



การผันแปรทางสัณฐานวิทยาของ *Dinophysis caudata* (Saville-Kent) บริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร

Morphological Variations of *Dinophysis caudata* (Saville-Kent) in the Coastal Area of Samut Sakhon Province

เพ็ญไพสิน อุดมรัตน์¹ และ อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์^{2*}

บทคัดย่อ

ศึกษาการผันแปรทางสัณฐานวิทยาของ *Dinophysis caudata* (Saville-Kent) บริเวณชายฝั่งทะเลบ้านกระเช้าขาว จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งอยู่ทางชายฝั่งตะวันตกของปากแม่น้ำท่าจีนและเป็นบริเวณที่มีปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีเป็นประจำ เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชเชิงคุณภาพด้วยถุงลากแพลงก์ตอนขนาดตา 20 ไมโครเมตร พร้อมทั้งตรวจวัดปัจจัยสิ่งแวดล้อม และเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในน้ำทะเลตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2550 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 คัดแยกตัวอย่าง *D. caudata* มาถ่ายภาพและวัดขนาดเซลล์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ Image Pro-plus พร้อมทั้งวาดภาพเซลล์ขนาดต่างๆ ผลการศึกษาพบ *D. caudata* ที่มีสัณฐานวิทยาแตกต่างกันถึง 56 แบบ โดยมีความกว้างของเซลล์อยู่ในช่วง 10.08 – 35.60 ไมโครเมตร (ค่าเฉลี่ย 21.65 ± 4.27 ไมโครเมตร) และความยาวเซลล์อยู่ในช่วง 29.54 – 76.56 ไมโครเมตร (ค่าเฉลี่ย 46.03 ± 8.45 ไมโครเมตร) เมื่อนำไปจัดกลุ่มขนาดตามความถี่ของการปรากฏสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย โดยกลุ่มขนาดที่มีความถี่ของการปรากฏสูงสุด ได้แก่ เซลล์ขนาดเล็กที่มีความกว้างและความยาวอยู่ในช่วง 18 – 25 ไมโครเมตร และ 38 – 52 ไมโครเมตร ตามลำดับ การปรากฏของเซลล์ขนาดเล็กนี้สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-เบสและปริมาณไนโตรเจนในน้ำทะเล ขณะเดียวกันการพบเซลล์ขนาดใหญ่ซึ่งมีความกว้างมากกว่า 30 ไมโครเมตร และความยาวเซลล์มากกว่า 64 ไมโครเมตร นั้น มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนโดยโมลของไนโตรเจนอนินทรีย์ละลายน้ำต่อฟอสฟอรัสอนินทรีย์ที่ละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ABSTRACT

This study on morphological variations of *Dinophysis caudata* (Saville-Kent) was carried out in the coastal area of Samut Sakhon Province. Sampling stations were located on the western part of Tha Chin estuary in Khasa-khao village where there were frequent records of the red tide

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 10330

² Corresponding Author, E-Mail: Ajcharaporn.P@chula.ac.th

phenomena. Physico-chemical parameters were measured with water and phytoplankton samples being collected monthly from June 2007 to May 2008. *D. caudata* was isolated and photographed under a compound microscope for the measurement of cell dimensions with an Image Pro-plus program. The presence of 56 morphotypes of *D. caudata* were recorded with the cell width varying from 10.08 to 35.60 mm (average 21.65 ± 4.27 mm) and cell length in the range of 29.54 – 76.56 mm (average 46.03 ± 8.45 mm). These characteristics can be divided into 4 groups based on frequency of occurrence in terms of cell length and width. The most dominant cell type was the small-sized cells with cell widths and lengths in the range of 18 - 25 mm and 38 - 52 mm, respectively. The occurrence in terms of these small cells tended to follow the variation in pH and nitrate-nitrogen concentrations in seawater, while the abundance of large-sized cells (> 30 mm width and > 64 mm length) showed a significant relationship with DIN:DIP ratio in the water column.

คำสำคัญ: *Dinophysis caudata*, การผันแปรทางสัณฐานวิทยา ชายฝั่ง ความเป็นกรด-เบส ไนโตรเจนอนินทรีย์ ละลายน้ำ ฟอสฟอรัสอนินทรีย์ละลายน้ำ

Keywords: *Dinophysis caudata*, Morphological Variation, Coastal Area, pH, DIN, DIP

บทนำ

อ่าวไทยตอนในจัดเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งจึงเป็นบริเวณที่มีกิจกรรมการประมงชายฝั่งและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างกว้างขวาง ทั้งยังเป็นบริเวณที่มีการรายงานการเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีหรือการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชได้บ่อยครั้ง โดยเฉพาะปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีที่เกิดจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต แต่แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตบางชนิดที่ไม่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีแต่จัดเป็นแพลงก์ตอนหรือสาหร่ายพิษ เช่น ไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Dinophysis* ซึ่งเป็นไดโนแฟลกเจลเลตสกุลหนึ่งที่มีการกระจายทั่วไปในอ่าวไทยและสมาชิกบางชนิดของสกุลนี้สามารถสร้างสารชีวพิษที่เรียกว่า พิษท้องร่วงในหอยสองฝา (Diarrhetic Shellfish Poisoning: DSP) ได้ พิษที่ถูกสร้างขึ้นสามารถถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่และมนุษย์โดยผ่านทางสายใยอาหารทางทะเล (Faust and Gullledge, 2002; Larsen and Moestrup, 1992; Okaichi et al., 1976) ในประเทศไทย *Dinophysis caudata* (Saville-Kent) เป็นชนิดที่พบได้ทั่วไปในน่านน้ำไทย การศึกษาเกี่ยวกับไดโนแฟลกเจลเลตชนิดนี้ในบริเวณอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตกในปี พ.ศ. 2550 โดย

เพ็ญไพลิน อุดมรัตน์ และคณะ (2550) พบว่ามีความหนาแน่นสูงกว่าในอดีต ที่เคยรายงานไว้โดย สุทธิชัย เตมีวัฒน์ (2527) พรศิลป์ ผลพันธุ์ (2530) และอิทธิภา พรหมทอง (2542)

การศึกษากการผันแปรของประชากร *D. caudata* บริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร-สมุทรสงคราม พบ *D. caudata* ที่เป็นเซลล์ปกติร่วมกับเซลล์ที่คล้าย *D. caudata* แต่มีขนาดเล็กกว่าซึ่งอาจมีผลทำให้จำแนกเซลล์ดังกล่าวออกเป็นคนละชนิดกัน ดังที่เกิดขึ้นในการศึกษา *Dinophysis caudata* โดย Reguera และ González-Gil (2001) ซึ่งมีผลให้จำแนกเซลล์ขนาดเล็กแยกออกจาก *D. caudata* เป็นชนิดใหม่ (Steidinger and Tangen, 1997; Gómez, 2005) การศึกษาต่อมาในภายหลังได้พิสูจน์ว่าทั้งเซลล์ *D. caudata* ปกติ และเซลล์ขนาดเล็กที่ถูกแยกเป็นชนิดใหม่นั้นเป็นชนิดเดียวกัน โดยที่เซลล์ที่มีสัณฐานวิทยาและขนาดที่ต่างกันเป็นระยะต่างๆ ในวงชีวิต (Reguera, 2001; Reguera et al., 2007) แต่เนื่องจากการเพาะเลี้ยง *D. caudata* มีขั้นตอนยุ่งยากและซับซ้อนทำให้ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวงชีวิตของ *Dinophysis* ชนิดนี้จึงทำให้ไม่ทราบว่าเซลล์ที่มีภาพร่างและขนาดที่ต่างกันนั้นมีการดำรง

ซีฟเป็น autotroph หรือ mixotroph และมีระยะเป็น haploid หรือ diploid (MacKenzie, 1992; Berland et al., 1995; Nishitani et al., 2008; Park et al. 2008)

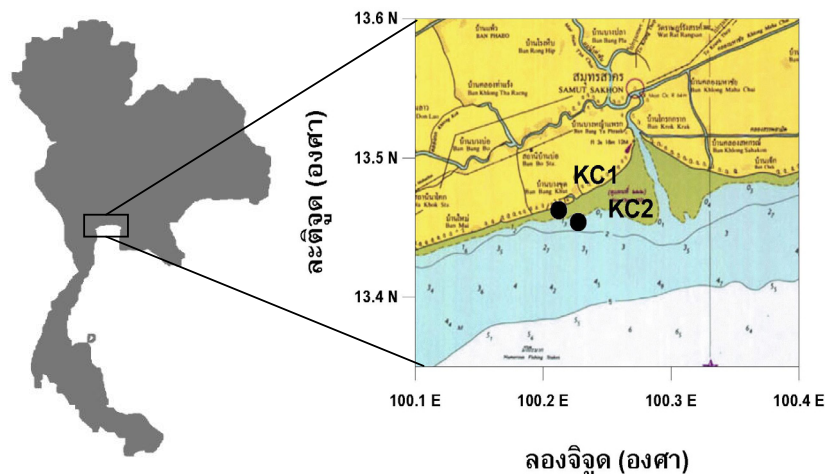
การจำแนกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Dinophysis* ใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สำคัญ 3 ประการคือ ภาพร่างและขนาดเซลล์ ความกว้างและความยาวของแผ่นปีกและก้านค้ำจุน และลักษณะผนังเซลล์ โดย *D. caudata* มีภาพร่างรูปไข่หรือวงรี เซลล์มีความกว้างอยู่ในช่วง 37 – 50 ไมโครเมตร และความยาวอยู่ในช่วง 70 – 110 ไมโครเมตร มีร่องตามขวางและร่องตามยาวอยู่ในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน โดยร่องตามขวางเลื่อนขึ้นไปอยู่ด้านบนของเซลล์ทำให้ด้านล่าง (hypotheca) มีขนาดใหญ่ Hypotheca มีส่วนยื่นยาวออกคล้ายนิ้วมือ (antapical projection) ที่ร่องทั้งสองมีการเรียงตัวของแผ่นปีกที่แตกต่างกันโดยแผ่นปีกที่ร่องตามยาวมีการเรียงตัวเป็นวงคล้ายกรวยหงายซึ่งมีก้านค้ำจุนหลายก้าน ส่วนแผ่นปีกของร่องตามยาววางตัวตามแนวยาวของร่องโดยแผ่นปีกที่อยู่ทางขอบร่องทางด้านซ้ายมีขนาดใหญ่และยาวเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวเซลล์และมีก้านค้ำจุน 3 ก้าน ในขณะที่แผ่นปีกที่ขอบร่องทางด้านขวามีขนาดเล็กกว่าและไม่มีก้านค้ำจุน ผิวเซลล์มีลักษณะเป็นหลุมลึกภาพร่างหลายเหลี่ยม แต่ละหลุมมีรูอยู่กลางหลุมหรือค่อนไปทางด้านข้างของหลุม (Balech, 1976; Hallegraeff and Lucas, 1988; Larsen and Moestrup, 1992; Steidinger and Tangen, 1997; Reguera et al., 2000)

การตรวจเฝ้าระวังไดโนแฟลกเจลเลตชนิดนี้ในน่านน้ำไทยจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสามารถผลิตอาหารทะเลที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งการตรวจเฝ้าระวังดังกล่าวเราจำเป็นต้องมีความรู้เรื่องลักษณะสัณฐานวิทยา การกระจายและนิเวศวิทยาของไดโนแฟลกเจลเลตชนิดนี้ด้วย การศึกษาในครั้งนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับการผันแปรทางสัณฐานวิทยาในด้านภาพร่างและขนาดของประชากรในรอบปีของ *D. caudata* บริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร เพื่อให้ทราบถึงการผันแปรในด้านภาพร่างและขนาดของ *Dinophysis caudata* และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการผันแปรดังกล่าว ซึ่งสามารถช่วยให้การจำแนกชนิดของไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Dinophysis* มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

วิธีการศึกษา

ตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ใช้ในการศึกษาเก็บจากบริเวณชายฝั่งทะเลบ้านกระเช้าขาว จังหวัดสมุทรสาครซึ่งตั้งอยู่ฝั่งทิศตะวันตกของปากแม่น้ำท่าจีน จำนวน 2 สถานี คือ KC1 และ KC2 (รูปที่ 1) เก็บตัวอย่างภาคสนามทุกเดือนเป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2550 ถึงเดือนพฤษภาคม 2551

ในแต่ละสถานีทำการตรวจวัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางสกายะได้แก่ วัดความลึกด้วยเครื่อง depth sounder ส่วนอุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจน



รูปที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งบ้านกระเช้าขาว จังหวัดสมุทรสาคร

ละลาย และความเป็นกรด-เบสนั้นวัดด้วยเครื่อง water quality checker model WQC-22A และเก็บน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำได้แก่ แอมโมเนีย - ไนโตรเจน ไนไตรท์ -ไนโตรเจน ไนเตรท - ไนโตรเจน และฟอสเฟต - ฟอสฟอรัส ตามวิธีของ Parsons et al. (1984) จากนั้นเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชเชิงคุณภาพโดยการลากด้วยถุงแพลงก์ตอนที่มียอดตา 20 ไมโครเมตร ในแนวเฉียงเพื่อให้ได้ตัวอย่างมากที่สุด รักษาสภาพตัวอย่างที่ได้ด้วยสารละลายฟอร์มาลิน ที่ทำให้เป็นกลางให้มีความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 1 - 2

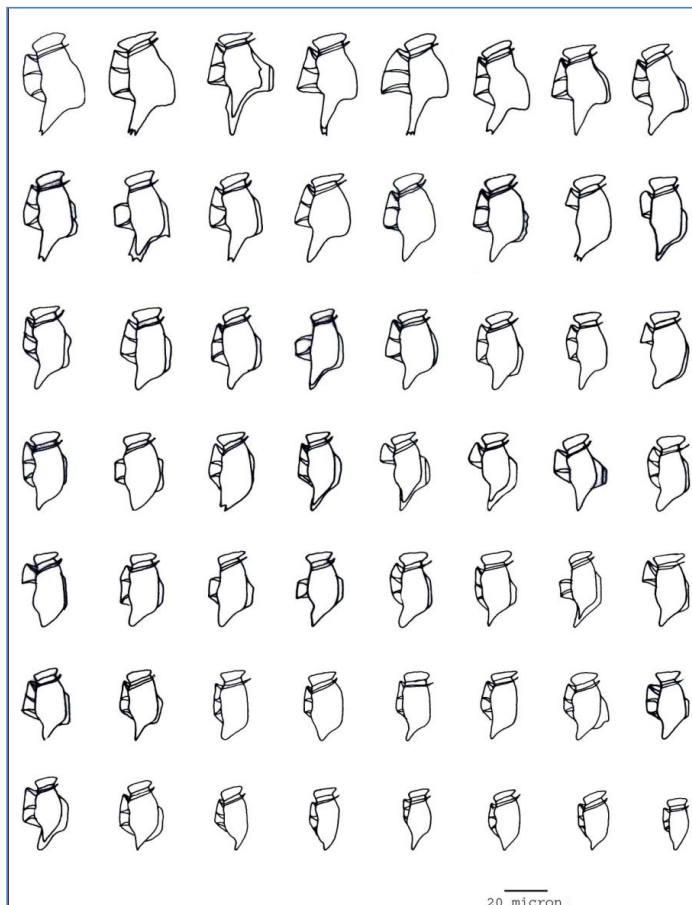
ศึกษาลักษณะภายนอกของ *D. caudata* โดยการคัดแยกตัวอย่างเซลล์ *D. caudata* ออกจากแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นด้วยปิเปตติงปลายภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบพร้อมทั้งวาดภาพและถ่ายภาพตัวอย่างเพื่อนำไปวัดขนาดเซลล์ได้แก่ ความกว้างและความยาวเซลล์ด้วยโปรแกรม Image - Pro Plus (Media Cybernetics) นำข้อมูลความกว้างและความยาวเซลล์

ที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในการปรากฏของเซลล์แต่ละขนาดโดยการสร้างกราฟแจกแจงความถี่ (histogram) พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมถึงวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในการปรากฏของเซลล์แต่ละขนาดกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation, ภัทรสินี ภัทรโกศล, 2550)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การผันแปรทางสัณฐานวิทยาของ *Dinophysis caudata*

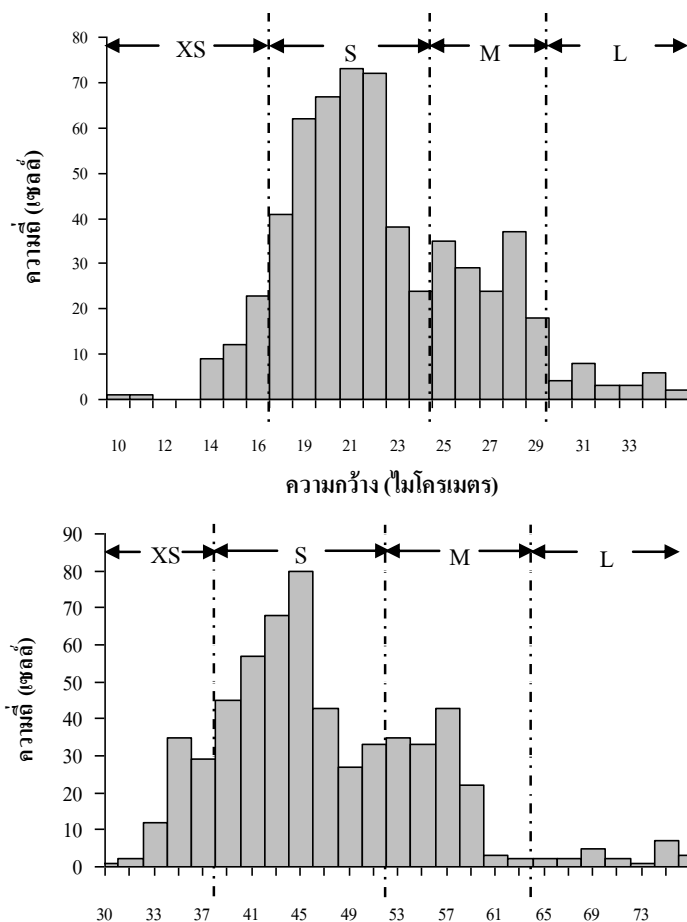
การผันแปรทางสัณฐานวิทยาของ *D. caudata* ในรอบปีพบทั้งสิ้น 56 แบบ (รูปที่ 2) ในขณะการศึกษาของ Reguera et al. (2007) ในประเทศสเปนที่พบการผันแปรของเซลล์ *D. caudata* ได้ถึง 70 แบบ แต่รูปแบบของการผันแปรทางสัณฐานวิทยาที่พบในการศึกษาครั้งนี้คล้ายคลึงกับการศึกษาดังกล่าว



รูปที่ 2 การผันแปรของลักษณะรูปร่างใน *Dinophysis caudata* จากบริเวณชายฝั่งบ้านกระเช้าขาว จังหวัดสมุทรสาคร

เมื่อนำข้อมูลความกว้างและความยาวของเซลล์จากจำนวนเซลล์ทั้งสิ้น 592 เซลล์ มาสร้างกราฟแจกแจงความถี่ หรือ histogram (รูปที่ 3) พบว่าความกว้างเฉลี่ยของประชากร *Dinophysis caudata* เป็น 21.65 ± 4.27 ไมโครเมตร และความกว้างนั้นผันแปรในช่วง $10.08 - 35.60$ ไมโครเมตร เมื่อแบ่งเซลล์ตามความกว้างสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นเซลล์ขนาดเล็กมาก (XS) มีความกว้างน้อยกว่า 18 ไมโครเมตร กลุ่มที่สองเป็นเซลล์ขนาดเล็ก (S) มีความกว้างอยู่ในช่วง $18 - 25$ ไมโครเมตร ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความถี่ในการปรากฏสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนเซลล์ทั้งหมด กลุ่มที่สาม ได้แก่ เซลล์ขนาดกลาง (M) มีความกว้างอยู่ในช่วง $25 - 29$ ไมโครเมตร และกลุ่มที่สี่เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ (L) มีความกว้างมากกว่า 30 ไมโครเมตร

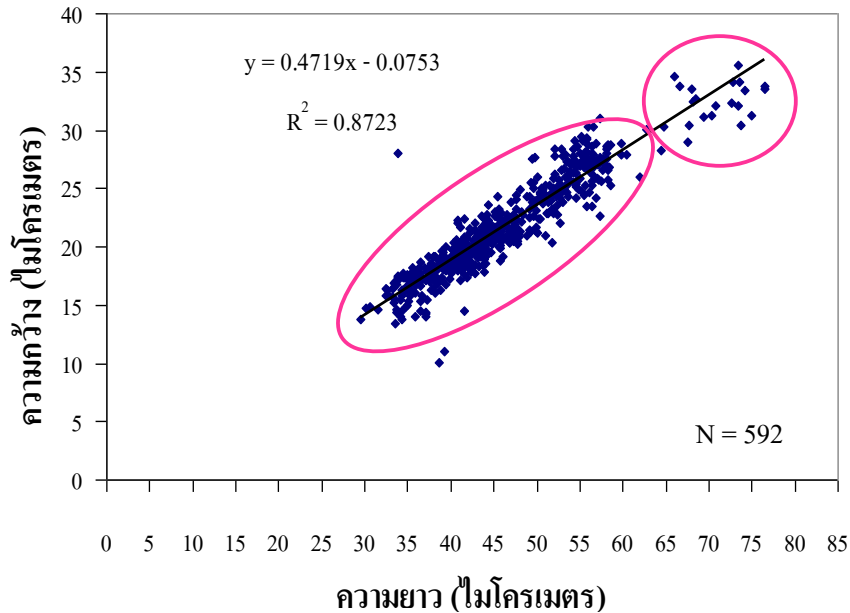
ความยาวของเซลล์มีค่าอยู่ในช่วง $29.54 - 76.56$ ไมโครเมตร หรือเฉลี่ย 46.03 ± 8.45 ไมโครเมตร กลุ่มประชากรสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มเซลล์ขนาดเล็กมาก (XS) มีความยาวน้อยกว่า 38 ไมโครเมตร กลุ่มเซลล์ขนาดเล็ก (S) มีความยาวอยู่ในช่วง $38 - 52$ ไมโครเมตร โดยเป็นกลุ่มที่มีความถี่ในการปรากฏมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 61 ของความถี่ทั้งหมด และกลุ่มเซลล์ขนาดกลาง (M) มีความยาวอยู่ในช่วง $53 - 64$ ไมโครเมตร กลุ่มเซลล์ขนาดใหญ่ (L) ซึ่งมีความกว้างมากกว่า 64 ไมโครเมตร ขนาดเซลล์ที่พบในการศึกษาครั้งนี้มีขนาดเล็กกว่าที่มีการรายงานในเขตบ่อน้ำ ประเทศเกาหลี และประเทศญี่ปุ่น (Balech, 1976; Nishitani et al., 2008; Park et al., 2008; Reguera et al., 2000)



รูปที่ 3 กราฟแจกแจงความถี่ (histogram) ของความกว้างและความยาวเซลล์ของ *D. caudate*

เมื่อนำข้อมูลความกว้างและความยาวเซลล์มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นพบกลุ่มประชากรสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มประชากรที่เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ และกลุ่มประชากรที่เป็นเซลล์ขนาดเล็ก โดยกลุ่ม

ประชากรที่เป็นเซลล์ขนาดเล็กเป็นกลุ่มเซลล์ที่พบมากที่สุดซึ่งมีความกว้างอยู่ในช่วง 15 – 28 ไมโครเมตร และความยาวอยู่ในช่วง 34 – 58 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเซลล์ใหญ่ประมาณ 0.88 – 1.05 เท่า (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างและความยาวของเซลล์ *D. caudata*

การผันแปรทางสัณฐานวิทยาจากพบใน *D. caudata* แล้วยังมีการรายงานพบได้ใน *Dinophysis* และไดโน-แฟลกเจลเลตชนิดอื่น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัจจัยที่สำคัญ 4 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ การตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม และปริมาณสารอาหารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เป็นต้น (Reguera and González-Gil, 2001) ปัจจัยต่อมาคือ ระยะต่างๆ ในวงจรชีวิต ซึ่งเป็นปัจจัยที่ Reguera and González-Gil (2001) Park และคณะ (2006) และ Nishitani และคณะ (2008) ได้สรุปว่ามีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากวงจรชีวิตส่วนใหญ่ของ *Dinophysis* มีทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โดยในระยะที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศนั้นจะมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มีขนาดต่างกันทำให้พบเซลล์ขนาดเล็กได้ เช่น การศึกษาของ Jørgensen (1923)

ที่ได้จำแนกเซลล์ *D. caudata* ที่มีขนาดต่างกันไว้เป็น variation ของเซลล์ปกติ ซึ่งรูปร่างของเซลล์ที่พบในการศึกษาดังกล่าวกับการศึกษาในครั้งนี้มีความคล้ายคลึงกัน ปัจจัยที่สามคืออายุของประชากร ซึ่ง Silva and Faust (1996) พบว่าความหนาแน่นของเซลล์ขนาดเล็กมีค่าสูงเมื่อเข้าสู่ช่วงภายหลังการเพิ่มจำนวน (bloom) ของเซลล์ขนาดปกติ และประการสุดท้ายคือ ลักษณะการดำรงชีพและพฤติกรรมในการกินอาหาร เช่น *D. acuminata* ที่มีการดำรงชีพแบบ mixotroph นั้น ในช่วงที่มีการกินแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นเป็นอาหาร (heterotroph) รูปร่างของเซลล์มีการปองออกของส่วนท้ายของเซลล์ทำให้เซลล์ที่พบมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ในช่วงที่ไม่มีการกินอาหารหรือช่วงที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสง (Park et al., 2006; Reguera et al., 2007)

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางสภาวะและเคมี

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางสภาวะได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลาย และความเป็นกรด-เบส ในรอบปีของทั้งสองสถานียังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย 28.9 ± 1.7 องศาเซลเซียส ($25.5 - 31.1$ องศาเซลเซียส) ความเค็มมีค่าเฉลี่ย 28.4 ± 5.4 psu ($17.7 - 37.5$ psu) ปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าเฉลี่ย 5.43 ± 2.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ($0.43 - 10.11$ มิลลิกรัมต่อลิตร) และความเป็นกรด-เบสมีค่าเฉลี่ย 7.56 ± 0.28 ($7.00 - 7.92$) ส่วนปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางเคมีได้แก่ ปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในรอบปีของทั้งสองสถานียังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 6.370 ± 4.475 ไมโครโมลต่อลิตร ($1.348 - 16.412$ ไมโครโมลต่อลิตร) ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 0.319 ± 0.242 ไมโครโมลต่อลิตร ($0.053 - 0.765$ ไมโครโมลต่อลิตร) ไนเตรต-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 1.178 ± 1.332 ไมโครโมลต่อลิตร ($0.095 - 5.128$ ไมโครโมลต่อลิตร) ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ย 2.184 ± 1.218 ไมโครโมลต่อลิตร ($0.261 - 3.754$ ไมโครโมลต่อลิตร) และสัดส่วนโดยโมลของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ย 4.858 ± 4.098 ($1.256 - 17.072$) ดังแสดงในตารางที่ 1

ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในการปรากฏของเซลล์ทั้ง 4 กลุ่มกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมแสดงว่าความถี่ของเซลล์ขนาดเล็กแปรผันตามค่าความเป็นกรด-เบส ($r = 0.625$, $p < 0.05$) และปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน ($r = 0.603$, $p < 0.05$) ซึ่งมีค่าสูงในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม (เดือนกันยายนและตุลาคม) และความถี่ของเซลล์ขนาดใหญ่ (L) แปรผันตามอัตราส่วนโดยโมลของ ไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส หรือ DIN:DIP ($r = 0.626$, $p < 0.05$, รูปที่ 5) การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ทั้ง 4 กลุ่มสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่มีเซลล์ขนาดเล็กสูง ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากปริมาณสารอาหารที่มีไนโตรเจนสูง และช่วงที่มีเซลล์ขนาดกลางและขนาดใหญ่สูงซึ่ง Reguera and Gonzalez-Gil (2001) ได้กล่าวว่าเซลล์ขนาดเล็กทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งทำให้ภายหลังจากช่วงนี้มีเซลล์ขนาดกลางและขนาด

ใหญ่ในความหนาแน่นสูง แสดงให้เห็นว่าเซลล์ขนาดเล็กทำหน้าที่ในการเพิ่มจำนวนประชากรของ *Dinophysis caudata* ในธรรมชาติ (MacKenzie, 1992; Silva and Faust, 1995; Reguera et al., 2007; Escalera and Reguera, 2008)

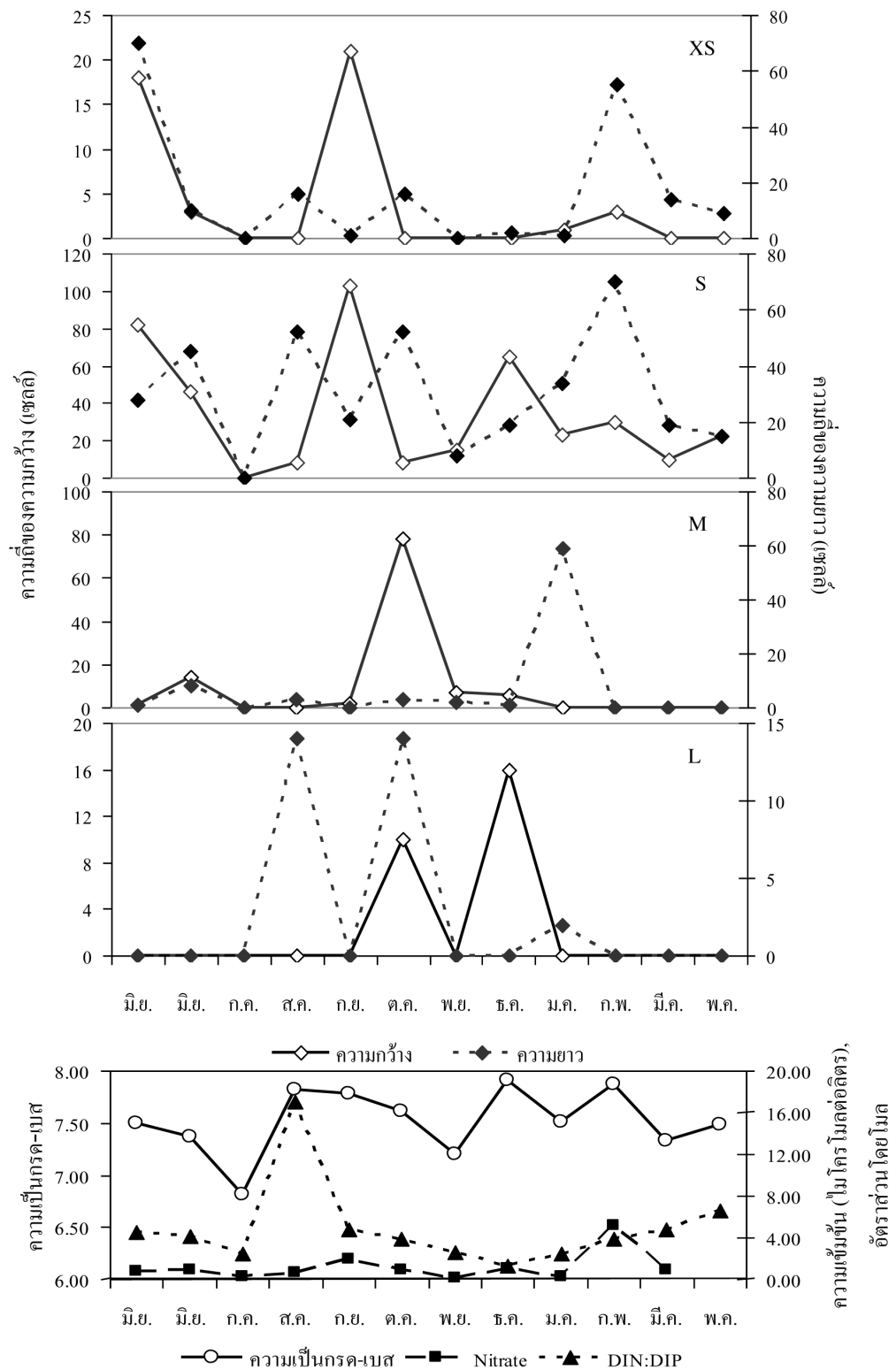
บทสรุป

ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2550 ถึงเดือนพฤษภาคม 2551 พบการผันแปรทางสัณฐานวิทยาของ *Dinophysis caudata* บริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร ได้ทั้งสิ้น 56 แบบ โดยเซลล์ที่พบมีความกว้างอยู่ในช่วง $10.08 - 35.60$ ไมโครเมตร และความยาว $29.54 - 76.56$ ไมโครเมตร ซึ่งสามารถจัดแบ่งออกเป็นเซลล์ขนาดต่าง ๆ ตามความถี่ของการปรากฏได้ 4 กลุ่ม คือ เซลล์ขนาดเล็กมาก (< 8 ไมโครเมตร) เซลล์ขนาดเล็ก ($18 - 25$ ไมโครเมตร) เซลล์ขนาดกลาง ($25 - 29$ ไมโครเมตร) และเซลล์ขนาดใหญ่ (> 29 ไมโครเมตร) โดยกลุ่มเซลล์ที่มีขนาดเล็กซึ่งมีความกว้าง $8 - 11$ ไมโครเมตร และความยาว $19 - 25$ ไมโครเมตร มีความถี่ในการปรากฏสูงที่สุด ปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการองค์ประกอบของเซลล์ขนาดต่างๆ ในประชากรของ *D. caudata* ในบริเวณชายฝั่งบ้านกระเช้าขาว คือ สามารถพบ *D. caudata* ที่มีขนาดเล็กมาก (ความกว้าง < 8 ไมโครเมตรและความยาว < 19 ไมโครเมตร) ซึ่งเป็นผลมาจากการแบ่งเซลล์ของเซลล์ใหญ่หลังจากช่วงเวลาที่ได้รับสารอาหารปริมาณสูง มีความหนาแน่นสูงในบริเวณที่น้ำทะเลมีความเป็นกรด-เบสสูงและมีปริมาณสารอาหารไนเตรต-ไนโตรเจนสูง ส่วนเซลล์ขนาดใหญ่ (ความกว้าง $8 - 11$ ไมโครเมตร และความยาว $19 - 25$ ไมโครเมตร) นั้นสามารถพบได้ในบริเวณที่มีความค่าอัตราส่วนโดยโมลของ DIN:DIP สูง

การเกิดการผันแปรทางสัณฐานวิทยาของ *D. caudata* ทำให้พบเซลล์ที่มีภาพร่างและขนาดที่แตกต่างกันนั้นส่งผลต่อประสิทธิภาพและความแม่นยำในการจำแนกชนิด โดย *Dinophysis* บางชนิดอาจเกิดเซลล์ที่มีภาพร่างที่คล้ายคลึงกัน ขณะเดียวกันการจำแนกชนิดสลับกันระหว่างชนิดที่มีการสร้างพิษและชนิดที่ไม่สร้างพิษล้วนส่งผลต่อการศึกษาด้านการ

ตารางที่ 1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางสภาวะและเคมีในรอบปีบริเวณชายฝั่งบ้านกระซำขาว จังหวัดสมุทรสาคร (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SE)

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ออกซิเจน ละลาย (มก./ลิตร)	ความเป็นกรด- เบส	สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ (ไมโครโมลต่อลิตร)				DIN:DIP molar ratio
					แอมโมเนีย	ไนเตรต	ไนโตรท	ฟอสเฟต	
9 มิ.ย. 50	30.0 $\pm$ 0.3	30.1 $\pm$ 0.1	5.33 $\pm$ 0.00	7.59 $\pm$ 0.03	1.348 $\pm$ 0.352	0.116 $\pm$ 0.057	0.741 $\pm$ 0.366	0.491 $\pm$ 0.008	4.492 $\pm$ 1.447
23 มิ.ย. 50	29.8 $\pm$ 0.1	23.1 $\pm$ 0.1	3.93 $\pm$ 0.24	7.43 $\pm$ 0.06	11.558 $\pm$ 3.417	0.676 $\pm$ 0.083	0.919 $\pm$ 0.026	3.202 $\pm$ 0.368	4.108 $\pm$ 0.484
ก.ค. 50	28.8 $\pm$ 0.0	28.1 $\pm$ 0.0	2.92 $\pm$ 0.05	7.10 $\pm$ 0.03	6.095 $\pm$ 0.077	0.254 $\pm$ 0.004	0.282 $\pm$ 0.202	2.676 $\pm$ 0.217	2.477 $\pm$ 0.253
ส.ค. 50	29.0 $\pm$ 0.0	36.0 $\pm$ 0.0	8.36 $\pm$ 0.13	7.87 $\pm$ 0.26	3.561 $\pm$ 0.145	0.237 $\pm$ 0.019	0.656 $\pm$ 0.327	0.261 $\pm$ 0.009	17.072 $\pm$ 0.558
ก.ย. 50	28.0 $\pm$ 0.0	24.4 $\pm$ 0.1	5.67 $\pm$ 0.17	7.61 $\pm$ 0.03	6.067 $\pm$ 2.488	0.507 $\pm$ 0.071	1.879 $\pm$ 0.190	1.793 $\pm$ 0.115	4.716 $\pm$ 1.041
ต.ค. 50	27.9 $\pm$ 0.0	28.0 $\pm$ 0.8	4.91 $\pm$ 0.07	7.64 $\pm$ 0.12	7.656 $\pm$ 0.613	0.149 $\pm$ 0.073	0.946 $\pm$ 0.243	2.249 $\pm$ 0.360	3.891 $\pm$ 0.348
พ.ย. 50	29.1 $\pm$ 0.3	29.9 $\pm$ 0.6	8.44 $\pm$ 0.28	7.82 $\pm$ 0.27	9.598 $\pm$ 1.571	0.053 $\pm$ 0.014	0.095 $\pm$ 0.310	3.754 $\pm$ 0.425	2.596 $\pm$ 0.055
ธ.ค. 50	29.1 $\pm$ 0.1	29.6 $\pm$ 1.4	4.47 $\pm$ 0.01	7.57 $\pm$ 0.02	1.397 $\pm$ 0.142	0.100 $\pm$ 0.028	1.087 $\pm$ 0.280	2.058 $\pm$ 0.387	1.256 $\pm$ 0.024
ม.ค. 51	28.0 $\pm$ 0.0	27.2 $\pm$ 0.0	7.88 $\pm$ 0.00	7.87 $\pm$ 0.00	6.058 $\pm$ 1.229	0.221 $\pm$ 0.131	0.308 $\pm$ 0.057	2.711 $\pm$ 0.117	2.429 $\pm$ 0.488
ก.พ. 51	28.9 $\pm$ 0.0	22.9 $\pm$ 0.2	8.68 $\pm$ 1.32	7.75 $\pm$ 0.03	4.760 $\pm$ 1.040	0.765 $\pm$ 0.124	5.128 $\pm$ 0.196	2.788 $\pm$ 0.196	3.821 $\pm$ 0.52
มี.ค. 51	31.1 $\pm$ 0.4	28.3 $\pm$ 0.7	5.51 $\pm$ 2.72	7.66 $\pm$ 0.04	16.412 $\pm$ 1.232	0.558 $\pm$ 1.658	0.882 $\pm$ 0.413	3.722 $\pm$ 0.608	4.796 $\pm$ 0.108
พ.ค. 51	27.2 $\pm$ 0.3	30.0 $\pm$ 0.4	4.90 $\pm$ 0.61	7.53 $\pm$ 0.04	1.929 $\pm$ 0.347	0.196 $\pm$ 0.135	1.208 $\pm$ 0.067	0.502 $\pm$ 0.420	6.642 $\pm$ 5.350



รูปที่ 5 การผันแปรความยาวและความกว้างของ *Dinophysis caudata* กลุ่มขนาดต่าง ๆ ต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม

กระจายและความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชที่ก่อให้เกิดอันตรายได้ การศึกษาเกี่ยวกับวงจรชีวิตจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการอธิบายถึงการปรากฏของเซลล์ที่มีภาพร่างแตกต่างกันของ *Dinophysis* นั้นเป็นระยะใดระยะหนึ่งในวงจรชีวิตซึ่งเกิดจากกระบวนการสืบพันธุ์โดยเฉพาะการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศที่เป็นผลมาจากการตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม ขณะเดียวกันการดำรงชีพของ *Dinophysis* ก็มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ เนื่องจากเซลล์ที่มีภาพร่างต่างกันมีการดำรงชีพเหมือนกันหรือไม่ เป็น autotroph heterotroph หรือ mixotroph ซึ่งต้องอาศัยการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ นอกจากการผันแปรดังกล่าวสามารถส่งผลต่อการศึกษาด้านอนุกรมวิธานแล้วยังมีผลต่อความเป็นพิษของเซลล์ด้วยเนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นพิษของเซลล์ระยะต่างๆในวงจรชีวิตนั้นยังขาดอยู่มากจึงทำให้ไม่ทราบว่าการที่เซลล์ที่มีภาพร่างต่างกันสามารถสร้างพิษได้เหมือนหรือไม่ ความสามารถในการสร้างพิษนี้เองนอกจากส่งผลต่อสัตว์ทะเลหรือผู้บริโภคในสายใยอาหาร แล้วยังส่งผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและการส่งออกอาหารทะเลได้ โดยเฉพาะถ้าหากเซลล์ที่มีภาพร่างต่างกันสามารถสร้างพิษได้เหมือนกัน วิธีหนึ่งที่ดีได้ว่ามีประสิทธิภาพในการตรวจสอบและการจำแนกชนิดคือการนำเอาเทคนิคทางพันธุกรรมมาช่วยในการติดตามและสามารถจำแนกชนิดสกุล *Dinophysis* ในน่านน้ำไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้น เพื่อให้อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลสามารถผลิตอาหารทะเลที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนการศึกษาภาคสนามจากศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งตามโครงการตรวจเฝ้าระวังแพลงก์ตอนพืชที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณอ่าวไทยตอนบนโดยผ่านทางสำนัก

บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและรองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- พรศิลป์ ผลพันธิน. (2530). อนุกรมวิธานและการกระจายของไดโนแฟลกเจลเลตในครอบครัว Dinophysiaceae, Gonyaulacaceae และ Peridiniaceae ในอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.
- เพ็ญไพสิน อุดมรัตน์ ชลธยา ทรงภาพ นิรุชา มงคลแสงสุรีย์ และอัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์. (2549). ไดโนแฟลกเจลเลตที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตก. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) 1: 65 – 74.
- ภัทรสินี ภัทรโกศล. (2550). สถิติเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.. 435 หน้า.
- สุทธิชัย เตมียาณิชย์. (2527). หอยสีเลือดอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์ขึ้นปลาหวาฟ (Red Tide). การสัมมนาครั้งที่ 3 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. หน้า 487 – 489.
- อิชฌิกา พรหมทอง. (2542). พลวัตและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร. กรุงเทพมหานคร: วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Balech, E. (1976). Notas sobre el genero *Dinophysis* (Dinoflagellata). Physis B. Aires (A) 35(91): 183 – 193.

- Berland, B.R., Maestrini, S.Y. and Grzebyk, D. (1995). Observations on possible life cycle stages of the dinoflagellates *Dinophysis* cf. *acuminata*, *Dinophysis acuta* and *Dinophysis pavillardii*. Aquatic Microbial Ecology 9: 183 – 189.
- Dowidar, N.M. (1972). Morphological variations in *Ceratium egyptiacum* in different natural habitats. Marine Biology 6: 138 – 149.
- Escalera, L. and Reguera, B. (2008). Planozygote division and other observations on the sexual cycle of several species of *Dinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales). Journal of Phycology 44: 1425 – 1436.
- Faust, M.A. and Gullledge, R.A. (2002). Identifying Harmful Marine Dinoflagellates. Smithsonian Institution. Contribution from the United States National Herbarium Vol. 42. pp. 1 – 144.
- Gómez, F. (2005). A list of free-living dinoflagellate species in the world's oceans. Acta Bot. Croat. 64(1): 129 – 212.
- Hallegraeff, G.M. and Lucas, I.A.N. (1988). The marine dinoflagellate genus *Dinophysis* (Dinophyceae): photosynthetic, neritic and non-photosynthetic, oceanic species. Phycologia 27: 25 – 42.
- Jørgensen, E. (1923). Mediteranian Dinophysia-ceae. Rep. Dan. Oceanogr. Exped. 2(J2): 1 – 48.
- Larsen, J. and Moestrup, Ø. (1992). Potentially toxic phytoplankton. 2. Genus *Dinophysis* (Dinophyceae). In Lindley, J. A. (ed.), ICES Identification Leaflets for Plankton 180. International Council for the Exploration of the Sea. Copenhagen. pp. 1 – 12.
- MacKenzie, L. (1992). Does *Dinophysis* (Dinophyceae) have a sexual life cycle? Journal of Phycology 28: 399 – 406.
- Nishitani, G., Nagai, S., Sakiyama, S. and Kamiyama, T. (2008). Successful cultivation of the toxic dinoflagellate *Dinophysis caudata* (Dinophyceae). Plankton Benthos Research 3(2): 78 – 85.
- Okaichi, T., Honjo, T., Fukuyo, Y., Matsuyama, Y. and Uchida, T. (1976). Red-Tides species and the environmental condition. In Okaichi, T. (ed.), Red Tides. Ocean Sciences Research (OSR) Vol 4. Tokyo. pp. 358 – 364.
- Park, M.G., Kim, S., Kim, H.S., Myung, G., Kang, Y.G. and Yih, W. (2006). First successful culture of the marine dinoflagellate *Dinophysis acuminata*. Aquatic Microbial Ecology 45: 101 – 106.
- Park, M.G., Park, J.S., Kim, M., and Yih, W. (2008). Plastid dynamic during survival of *Dinophysis caudata* without ciliate prey. Journal of Phycology 44: 1154 – 1163.
- Parsons, T.R., Maita, Y. and Lalli, C.M. (1984). A Practical Handbook of Seawater Analysis. Oxford: Pergamon Press.
- Reguera, B., Gonzalez-Gil, S., Williams, R., Fonda, S. and Cabrini, M. (2000). The Genus *Dinophysis*. DiCANN: A description of Species Vol. 2.

- Reguera, B. (2001). Small cells in *Dinophysis* spp.: a life strategy for phytoplankters with a holoplanktonic way of living?. In Garcés, E., Zingone, A., Monstessor, M., Reguera, B. and Dale, B. (eds.), Life History of Microalgae Species Causing Harmful Blooms. Spain. pp. 60 – 63.
- Reguera, B. and González-Gil, S. (2001). Small cell and intermediate cell formation in species of *Dinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales) Spain. Journal of Phycology 37: 318 – 333.
- Reguera, B., González-Gil, S. and Delgado, M. (2007). *Dinophysis diegensis* is a life history stage of *Dinophysis caudata* (Dinophyceae, Dinophysiales) Spain. Journal of Phycology 43: 1083 – 1093.
- Steidinger, K.A. and Tangen, K. (1997) Dinoflagellates. In Tomas, C.R. (ed.), Identifying Marine Phytoplankton. San Diego: Academic Press. pp. 387 – 584.