดูแล้งบริเวณตอนนอกของปากแม่น้ำ พบความหนาแน่นของเซลล์ *N. scintillans* สูงที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประชากร *N. scintillans* ให้ความสำคัญกับธาตุอาหารในรูปของไนโตรเจนละลายน้ำ และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส โดยในฤดูกาลนี้พื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนได้รับอิทธิพลจากธาตุอาหารที่มาจากแหล่งอื่น ๆ น้อยกว่าในฤดูกาลอื่น การเปลี่ยนแปลงจากการใช้ธาตุอาหารจึงเห็นได้อย่างชัดเจน ซึ่งโอกาสการนำธาตุอาหารไปใช้โดย *N. scintillans* มีแนวโน้มผันแปรตามโอกาสการใช้โดยแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด

ส่วนในช่วงต้นฤดูน้ำหลากนั้นมีโอกาสการนำออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสไปใช้สูงกว่าในช่วงกลางฤดูน้ำหลากที่พบการใช้ไนโตรเจนละลายน้ำรวมด้วย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการดูดซึมออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสไปใช้นั้นจะมีสัดส่วนคงที่ แต่ถ้าพบว่าไนโตรเจนละลายน้ำ มีความเข้มข้นต่ำอัตราการดูดซึมฟอสฟอรัสก็จะมีแนวโน้มสูงขึ้นได้ (Bourrelly, 1965) โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าระดับของไนโตรเจนละลายน้ำในช่วงต้นฤดูน้ำหลาก ($\bar{X}=24.70\pm19.79$) มีความเข้มข้นเฉลี่ยน้อยกว่าในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก ($\bar{X}=40.75\pm15.18$) ซึ่งน่าจะส่งผลให้โอกาสการนำออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสไปใช้มีแนวโน้มสูงขึ้นได้ในพื้นที่

ตารางที่ 7 โอกาสการใช้ธาตุอาหารของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและการใช้ธาตุอาหารโดยประชากร *Noctiluca scintillans* ในแต่ละช่วงฤดูกาล (Input (μM): ระดับของธาตุอาหารที่เข้ามาในสถานีศึกษา(ไมโครโมลาร์); $\text{Uptake}_{\text{Pl}}$ (%): โอกาสการใช้ธาตุอาหารของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (ร้อยละ); $\text{Uptake}_{\text{Noc}}$ (%): โอกาสการใช้ธาตุอาหารโดยประชากร *Noctiluca scintillans* (ร้อยละ))

Parameter		Low-loading period	Mid-loading period	High-loading period
DIN	Input (μM)	17.26-89.59	12.35-75.36	25.19-70.56
	$\text{Uptake}_{\text{Pl}}$ (%)	8.10-79.04	-	12.57-29.80
	$\text{Uptake}_{\text{Noc}}$ (%)	0.22-13.62	-	0.71-1.55
P	Input (μM)	3.95-15.02	3.74-16.76	3.19-6.43
	$\text{Uptake}_{\text{Pl}}$ (%)	33.16-98.52	11.69-94.79	32.46-58.44
	$\text{Uptake}_{\text{Noc}}$ (%)	0.01-21.30	0.27-20.13	0.87-12.26
Si	Input (μM)	34.88-80.22	36.64-104.23	51.57-102.45
	$\text{Uptake}_{\text{Pl}}$ (%)	2.26-30.64	88.28-99.47	-
	$\text{Uptake}_{\text{Noc}}$ (%)	0.002-0.33	0.68-26.58	-

ในช่วงกลางต้นฤดูน้ำหลากไม่พบการใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนละลายน้ำ อาจเนื่องมาจากการเข้ามาของธาตุอาหารในระบบ ทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว แต่ในช่วงนี้พบว่าซิลิเกต-ซิลิคอน มีโอกาสนำธาตุอาหารไปใช้สูงที่สุด แต่ในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก กลับไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารซิลิเกต-ซิลิคอน เนื่องมาจากในช่วงกลางฤดูน้ำหลากได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำท่าจากลำน้ำและแหล่งอื่น ๆ สูงมากกว่าฤดูกาลอื่น ๆ

การประเมินโอกาสนำธาตุอาหารไปใช้โดย *N. scintillans* ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับระดับธาตุอาหารที่พบภายในเซลล์ของ *N. scintillans* จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งพบว่าปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนมีปริมาณสูงกว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Montani *et al.*, 1998) ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนได้รับธาตุอาหารจากแหล่งของธาตุอาหารที่นอกเหนือจากลำน้ำตอนบนที่ทำการประเมินในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำให้ธาตุอาหารมีการเติมเข้ามาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารได้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ซึ่งให้เห็นว่าการประเินในครั้งนี้มีข้อจำกัดจากอิทธิพลของธาตุอาหารที่เข้ามาจากแหล่งอื่น ๆ รวมถึงความหนาแน่นเซลล์ที่ต่างกันมีผลต่อการประเินบทบาทในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนแห่งนี้ด้วย



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาการแพร่กระจายของเซลล์ *N. scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในเดือนพฤศจิกายน 2552-2553 พบความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0-72,333 เซลล์ต่อลิตร โดยมีความหนาแน่นสูงในพื้นที่ตอนนอกของปากแม่น้ำ ส่วนพื้นที่ปากแม่น้ำด้านในไม่พบการแพร่กระจายของเซลล์ *N. scintillans* แต่จากการสังเกตในช่วงฤดูแล้งนั้นพบว่าช่วงเวลาน้ำขึ้นสูงสุดนั้นสามารถพบเซลล์ *N. scintillans* ในสถานีตอนในของปากแม่น้ำได้ นั้นแสดงถึงอิทธิพลของน้ำขึ้น-ลง และกระแสน้ำมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการแพร่กระจายของเซลล์ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน โดยในช่วงฤดูแล้งมีความหนาแน่นของเซลล์ *N. scintillans* สูงสุด รองลงมาคือในช่วงต้นฤดูน้ำหลาก และพบความหนาแน่นต่ำในช่วงกลางฤดูน้ำหลาก ซึ่งในปี 2553 มีความหนาแน่นน้อยกว่าในปี 2552 พบรูปแบบการแพร่กระจายแตกต่างกันในแต่ละครั้งที่ศึกษา และมีโครงสร้างทางขนาดของเซลล์ *N. scintillans* ที่ผันแปรตั้งแต่ 100-925 ไมโครเมตร

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ และความเป็นกรดเป็นด่าง ผันแปรอยู่ในช่วง 26.04-28.13 องศาเซลเซียส 0.32-29.00 psu 0.09-12.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 6.71-8.88 ตามลำดับ โดยพบว่า ความหนาแน่นเซลล์ของ *N. scintillans* มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับ อุณหภูมิ ($r=0.36$, $P<0.01$) ออกซิเจนละลายน้ำ ($r=0.23$, $P<0.01$) และความเป็นกรดเป็นด่าง ($r=0.47$, $P<0.01$) และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับไนโตรเจนละลายน้ำ ($r=-0.28$, $P<0.01$) และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ($r=-0.23$, $P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยกระตุ้นที่ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของเซลล์ขนาดเล็กในพื้นที่นี้ และไนโตรเจนละลายน้ำส่งผลต่อการเพิ่มความหนาแน่นในพื้นที่ตอนนอก (ที่มีความเค็มในช่วง 25-29 psu)

จำนวน *P. noctilucae* ภายในเซลล์ *N. scintillans* ผันแปรอยู่ระหว่าง 7,778-103,704 เซลล์ต่อเซลล์ *Noctiluca* 1 เซลล์ และพบความสัมพันธ์แบบแปรผกผันระหว่างจำนวน *P. noctilucae* กับขนาดเซลล์ของ *N. scintillans* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = -0.415$, $P<0.01$) ซึ่งมีระดับคลอโรฟิลล์ เอ ของ *P. noctilucae* ค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 0.10×10^{-15} - 6.32×10^{-15} นาโนกรัมต่อเซลล์

โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.60 \times 10^{-15} \pm 1.35 \times 10^{-15}$ นาโนกรัมต่อเซลล์ โดย *N. scintillans* มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 3.42-9.37 นาโนกรัมต่อเซลล์

จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถนำมาประเมินบทบาทของ *N. scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งพบว่าในฤดูแล้ง *N. scintillans* มีโอกาสการใช้ธาตุอาหารในรูปของไนโตรเจนละลายน้ำและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสสูงที่สุดถึงร้อยละ 13.62 และ 21.30

ข้อเสนอแนะ

1. ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่พบการเปลี่ยนแปลงและมีแนวโน้มการลดลงอย่างชัดเจนในพื้นที่ แสดงให้เห็นว่าออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสน่าจะเป็นปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการติดตามการเปลี่ยนแปลงของประชากร *N. scintillans* ในพื้นที่ (เนื่องจากเป็นธาตุอาหารที่สำคัญและมีบทบาทควบคุมการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจาก *N. scintillans* ได้) ดังนั้นเราจึงควรให้ความสำคัญในการควบคุมปริมาณธาตุอาหารออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสที่ปรากฏในพื้นที่ปากแม่น้ำอย่างต่อเนื่องต่อไป
2. การประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนในอนาคต จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบหรือประเมินปริมาณธาตุอาหารที่เข้าสู่ปากแม่น้ำท่าจีนจาก แหล่งอื่น ๆ ประกอบด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่บ่อกึ่งบริเวณชายฝั่ง ซึ่งในครั้งนี้นพบว่ามีบริเวณโดยรอบดังกล่าวน่าจะมีส่วนสำคัญในการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารสู่พื้นที่ปากแม่น้ำแห่งนี้ นอกเหนือจากตัวลำนํ้าท่าจีนสายหลักที่ไหลลง
3. ปริมาณธาตุอาหารของน้ำทะเลในตอนนอก ที่ไม่ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากปากแม่น้ำ จัดเป็นค่าอ้างอิง ณ ช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ผู้วิจัยเห็นว่า ค่าอ้างอิงดังกล่าวอาจจะปรับเปลี่ยนตามความผันแปรในฤดูกาล ซึ่งจะส่งผลดีต่อการประเมินในช่วงเวลาจำเพาะต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้น
4. การศึกษาในด้านความสมบูรณ์ของเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาในรอบปีเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

ในการศึกษาร่วมกับลักษณะโครงสร้างทางขนาดของเซลล์ ทั้งนี้ เพื่อสามารถประเมินศักยภาพที่แท้จริงของเซลล์ได้ ในอนาคตจึงน่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งจะทำให้การประเมินบทบาทของ *Noctiluca scintillans* ต่อการใช้ธาตุอาหารในพื้นที่นี้ มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ. 2546. “การตรวจเฝ้าระวังปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีใน
ประเทศไทย”. กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2547. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเล จังหวัดสมุทรสาคร.
สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2549. มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากร-
ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.
- กรมชลประทาน. 2546. ข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ: ลุ่มน้ำท่าจีน, แหล่งที่มา: <http://kromchol.rid.go.th/lproject/2010/index.php/-25-/98-13->, 13 มีนาคม 2555.
- กรมชลประทาน. 2555. กราฟข้อมูลน้ำท่ารายปี ลุ่มน้ำท่าจีน. แหล่งที่มา: <http://www.hydro-5.com/HD-04/4-05%20Y-RUN-GRAPH/T12A.JPG>, 13 มีนาคม 2555.
- กรมชลประทาน. 2555. ตารางข้อมูลน้ำท่ารายเดือน ลุ่มน้ำภาคกลาง. แหล่งที่มา:
<http://www.hydro-5.com/HD-04/4-03%20M-RUN-TAB/T12A.htm>, 13 มีนาคม 2555.
- กรมชลประทาน. 2555. กราฟข้อมูลน้ำท่ารายปี ลุ่มน้ำท่าจีน. แหล่งที่มา: <http://www.hydro-5.com/HD-04/4-05%20Y-RUN-GRAPH/T12A.JPG>, 13 มีนาคม 2555.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2549. สถานภาพและแนวทางการจัดการทรัพยากรทางทะเล
และชายฝั่งอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตก: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ “สำรวจ และ
ประเมินสถานภาพและศักยภาพทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งในบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง-ท่า
จีน”. ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน และ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

กิตติพร ทวีอักษรพันธ์. 2530. **ชีววิทยาและสิ่งมีชีวิตภายในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืช สกุล *Noctiluca***. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2542. **กำลังผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.**

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ และแสงเทียน อัจฉิมานกุล. 2552. **โครงการวิจัย เรื่อง แผนงานวิจัยศักยภาพการผลิตและการอนุรักษ์ทรัพยากรทางน้ำ เพื่อพัฒนาเขตการใช้ประโยชน์ ในบริเวณลุ่มน้ำท่าจีน. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.**

ชุดิมนต์ ปรัชญาโณทัย. 2545. **การพยากรณ์คุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนล่างโดยใช้แบบจำลอง MIKE 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.**

จิตติมา วัฒนจิ่ง วิทยา โกษาผล กนกพร ล่องอำไพ และวิษณุ นิยมไทย. 2552. **คุณภาพน้ำทะเลบริเวณ ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร, น. 318-326 ใน รายงานการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 1. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.**

ไทย์ถาวร เลิศวิทยาประสิทธิ์, เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, สมภพ รุ่งสุภา และ Ken Furuya. 2548. **นิเวศวิทยาของ *Noctiluca* บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง-อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี. สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.**

ธีรพร สุรตระกูล. 2540. **ผลของความเค็ม ความเป็นกรด-เบส และความเข้มข้นของไนเตรทกับ ฟอสฟอรัสที่มีต่อการเจริญของ *Noctiluca scintillans*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.**

ประเทือง เขาว์วันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง. แผนกประมง คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.**

ปัญญานิษฐ์ พรพวงษ์ และกัลยา วัฒนากร. 2532. การแพร่กระจายของธาตุอาหารบริเวณแม่น้ำท่าจีน ตอนล่าง, น. 627-637 ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภัทรารุช ไทยพิชิตบุรพา, จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ และเชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. 2551. การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำเพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรหอยลาย : กรณีศึกษาบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน. ใน การประชุมวิชาการทางการประมง ครั้งที่ 2 วันที่ 8-9 ธันวาคม 2551. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ภาณุภูมิ พระประเสริฐ. 2550. สรีรวิทยาของพืช. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจรรุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. กรุงเทพฯ.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2530. แพลงก์ตอน. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วรินธา วชิระเมฆินทร์ อมรรัตน์ กัลลกลีป พัสกร ต่อวิญญา และวิทยา โกษาผล. 2552. ปราภฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร, น. 45-54 ใน รายงานการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 1. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

วิบูลย์ รักเสรี. 2541. การเติบโตของ *Noctiluca scintillans* และผลของความหนาแน่นเซลล์ต่ออัตราการตายของกุ้งกุลาดำวัยอ่อนและปลากะพงขาววัยรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมถวิล จิตตวร. 2540. ชีววิทยาทางทะเล. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สารโรรณ์ เกรียงศักดิ์ชัย. 2546. ปริมาณและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลเจลเลตและปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี บริเวณอ่าวศรีราชา จังหวัดชลบุรี. วิทยานพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. 2554. รายงานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ปี 2548 – 2554. แหล่งที่มา: <http://wqm.pcd.go.th/water/index.php/2010-12-24-09-20-40/101--2548-2552/305--2552>, 13 มีนาคม 2555

สุวัจน์ ธีรุต. 2550. วิทยาศาสตร์ทางทะเลเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 จังหวัดนครปฐม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2552. รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนและคลองสาขา. นครปฐม.

อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์. 2552. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร-สมุทรสงคราม. ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน. กรุงเทพฯ

Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research. 2003. **The UK Harmful Plankton Project**. Plankton net. Available Source: http://planktonnet.awi.de/sci_images_detail.php?itemid=14955, February 25, 2010.

Buranapratheprat, A., T. Yanagi, D. Ishii and P. Intacharoen. 2010. Vertical diffusivity and water qualities in the upper Gulf of Thailand in March 2009. **Coast. Mar. Sci.** 34(1): 61–67.

Buskey, E. J. 1995. Growth and bioluminescence of *Noctiluca scintillans* on varying algal diets. **J. Plankton Res.** 17: 29-40.

Chen, H. and S. Qi. 1991. The feeding and vegetative reproduction diurnal rhythms of *Noctiluca scintillans*. **J Jinan Univ China** 12:104–107.

- Chuenniyom, W., C. Meksumpun and S. Meksumpun. 2012. Impacts of nutrients and related environmental factors on distribution and size structure of *Noctiluca scintillans* populations of the Eutrophic Tha Chin Estuary, Thailand. **Water Sci. Technol.** 65(11): 1994-2002
- Dela-Cruz, J., J. H. Middleton and I. M. Suthers. 2003. Population growth and transport of the red tide dinoflagellate, *Noctiluca scintillans*, in the coastal water off Sydney Australia, using cell diameter as a tracer. **Limnol. Oceanogr.** 48(2): 656-674.
- Elbrächter, M. and Z. Qi. 1998. Aspects of *Noctiluca* (Dinophyceae) population dynamics, **Physiological ecology of harmful algal blooms (D M Anderson, A D Cembella, G M Hallegraeff, eds) Springer, Berlin, Heidelberg**, 315-335.
- Eashwar, M., T. Nallathambi, K. Kuberaraj and G. Govindarajan. 2001. *Noctiluca* blooms in Port Blair Bay, Andamans. **Curr. Sci.** 81(2): 203-205.
- Enomoto, Y. 1956. On the occurrence and the food of *Noctiluca scintillans* (Macartney) in waters adjacent to the west coast of Kyushu, with special reference to the possibility of the damage caused to the fish eggs by that plankton. **Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.** 22: 82-88.
- Escalera L., Y. Pazos, A. Morono and B. Reguera. 2007. *Noctiluca scintillans* may act as a vector of toxigenic microalgae, **Harmful Algae** 6 (3), 317-320.
- Fogg, G.E. 1980. Phytoplanktonic Primary Production, pp. 24-285. In R.S.K. Barnes and K.H. Mann, eds. **Fundamentals of Aquatic Ecosystem**. Blackwell Scientific Publication, London.
- Fukuda, Y. and H. Endoh. 2006. New details from the complete life cycle of the red tide dinoflagellate *Noctiluca scintillans* (Ehrenberg) McCartney. **Eur. J. of Protistology.** 42: 209-219.

- Furuya, K. and T. Lirdwitayaprasit. 2000. Pigment composition of *Pedinomonas noctilucae* (Pedinophyceae), an endosymbiont of green *Noctiluca* (Dinophyceae). **La mer** 38: 95-97
- Furuya, K., H. Saito, R. Sriwoon, T. Omura, E. F. Furio, V. M. Borja and T. Lirdwitayaprasit. 2006. Vegetative growth of *Noctiluca scintillans* with green flagellate endosymbiont *Pedinomonas noctilucae*. **Af. J. Mar. Sci.** 28: 305–308.
- Hansen, P. J., Miranda, L., and Azanza, R. 2004. Green *Noctiluca scintillans*: a dinoflagellate with its own greenhouse. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 275: 79-87.
- Hanslik, M. 1987. **Nahrungsaufnahme und Nahrungsverwertung beim Meeresleucht tierchen *Noctiluca miliaris*** (Dinoflagellata). Ph.D. Thesis, University of Bonn.
- Harrison, P. J., K. Furuya, P. M. Glibert, J. Xu, H. B. Liu, K. Yin, J. H. W. Lee, D. M. Anderson, R. Gowen, A. R. Al-azri, A. Y. T. Ho. 2011. Geographical distribution of red and green *Noctiluca scintillans*. **Chin. J. Oceanol. Limnol.** 29(4): 807-831
- Huang, C. and Qi, Y. 1997. The abundance cycle and influence factors on red tide phenomena of *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) in Dapeng Bay, the South China Sea. **J. Plankton Res.** 19: 303-318.
- Jakobsen, H.H. and K.W. Tang. 2002. Effects of protozoan grazing on colony formation in *Phaeocystis globosa* (Prymnesiophyceae) and the potential costs and benefits. **Aquat. Microb. Ecol.** 27, 261–273
- Joint, I., A. Rees and M. Woodward. 2001. Primary production and nutrient assimilation in the Iberian Upwelling in August 1998. **Prog. Oceanogr.** 51: 221–248.

- Kirchner, M., G. Sahling, C. Schutt, H. Dopke and G. Uhling. 1999. Intracellular bacteria in the red tide-forming heterotrophic dinoflagellate *Noctiluca scintillans*. **Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.** 54: 297-310.
- Kofoed, C.A. and O. Swezy. 1921. **The free-living unarmored Dinoflagellata**. Vol. 5 pp. i-viii, 1-562.
- Lee, R. E. 1980. **Phycology**. Cambridge University Press. Cambridge.
- Lee, J.K. and K. Hirayama. 1992. Effects of salinity, food level and temperature on the population growth of *Noctiluca scintillans* (Macartney). **Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.** 71: 163-168
- Miyaguchi, H., T. Fujuki, T. Kikuchi, V. S. Kuwahara and T. Toda. 2006. Relationship between the bloom of *Noctiluca scintillans* and environmental factors in the coastal waters of Sagami Bay, Japan. **J. Plankton Res.** 28(3): 313-324.
- Meksumpun, C. and S. Meksumpun. 2008. Integration of Aquatic Ecology and Biological Oceanographic Knowledge for Development of Area based Eutrophication Assessment Criteria Leading to Water Resource Remediation and Utilization Management: A Case Study in Tha Chin, the Most Eutrophic River of Thailand. **Water Sci. Technol.** 58(12): 2303-2311.
- Menden-Deuer, S. and E. J. Lessard. 2000. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. **Limnol. Oceanogr.** 45: 569-579.
- Merchant, S. and M. R. Sawaya. 2005. The Light Reactions: A Guide to Recent Acquisitions for the Picture Gallery. **The Plant Cell** 17: 648-663.

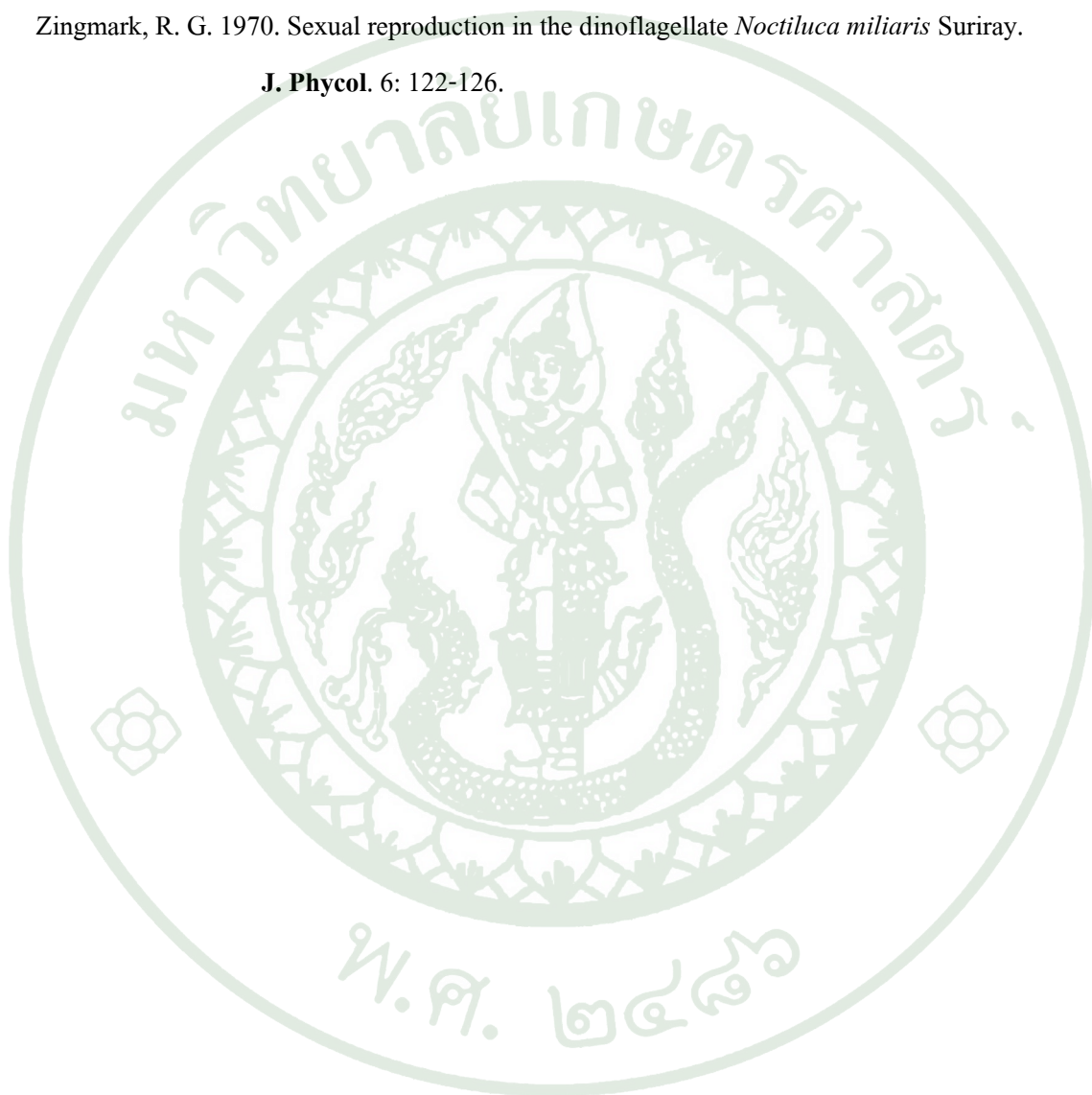
- Montani, S., S. Pithakpol and K. Tada. 1998. Nutrient regeneration in coastal seas by *Noctiluca scintillans*, a red tide-causing dinoflagellate. **J. Mar. Biotechnol.** 6: 224-228.
- Murray, S. and I. M. Suthers. 1999. Population ecology of *Noctiluca scintillans* macartney, a red-tide-forming dinoflagellate. **Mar. Freshw. Res.** 50: 243-252.
- Nakamura, Y. 1998a. Growth and grazing of a large heterotrophic dinoflagellate, *Noctiluca scintillans* in laboratory cultures. **J. Plankton Res.** 20: 1711-1720.
- Nakamura, Y. 1998b. Biomass, feeding and production of *Noctiluca scintillans* in the Seto Inland Sea, Japan. **J. Plankton Res.** 20: 2213-2222.
- Okaichi, T. and S. Nishio. 1976. Identification of ammonium as the toxic principle of red tide of *Noctiluca miliaris*. **Bull. Plankton Soc. Japan** 23: 75-80.
- Okaichi, T., T. Ochi, K. Tada, T. Urai, S. Wissesang, T. Ishimaru, and Y. Fukuyo. 1991. Isolation and culture of *Pedinomonas noctilucae*, a symbiotic of *Noctiluca scintillans* of Gulf of Thailand. **Proceeding Second Westpac Symposium Penang, Malaysia**, 166-176.
- Prasad, R. R. 1958. A note on the occurrence and feeding habits of *Noctiluca* and their effects on the plankton community and fisheries. **Proc. Indian Acad. Sci Sect. B**, 47: 331-337
- Pithakpol, S., K. Tada, and S. Montani. 2000. Ammonium and phosphate pools of *Noctiluca scintillans* and their supplies to the water column in Harima Nada, the Seto Inland Sea, Japan. **La mer** 37: 153-162.
- Qi, S. and D. Li. 1994. Unequal cell division of *Noctiluca scintillans*. **Oceanogr. Limnol. Sin.** 25: 158-161.

- Ritnim, N. and C. Meksumpun. 2011. Influence of environmental factors on abundance and temporal variation of benthic fauna resources in the eutrophic Tha Chin estuary, Samut Sakhon province, Thailand. **Water Sci. Technol.** 64(6): 1261–1269.
- Saito, H., K. Furuya, and T. Lirdwitayaprasit. 2006. Photoautotrophic growth of *Noctiluca scintillans* with the endosymbiont *Pedinomonas noctilucae*. **Plankton Benthos Res.** 1(2): 97-101.
- Schaumann, K., D. Gerdes and K.J. Hesse. 1988. Hydrographic and biological characteristics of a *Noctiluca scintillans* red tide in the German Bight North Sea, 1984. **Meeresforschung** 32: 77-91.
- Smayda, T. J. 1983. The Phytoplankton of the Estuaries, pp. 65 – 102. In B.H. Ketchum (ed.).
- Sriwoon, R. 2006. **Biology, Physiology and Ecology of a Causative Red Tide Organism, *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg, in the Upper Gulf of Thailand.** Ph. D. Thesis. Chulalongkorn University.
- Sriwoon R, P. Pholpunthin, S. Tongnunui, T. Lirdwitayaprasit, M. Kishino and K. Furuya .2008. Population dynamics of green *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) associated with the monsoon cycle in the Upper Gulf of Thailand. **J. Phycol.** Vol. 44:605-615.
- Sweeney, B. M. 1971. Laboratory studies of a green *Noctiluca* from New Guinea. **J. Phycol.** 7: 53-58.
- Sweeney. B.M. 1976. *Pedinomonas noctilucae* (Prasinophyceae), the flagellates symbiotic in *Noctiluca* (Dinophyceae) in Southeast Asia. **Indian Journal of Phycology** 6: 79-86.
- Tada, K., S. Pithakpol, R. Yano and S. Montani, 2000. Carbon and nitrogen content of *Noctiluca scintillans* in the Seto Inland Sea, Japan. **J. Plankton Res** 22(6):1203-1211.

- Tada, K., S. Pithakpol and S. Montani. 2004. Seasonal variation in the abundance of *Noctiluca scintillans* in the Seto inland sea, Japan. **Plankton Biol. Ecol** 51(1): 7-14.
- Thaipichitburapa, P., C. Meksumpun and S. Meksumpun. 2010. Province-based self-remediation efficiency of the Tha Chin river basin, Thailand. **Water Sci. Technol.** 62 (3), 594–602.
- Tiselius, P. and T. Kiorboe. 1998. Colonization of diatom aggregates by the dinoflagellate *Noctiluca scintillans*. **Limnol. Oceanogr.** 43 (1): 154-159.
- Thong-ra-ar, W., K. Pinkaew, Musika, R. Sangkasila, and W. Lohsiri. 1995. Coastal water quality in Chonburi Province (Sriracha-Muangmai) and red tide phenomena in 1992-1993. **Research Paper 64/1994**. Institute of Marine Science, Burapa University.
- Torres-Valdés, S. and D.A. Purdie. 2006. Nitrogen removal by phytoplankton uptake through a temperate non-turbid estuary. **Estuar. Coast. Shelf Sci.** 70 (3), 473–486.
- Uhlig, G. and G. Sahling. 1990. Long-Term studies on *Noctiluca scintillans* in the German Bight, population dynamics and red tide phenomena 1968-1988. **Neth. J. Sea Res.** 25(1/2): 101-112.
- Uhlig, G. and G. Sahling. 1995. *Noctiluca scintillans*: zeitliche Verteilung bei Helgoland und räumliche Verbreitung in der Deutschen Bucht (Langzeitreihen 1970 - 1993). **Ber. Biol. Anst. Helgoland** 9: 1-127.
- Umani, S. F., A. Beran, S. Parlato, D. Virgilio, T. Zollet, A. De Olazabal, B. Lazzarini and M. Carrini. 2004. *Noctiluca scintillans* Macarney in the Northern Adriatic Sea: long-term dynamics, relationships with temperature and eutrophication, and role in the food web. **J. Plankton Res.** 26(5): 545-561.

ZHOU, C. and Y. WU. 1999. The trigger and regulation mechanism of dinoflagellate red tide and its toxin and metabolism pathway of nitrogen in *Noctiluca scintillans*. **Chinese J. Oceano. Limnol.** 4:454-459.

Zingmark, R. G. 1970. Sexual reproduction in the dinoflagellate *Noctiluca miliaris* Suriray. **J. Phycol.** 6: 122-126.





การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์หาค่าคลอโรฟิลล์ เอ

1. นำตัวอย่างที่เก็บไว้ในถุงเก็บน้ำขนาด 1,000 มิลลิลิตร มากรองผ่านอุปกรณ์ชุดเครื่องแก้วกรองน้ำที่มีกระดาษกรอง GF/F บรรจุอยู่ ทำการกรองน้ำจนกระทั่งมีสีเกิดขึ้นบนกระดาษกรอง และน้ำเริ่มผ่านกระดาษกรองได้ไม่ดี บันทึกปริมาณน้ำที่ผ่านการกรอง
2. ใช้ Millipore forceps คีบกระดาษกรองออกจากแท่นกรอง และพับครึ่งเก็บไว้ในหลอดขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มี Acetone 90 เปอร์เซ็นต์ บรรจุอยู่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เข้าให้ทั่ว ห่อหลอดเก็บน้ำตัวอย่างด้วย Aluminium foil ให้มิดชิด (ควรเก็บไว้ในที่เย็นอย่างน้อย 24 ชั่วโมง)
3. นำหลอดเก็บตัวอย่างน้ำมาผ่านเครื่อง Sonicator เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้เซลล์ของแพลงก์ตอนพืชแตกอย่างสมบูรณ์ นำไปทำให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที
4. นำไปวิเคราะห์หาค่าคลอโรฟิลล์ เอ โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer
5. ควบน้ำที่อยู่ส่วนบนออก ใส่ลงในเซลล์ (Cuvette) ขนาดความกว้าง 1 เซนติเมตร ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ทำการวัดค่า Extinction ที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร ทันที
6. เติมกรด HCl 1.2 N ลงไป 0.1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ และทำการวัดค่า extinction ที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร อีกครั้ง และนำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสมการ

$$\text{Chlorophyll a } (\mu\text{g/l}) = \frac{26.7[(665_o - 750_o) - (665_a - 750_a)] \times v}{(V/100) \times l}$$

โดยที่	665_o	=	ค่า Extinction ที่ 665 นาโนเมตร ก่อนเติมกรด
	665_a	=	ค่า Extinction ที่ 665 นาโนเมตร หลังเติมกรด
	750_o	=	ค่า Extinction ที่ 750 นาโนเมตร ก่อนเติมกรด
	750_a	=	ค่า Extinction ที่ 750 นาโนเมตร หลังเติมกรด
	v	=	Volume of acetone extract (มิลลิลิตร)
	V	=	Volume of water filtered (ลิตร)
	l	=	Path length of the cuvette cell (เซนติเมตร)

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อม และ ความหนาแน่นของเซลล์ *Noctiluca scintillans* ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีนที่ศึกษา ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2552-2553 (TEMP: temperature, COND: conductivity, SAL: salinity, DO: dissolved oxygen, PH: pH, CELLS: cell density of *Noctiluca scintillans*, CHL: chlorophyll *a*, SI: silicate-silicon, P: orthophosphate phosphorous, DIN: dissolved inorganic nitrogen)

		TEMP	COND	SAL	DO	PH	CELLS	CHL	SI	P	DIN
TEMP	Pearson Correlation	1	0.03	0.23**	0.16*	0.72**	0.36**	0.31**	0.01	0.07	-0.15
	Sig. (2-tailed)	.	0.66	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.94	0.49	0.12
	N	200	174	187	200	200	114	110	111	111	111
COND	Pearson Correlation	0.03	1	0.78**	-0.02	-0.07	-0.29**	-0.23*	-0.35**	-0.56**	-0.50**
	Sig. (2-tailed)	0.66	.	0.00	0.75	0.35	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
	N	174	175	175	174	174	93	101	101	101	101
SAL	Pearson Correlation	0.23**	0.78**	1	0.28**	0.16*	0.05	-0.10	-0.59**	-0.68**	-0.68**
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.00	.	0.00	0.03	0.61	0.31	0.00	0.00	0.00
	N	187	175	190	187	187	104	113	113	113	113
DO	Pearson Correlation	0.16*	-0.02	0.28**	1	0.18**	0.23**	0.23**	-0.24**	-0.41**	-0.46**
	Sig. (2-tailed)	0.03	0.75	0.00	.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
	N	200	174	187	201	200	114	110	111	111	111
PH	Pearson Correlation	0.72**	-0.07	0.16*	0.18**	1	0.47**	0.06	-0.08	0.11	-0.16
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.35	0.03	0.01	.	0.00	0.55	0.40	0.24	0.10
	N	200	174	187	200	200	114	110	111	111	111

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

		TEMP	COND	SAL	DO	PH	CELLS	CHL	SI	P	DIN
CELLS	Pearson Correlation	0.36**	-0.29**	0.05	0.23**	0.47**	1	0.54**	0.05	-0.23*	-0.28**
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.01	0.61	0.01	0.00	.	0.00	0.63	0.03	0.01
	N	114	93	104	114	114	118	90	88	88	88
CHL	Pearson Correlation	0.31**	-0.23*	-0.10	0.23**	0.06	0.54**	1	0.09	0.08	0.06
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.02	0.31	0.01	0.55	0.00	.	0.37	0.42	0.55
	N	110	101	113	110	110	90	117	113	113	113
SI	Pearson Correlation	0.01	-0.35**	-0.59**	-0.24**	-0.08	0.05	0.09	1	0.49**	0.47**
	Sig. (2-tailed)	0.94	0.00	0.00	0.01	0.40	0.63	0.37	.	0.00	0.00
	N	111	101	113	111	111	88	113	119	119	119
P	Pearson Correlation	0.07	-0.56**	-0.68**	-0.41**	0.11	-0.23*	0.08	0.49**	1	0.81**
	Sig. (2-tailed)	0.49	0.00	0.00	0.00	0.24	0.03	0.42	0.00	.	0.00
	N	111	101	113	111	111	88	113	119	119	119
DIN	Pearson Correlation	-0.15	-0.50**	-0.68**	-0.46**	-0.16	-0.28**	0.06	0.47**	0.81**	1
	Sig. (2-tailed)	0.12	0.00	0.00	0.00	0.10	0.01	0.55	0.00	0.00	.
	N	111	101	113	111	111	88	113	119	119	119

- หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99



ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาววรรณศิริ ชื่นนิยม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	18 เมษายน 2530
สถานที่เกิด	อ่างทอง
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ประมง) คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2552
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักวิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ห้องปฏิบัติการวิจัยดินตะกอนและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ ทุนการศึกษาที่ได้รับ	- ทุนสนับสนุนการตีพิมพ์ผลงานวิทยานิพนธ์ใน วารสารวิชาการระดับนานาชาติ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2552