บทคัดย่อ

ภาษาไทย

การศึกษากลไกการเกิดน้ำเปลี่ยนสี *Noctiluca* บริเวณฝั่งตะวันออกและตะวันตกของอ่าวไทยตอนในเป็นโครงการต่อเนื่อง 3 ปี เริ่มดำเนินการในปีงบประมาณ 2551 2553 และ 2554 เนื่องจากการเกิดน้ำเปลี่ยนสี *Noctiluca* เกิดบ่อยครั้งในบริเวณดังกล่าวและไม่ทราบว่าปัจจัยใดแสดงบทบาทในการควบคุมกลไกการเกิดน้ำเปลี่ยนสี จึงตั้งสมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้ว่า การเกิดน้ำเปลี่ยนสีมีความสัมพันธ์กับฤดูมรสุม ปัจจัยความเค็มมีอิทธิพลต่อกระบวนการเกิดน้ำเปลี่ยนสี และอุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัดการกระจายของ green *Noctiluca* แบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนคือ การศึกษาในภาคสนามและการศึกษาในห้องปฏิบัติการ การศึกษาในภาคสนามได้กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 9 สถานีด้านฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน และ 8 สถานีด้านฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนใน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ที่พบน้ำเปลี่ยนสีบ่อยครั้ง ในการศึกษาปีที่ 1(กรกฎาคม-ตุลาคม 2551) และ 2 (มกราคม-กรกฎาคม 2553) ทำการเก็บตัวอย่าง 2 สัปดาห์ต่อครั้ง พร้อมกันทั้งสองฝั่ง แต่ในปีที่ 3 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2554) ทำการเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์เฉพาะด้านฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยเท่านั้น ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเซลล์ *Noctiluca* ธาตุอาหาร และปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ เป็นต้น การศึกษาในปีที่ 1 พบน้ำเปลี่ยนสี *Noctiluca* ทั้งสองฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนใน ในช่วงฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยพบเพียง 1 ครั้งด้านฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนใน แต่พบได้บ่อยครั้งในฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน และพบน้ำเปลี่ยนสีเนื่องจาก *Metadinophysis sinensis* การศึกษาในปีที่ 2 พบน้ำเปลี่ยนสี *Noctiluca* เพียง 1 ครั้งที่ด้านฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนใน ในช่วงฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ไม่พบที่ด้านฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน และพบอีก 1 ครั้ง ในฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ด้านฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนใน ขณะที่พบบ่อยครั้งที่ด้านฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนในและพบแพลงก์ตอนพืชที่เป็นอันตราย 2 ชนิด คือ *Alexandrium tamiyavanichi* และ *Psuedonitzschia* spp. การศึกษาในปีที่ 3 พบปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสีจาก *Noctiluca* 1 ครั้ง *Ceratium furca* 6 ครั้ง แต่ไม่พบสัตว์น้ำตายจากเหตุการณ์น้ำเปลี่ยนสี

ตลอดการศึกษาทั้ง 3 ปีไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความหนาแน่นเซลล์ *Noctiluca* และ *Ceratium furca* กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม และเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ร่วมกับผลการศึกษาในปีที่ 1 และ2 ก็ไม่พบความสัมพันธ์อีกเช่นกันที่เป็นเช่นอาจเป็นเพราะ ในปีที่ 1 และ 2 การเก็บตัวอย่างมีความถี่น้อย และเมื่อเพิ่มความถี่ในการเก็บตัวอย่างเป็นสัปดาห์ละครั้งในการเก็บตัวอย่างปีที่ 3 แต่ก็ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดมหาอุทกภัยทำให้ค่าปัจจัยต่างๆที่สำคัญ คือ ความเค็ม และธาตุอาหารมีความแปรปรวนอย่างมาก

ตลอดระยะเวลาการศึกษาสรุปได้ว่าทั้งสองฝั่งของอ่าวไทยตอนในได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมเช่นเดียวกันส่งผลให้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงความเค็มมีลักษณะเช่นเดียวกัน คือ ผิวน้ำชั้นบนมีความเค็มต่ำในฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้(พฤษภาคม-ตุลาคม) และเมื่อเข้าสู่ฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ(พฤศจิกายน-มกราคม)ความเค็มของผิวน้ำชั้นบนจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนไม่พบความแตกต่างของชั้นน้ำ พบว่าความเค็มเป็นปัจจัยเด่นในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงประชากรและกลไกการเกิดน้ำเปลี่ยนสีของ *Noctiluca* ดังจะ

เห็นได้อย่างชัดเจนในปีที่ 3 ของการศึกษาเมื่อเกิดมวลน้ำจืดปริมาณมากไหลลงสู่อ่าวไทยตอนบน ทำให้ไม่พบน้ำเปลี่ยนสี *Noctiluca* ตลอดระยะเวลาการศึกษา และไม่พบเซลล์ที่ผิวน้ำที่มีความเค็มต่ำ แต่พบจะพบเซลล์ในชั้นน้ำด้านล่างที่มีความเค็มสูงเท่านั้น ดังนั้นจึงได้ออกแบบทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาอิทธิพลของความเค็มน้ำในแบบจำลองเพื่ออธิบายกลไกระยะเริ่มต้นของการเกิดน้ำเปลี่ยนสี

การศึกษาในห้องปฏิบัติการในปีที่ 1 ทำการศึกษาผลของความเค็มต่อการกระจายในแนวดิ่งของ *Noctiluca* ในท่อพอลิเอทิลีนที่มีชั้นน้ำความเค็มแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าในชุดการทดลองที่ปล่อยเซลล์ *Noctiluca* ที่ผิวน้ำความเค็ม 10 psu ตายเกือบทั้งหมดใน 6 ชั่วโมงแรกและตายหมดภายใน 24 ชั่วโมง ในชุดการทดลองที่ปล่อยเซลล์ลงที่ด้านล่างสุดของท่อความเค็ม 31 psu เซลล์ยังคงแข็งแรงและภายใน 24 ชั่วโมง เซลล์สามารถกระจายได้ตลอดทุกชั้นความเค็มในท่อพอลิเอทิลีน หลังจากนั้นเซลล์จะเคลื่อนที่สู่ผิวน้ำที่มีความเค็ม 10 psu ภายในวันที่ 4 ของการทดลอง เซลล์ส่วนใหญ่ยังมีชีวิตอยู่และจะอยู่ที่ผิวน้ำตลอดเวลา

การศึกษาอิทธิพลของเหยื่อ *Rhodomonas* ต่อพฤติกรรมการอพยพในแนวดิ่งของผู้ล่า ในปีที่ 2 ของการศึกษาพบว่าปัจจัยแสงมีอิทธิพลต่อการอพยพในแนวดิ่งของ *Rhodomonas* แต่ไม่มีผลต่อ *N. scintiallns* และการอพยพในแนวดิ่งของ *Rhodomonas* sp. มีผลต่อ *N. scintiallns* ในระดับไม่เกิน 1 เมตรและพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อ *N. scintiallns* ทำให้เซลล์กระจายตัวในมวลน้ำชั้นบนไม่ลอยตัวที่ผิวน้ำ

การศึกษาการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งในแบบจำลองในปีที่ 1 และ 2 ทำให้ทราบอิทธิพลของความเค็ม เหยื่อ และแสง ต่อการเคลื่นที่ในแนวดิ่งของ *Noctiluca* เป็นข้อมูลที่เสริมกับข้อมูลการศึกษาในภาค สนาม และนำไปใช้การอธิบายการเกิดน้ำเปลี่ยนสี *Noctiluca* กล่าวคือ โดยปกติน้ำเปลี่ยนสีจะเกิดหลังฝนตก 2-3 วัน จึงเป็นไปได้ว่าเซลล์ *Noctiluca* ที่ผิวน้ำจะตายแต่เซลล์ที่อยู่ในมวลน้ำชั้นล่างที่ยังมีความเค็มสูงจะสามารถเติบโตและเพิ่มจำนวนได้ เซลล์เหล่านี้จะปรับตัวและลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ทำให้สังเกตน้ำเปลี่ยนสี *Noctiluca* หลังจากฝนตก ในวันที่แสงแดดดี คลื่นลมสงบ

การศึกษาในปีที่ปีที่ 3 เรื่องผลของอุณหภูมิต่อการเติบโตและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศใน green *Noctiluca* แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัดการกระจายของ green และ red *Noctiluca* โดย green *Noctiluca* ไม่สามารถอาศัยในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 20°C ในขณะที่ red *Noctiluca* ไม่สามารถอาศัยที่อุณหภูมิสูงกว่า 27°C ในการศึกษาการเติบโตและการสืบพันธ์แบบอาศัยเพศ พบว่าการสืบพันธ์แบบอาศัยเพศเกิดขึ้นในชุดการทดลองที่ให้ *Chattonella* เป็นอาหารมากกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ให้อาหาร แสดงให้เห็นว่า *Noctiluca* เป็น heterotrophic organism ที่พึ่งพาอาหารจากภายนอกเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเติบโตและสืบพันธ์แบบอาศัยเพศ การที่ *Noctiluca* มีการสืบพันธ์แบบอาศัยเพศในร้อยละที่สูงเมื่อเข้าสู่ระยะ stationary phase ทำให้เกิดเซลล์ใหม่เพิ่มขึ้นได้ทำให้เซลล์มีระยะเวลาการดำรงอยู่ในมวลน้ำได้เป็นเวลานาน เมื่อทำการทดลองเรื่องผลผลิตเบื้องต้นของ *N. scintillans* และ *Pedinomonas noctilucae* แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้อาศัยและผู้ให้อาศัยทำให้ทราบผลผลิตเบื้องต้นที่ *P. noctilucae* สร้างขึ้นซึ่งจะต้องทำการศึกษาต่อไปเพื่อให้ทราบปริมาณผลผลิตที่จัดสรรให้กับเซลล์ *Noctiluca*

การศึกษาในภาคสนามและห้องปฏิบัติการในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเกิดน้ำเปลี่ยนสีจาก *Noctiluca* ในอ่าวไทยตอนในเกิดขึ้นโดยอิทธิพลของลมมรสุม ทำให้เกิดน้ำท่าไหลลงสู่อ่าวในปริมาณมากเพิ่มธาตุอาหาร และทำให้ความเค็มเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นปัจจัยเด่นในการควบคุมกลไกการเกิดน้ำเปลี่ยนสี นอกจากนี้การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยความเค็มมีที่มีรูปแบบที่ชัดเจนและมีอิทธิต่อการเปลี่ยนแปลงพลวัตรประชากรของ *Noctiluca* เป็นปัจจัยกายภาพที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับขั้นตอนแรกของการเกิดน้ำเปลี่ยนสี กล่าวคือ เป็นปัจจัยที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงความเค็มและเป็นตัวนำ *Noctiluca* ไปยังพื้นที่ที่เกิดน้ำเปลี่ยนสี

คำสำคัญ : น้ำเปลี่ยนสี *Noctiluca* อ่าวไทยตอนใน

Abstract

The study on “The mechanism of *Noctiluca* red tide formation in the eastern and western part of the Inner Gulf of Thailand” is the three year project which has been carried out in 2008, 2010 and 2011 to address the hypothesis that the bloom mechanism is associated with monsoon season, water salinity has influence on bloom mechanism and temperature is the limiting factor for the distribution of green and red *Noctiluca*.

The study was divided into two parts the field and laboratory study. Nine and eight stations which covered the affected red tide area were designed for the field study in the eastern and the western part of the Inner Gulf, respectively. In the first year (July-October, 2008) and second year (January-July, 2010) of study, the field sampling was carried out twice a month in the same time at both study sites. Water samples were collected for monitoring of *Noctiluca* cell abundance and other parameters such as salinity, temperature, nutrients and so on. During the southwest monsoon season, *Noctiluca* red tide was found once at the western part but could observe much more at the eastern part of the Inner Gulf where the bloom of *Metadinophysis sinensis* was also found. In the second year of study, during the northeast monsoon season, *Noctiluca* red tides was found once at the western part but not found at the eastern part of the Inner Gulf. During the southwest monsoon season, *Noctiluca* red tide was also found once at the western part but found much more at the eastern part of the Inner Gulf where *Alexandrium tamiyavanichi* and *Psuedonitzschia spp.* were also found. In the third year of study(July-December, 2011), the field study was carried out once a week at only the eastern part of the Inner Gulf, 6 *Ceratium* and 1 *Noctiluca* red tides were found. There was no statistically significant relationship between *Noctiluca* cells and environmental parameters throughout the three year project which might be caused by the huge variation of all parameters due to the massive flood in 2011. However, the field study could be summarized that both two study sites have been affected by the monsoon system which resulted in the same pattern of salinity changed; the surface layer was low during the southwest monsoon season (May-October) and rapidly increased during the northeast monsoon season which caused salinity changed and might control the bloom mechanism of *Noctiluca.* The massive flood in 2011 was an evident showed that no *Noctiluca* cell has been found in the low salinity of surface water layer but could be found in the subsurface water and mid depth water layer where is high salinity. Hereafter, the laboratory studies have been designed to confirm those field study observations.

In the first year of laboratory study, the effect of salinity on vertical migration of *Noctiluca* has been conducted in a three layer system with varying salinity of 10, 20 and 31 produced in the black polyethylene tubes of 20 cm in diameter and 1.5 meters long. Most of *Noctiluca* cells died within 6 hours after cells added at the surface (10 psu) of the stratified water column and within 24 hours no living cell could be observed. While cells added at the bottom of the tube (31 psu) could slowly move up to the upper water layers (20 and 10 psu) and could distribute uniformly throughout the water column within 24 hours. After 4 days of the experiment, most cells stayed at the surface water and since then no vertical distribution could be observed.

Another experiment has been conducted in the second year on the effect of prey *Rhodomonas* on vertical migration of *Noctiluca* in the same black polyethylene tubes but water salinity was 28 psu. throughout the water column. The results showed that *Noctiluca* performed the vertical migration during day time at not deeper than 1 meter to graze on *Rhodomonas*. The observation in the field and the studies on the vertical migration of *Noctiluca* implied that once *Noctiluca* has suddenly exposed to such a low salinity condition, due to the rain or river run off, cells at the surface layer suddenly died but cells at the deeper layer can grow (reproduce and form the high dense) normally. Those cells can move upward to occupy the surface layer and form the red tide on the other days.

The effect of temperature on growth and sexual reproduction in green *Noctiluca* has been conducted in the third year of study, the results showed that green *Noctiluca* could not survive at temperature lower than 20 $^{\circ}$C while red *Noctiluca* could not survive at temperature higher than 27 $^{\circ}$C suggesting that temperature is the limiting factor for the distribution of green and red *Noctiluca*.

The results of three year studies in the field and laboratory revealed that the red tide formation of *Noctiluca* in the Inner Gulf of Thailand was influenced by the monsoon season which initiated the heavy rain and finally resulted in huge nutrients load and salinity changes in the Inner Gulf of Thailand. The most important role of water circulation was the transportation of *Noctiluca* cells into the area that red tide will be formed and controlled the changes in salinity pattern together with the population dynamics in the blooming area of the Inner Gulf.

Key words : *Noctiluca* red tide, the Inner Gulf of Thailand