



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

เพ็ญไพสิลิน 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 ไมโครเมตรตามลำดับ การปรากฏของเซลล์ขนาดเล็กนี้สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-เบสและปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจนในน้ำทะเล 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 เตมียวณิชย์ (2527) พรศิลป์ ผลพันธ์ (2530) และอิซมิกา 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* ปกติและเซลล์ขนาดเล็กที่ถูกแยกเป็นชนิดใหม่นั้นเป็นชนิดเดียวกัน 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)

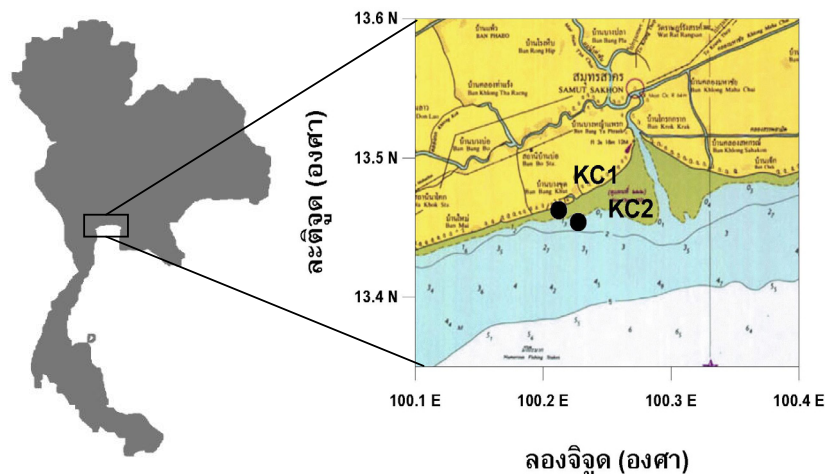
การจำแนกไดโนแฟลกเจลเลตสกุล *Dinophysis* ใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สำคัญ 3 ประการคือ ภาพร่างและขนาดเซลล์ ความกว้างและความยาวของแผ่นปีกและก้านค้ำจุน และลักษณะผนังเซลล์ โดย *D. caudata* มีภาพร่างรูปไข่หรือวงรี เซลล์มีความกว้างอยู่ในช่วง 37 – 50 ไมโครเมตร และความยาวอยู่ในช่วง 70 – 110 ไมโครเมตร มีร่องตามขวางและร่องตามยาวอยู่ในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน โดยร่องตามขวางเลื่อนขึ้นไปอยู่ด้านบนของเซลล์ทำให้ด้านล่าง (hypotheca) มีขนาดใหญ่ Hypotheca มีส่วนยื่นยาวออกคล้ายนิ้วมือ (antapical projection) ที่ร่องทั้งสองมีการเรียงตัวของแผ่นปีกที่แตกต่างกันโดยแผ่นปีกที่ร่องตามยาวมีการเรียงตัวเป็นวงคล้ายกรวยหงายซึ่งมีก้านค้ำจุนหลายก้าน ส่วนแผ่นปีกของร่องตามยาววางตัวตามแนวยาวของร่องโดยแผ่นปีกที่อยู่ทางขอบร่องทางด้านซ้ายมีขนาดใหญ่และยาวเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวเซลล์และมีก้านค้ำจุน 3 ก้าน ในขณะที่แผ่นปีกที่ขอบร่องทางด้านขวามีขนาดเล็กกว่าและไม่มีก้านค้ำจุน ผิวเซลล์มีลักษณะเป็นหลุมลึกภาพร่างหลายเหลี่ยม แต่ละหลุมมีรูอยู่กลางหลุมหรือค่อนข้างค่อนไปทางด้านข้างของหลุม (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) จากนั้นเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชเชิงคุณภาพโดยการลากด้วยถุงพลาสติกที่มีขนาดตา 20 ไมโครเมตร ในแนวเฉียงเพื่อให้ได้ตัวอย่างมากที่สุด รักษาสภาพตัวอย่างที่ได้ด้วยสารละลายฟอร์มาลินที่ทำให้เป็นกลางให้มีความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 1 - 2

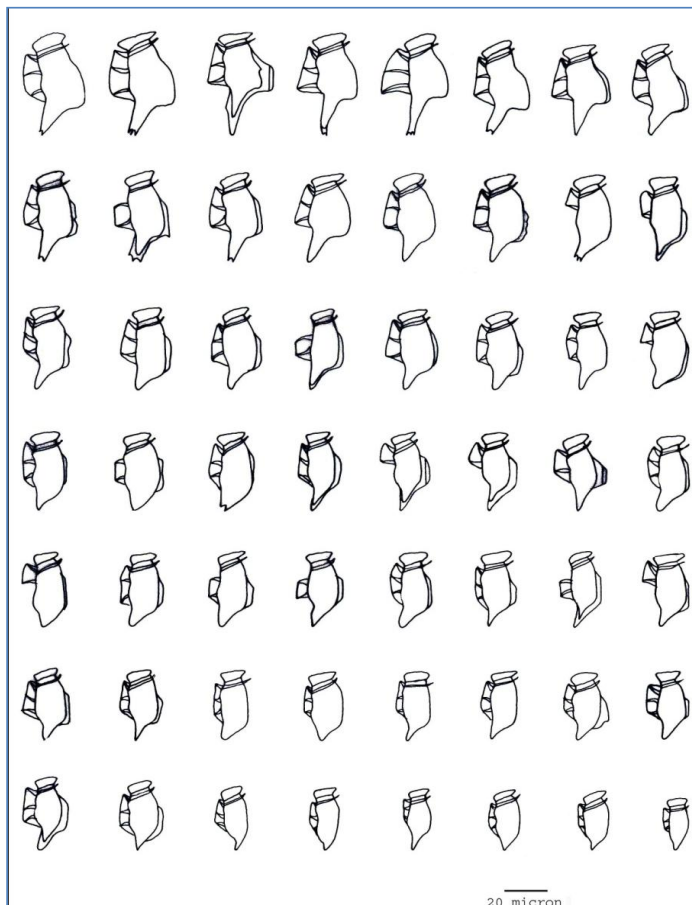
ศึกษาลักษณะภายนอกของ *D. caudata* โดยการคัดแยกตัวอย่างเซลล์ *D. caudata* ออกจากแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นด้วยปิเปตติงปลายภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบพร้อมทั้งวาดภาพและถ่ายภาพตัวอย่างเพื่อนำไปวัดขนาดเซลล์ได้แก่ ความกว้างและความยาวเซลล์ด้วยโปรแกรม Image - Pro Plus (Media Cybernetics) นำข้อมูลความกว้างและความยาวเซลล์

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

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การผันแปรทางสัณฐานวิทยาของ *Dinophysis caudata*

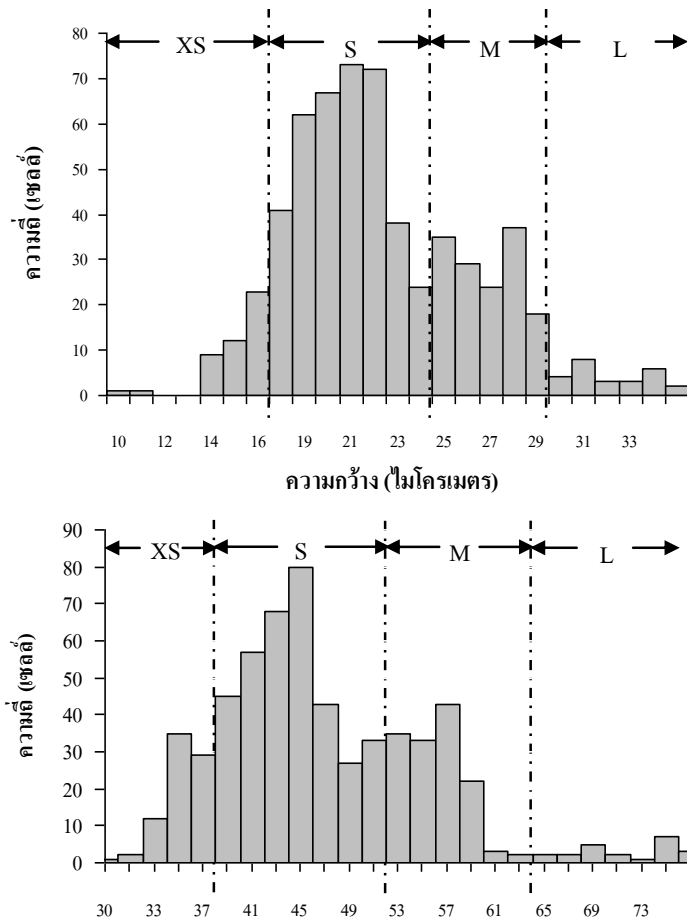
การผันแปรทางสัณฐานวิทยาของ *D. caudata* ในรอบปีพบทั้งสิ้น 56 แบบ (รูปที่ 2) ในขณะที่การศึกษาของ Reguera et al. (2007) ในประเทศสเปนที่พบการผันแปรของเซลล์ *D. caudata* ได้ถึง 70 แบบ แต่รูปแบบของการผันแปรทางสัณฐานวิทยาที่พบในการศึกษาครั้งนี้คล้ายคลึงกับการศึกษาดังกล่าว



รูปที่ 2 การผันแปรของลักษณะรูปร่างใน *Dinophysis caudata* จากบริเวณชายฝั่งบ้านกระซ้าขาว จังหวัดสมุทรสาคร

เมื่อนำข้อมูลความกว้างและความยาวของเซลล์จากจำนวนเซลล์ทั้งสิ้น 592 เซลล์ มาสร้างกราฟแจกแจงความถี่ หรือ histogram (รูปที่ 3) พบว่าความกว้างเฉลี่ยของประชากร *Dinophysis caudata* เป็น 21.65 ± 4.27 ไมโครเมตร และความกว้างนี้ผันแปรในช่วง $10.08 - 35.60$ 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

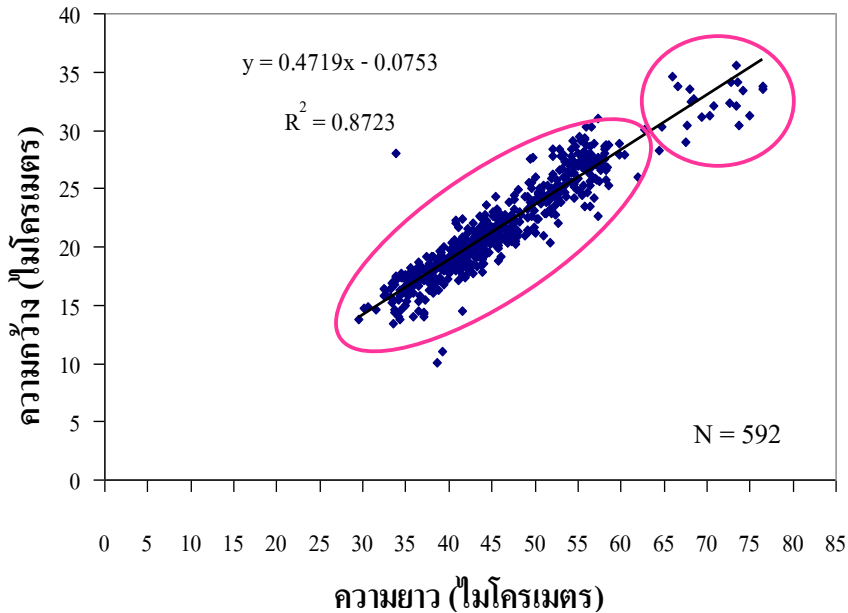
ความยาวของเซลล์มีค่าอยู่ในช่วง $29.54 - 76.56$ ไมโครเมตร หรือเฉลี่ย 46.03 ± 8.45 ไมโครเมตร กลุ่มประชากรสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มเซลล์ขนาดเล็กมาก (XS) มีความยาวน้อยกว่า 38 ไมโครเมตร กลุ่มเซลล์ขนาดเล็ก (S) มีความยาวอยู่ในช่วง $38 - 52$ ไมโครเมตร โดยเป็นกลุ่มที่มีความถี่ในการปรากฏมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 61 ของความถี่ทั้งหมด และกลุ่มเซลล์ขนาดกลาง (M) มีความยาวอยู่ในช่วง $53 - 64$ ไมโครเมตร กลุ่มเซลล์ขนาดใหญ่ (L) ซึ่งมีความกว้างมากกว่า 64 ไมครอน ขนาดเซลล์ที่พบในการศึกษาครั้งนี้มีขนาดเล็กกว่าที่มีการรายงานในเขตบอห์น 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*

การผันแปรทางสัณฐานวิทยานอกจากพบใน *D. caudata* แล้วยังมีการรายงานที่พบได้ใน *Dinophysis* และไดโนแฟลกเจลเลตชนิดอื่น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัจจัยที่สำคัญ 4 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ การตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม และปริมาณสารอาหารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เป็นต้น (Reguera and González-Gil, 2001) ปัจจัยต่อมาคือ ระยะเวลาต่างๆ 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 ในรอบปีของทั้งสองสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) 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 ปริมาณสารอาหารอนินทรีย์ละลายน้ำในรอบปีของทั้งสองสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 6.370 ± 4.475 ไมโครโมลต่อลิตร (1.348 – 16.412 ไมโครโมลต่อลิตร) ไนโตรท-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 0.319 ± 0.242 ไมโครโมลต่อลิตร (0.053 – 0.765 ไมโครโมลต่อลิตร) ไนเตรท-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 ($r = 0.625$, $p < 0.05$) และปริมาณไนเตรท-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

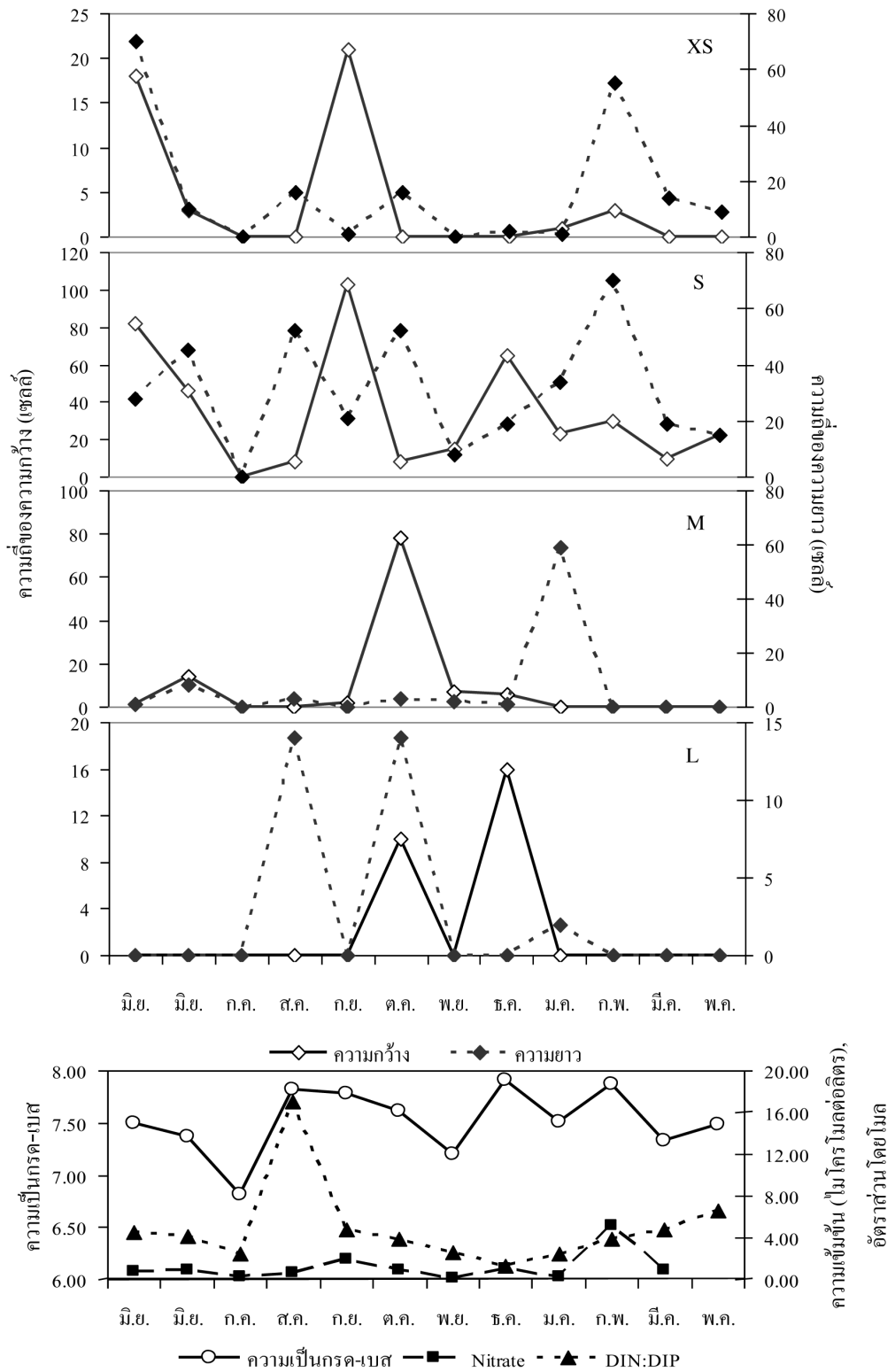
ใหญ่ในความหนาแน่นสูง แสดงให้เห็นว่าเซลล์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่ในการเพิ่มจำนวนประชากรของ *Dinophysis caudata* ในธรรมชาติ (MacKenzie, 1992; Silva and Faust, 1995; Reguera et al., 2007; Escalera and Reguera, 2008)

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* ในบริเวณชายฝั่งบ้านกระซ้าขาว คือ สามารถพบ *D. caudata* ที่มีขนาดเล็กมาก (ความกว้าง < 8 ไมโครเมตรและความยาว < 19 ไมโครเมตร) ซึ่งเป็นผลมาจากการแบ่งเซลล์ของเซลล์ใหญ่หลังจากช่วงเวลาที่ได้รับสารอาหารปริมาณสูง มีความหนาแน่นสูงในบริเวณที่น้ำทะเลมีความเป็นกรด-เบสสูงและมีปริมาณสารอาหารไนเตรท-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 (องศาเซลเซียส)	ความเค็ม (psu)	ออกซิเจนละลาย (มก./ลิตร)	ความเป็นกรด-เบส	สารอาหารอินทรีย์ละลายน้ำ (ไมโครโมลต่อลิตร)			DIN:DIP molar ratio	
					แอมโมเนีย	ไนเตรท	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 ความสามารถในการสร้างพิษนี้เองนอกจากส่งผลกระทบต่อสัตว์ทะเลหรือผู้บริโภคในสายใยอาหาร แล้วยังส่งผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและการส่งออกอาหารทะเลได้ 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.
- เพ็ญไพลิน อุดมรัตน์ ชลธยา ทรงภาพ นิรุชา มงคลแสงสุรีย์ และอัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์. (2549). ไดโนแฟลกเจลเลตที่อาจก่อให้เกิดอันตรายบริเวณอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตก. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) 1: 65 – 74.
- ภัทรสินี ภัทรโกศล. (2550). สถิติเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 435 หน้า.
- สุทธิชัย เตมียวณิชย์. (2527). หอยสีเลือดอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์ซีปลาวาฟ (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 Dinophysiceae. 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., Monstesor, 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.