

## บทที่ 4

### วิจารณ์ผลการศึกษา

#### ความหลากหลายของ Picoplankton

จากการศึกษากลุ่มของ Picoplankton ในบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม ประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่ คือ

- Phototrophic picoplankton กลุ่ม Picocyanobacteria ที่พบในบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างเซลล์ทรงกลมเดี่ยวๆ , เซลล์รูปรี, เซลล์เป็นแท่ง, เซลล์รวมกันเป็นกลุ่มและเซลล์ที่ต่อกันเป็นสาย โดยเซลล์กลมและรูปรีซึ่งจากการเรืองแสงคาดว่าจะ เป็น *Synechococcus* spp. มีความหนาแน่นมากกว่าร้อยละ 50 ของกลุ่มนี้ สำหรับการศึกษารุ่นนี้ไม่พบ Prochlorophyte ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ Phototrophic picoplankton ที่มีรายงานว่าพบได้น้อยหรือแทบไม่พบบริเวณชายฝั่ง (Selmer *et al.*, 1993 อ้างถึงใน Iriarte and Purdie, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาบริเวณชายฝั่งของประเทศสิงคโปร์ที่พบ *Synechococcus* sp. เป็นกลุ่มที่มีความชุกชุมแต่ไม่พบ *Prochlorococcus* sp. ในบริเวณนี้ (Gin *et al.*, 2000) นอกจากนี้การศึกษาในประเทศญี่ปุ่น บริเวณชายฝั่งอ่าว Sagami พบ Picocyanobacteria รูปร่างทรงกลมเป็นส่วนใหญ่ (Hamasaki, 1999) ส่วนบริเวณนอกฝั่งประเทศญี่ปุ่น พบว่ากลุ่ม Picocyanobacteria ส่วนใหญ่ในธรรมชาติประกอบด้วยเซลล์เป็นทรงกลมและเซลล์รูปรีเป็นกลุ่มเด่น ซึ่งเมื่อผู้ศึกษานำมาทำการเพาะเลี้ยงและทำการเปรียบเทียบจากลักษณะ Ultrastructure พบว่าเป็น *Synechococcus* spp. (Takahashi *et al.*, 1985)

- Phototrophic picoplankton กลุ่ม Picoeukaryotes ที่พบในป่าชายเลนบ้านคลองโคน ประกอบด้วยแพลงก์ตอนที่ เป็นสมาชิกในดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae-Prasinophyceae ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Cryptophyceae, คลาส Prymnesiophyceae (หรือคลาส Haptophyceae), คลาส Chrysophyceae-Dictyochophyceae, คลาส Bacillariophyceae และคลาส Dinophyceae สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ เช่น Thomsen (1986 อ้างถึงใน Diez *et al.*, 2001) ที่รายงานว่าพบ Phototrophic picoplankton ในเกือบทุกดิวิชั่นของสาหร่าย นอกจากนี้ Diez *et al.* (2001) ได้ศึกษาความหลากหลายของ Phototrophic picoeukaryotes จากบริเวณผิวน้ำของมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ Southern Ocean และทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยวิธีวิเคราะห์ Small-Subunit (SSU) rRNA พบ Phototrophic picoplankton 126 Clone ที่เป็นสมาชิกในคลาสต่างๆ ของ

สาหร่าย ดังตารางที่ 10 และ Kawachi *et al.* (2002) ศึกษานักวิจัยหลายท่านพบว่า Phototrophic picoeukaryotes มีสมาชิกในคลาส Chlorophyceae, คลาส Prasinophyceae, คลาส Haptophyceae (หรือคลาส Prymnesiophyceae), คลาส Chrysophyceae, คลาส Pelagophyceae, คลาส Bolidophyceae และคลาส Pinguiphyceae (ตารางที่ 10) นอกจากนี้การศึกษาวงศ์สาหร่ายฝิ่ง เช่น Ypma and Throndsen (1996) บริเวณด้านในของ Oslofjord and Skagerrak ในปี 1993 พบ Prasinophyte *Micromonas pusilla* และ *Bathycoccus prasino* และบริเวณท่าเรือ Sio เมือง La Jolla รัฐ California ประเทศสหรัฐอเมริกา ก็พบ Phototrophic picoeukaryotes ที่เป็นพวก Prasinophyte ขนาดเล็กที่ไม่เคลื่อนที่ด้วย (Pelenik, 1999)

อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว การศึกษาในบริเวณชายฝั่งเขตร้อนเกี่ยวกับองค์ประกอบของ Phototrophic picoplankton มีน้อยมาก ดังนั้นผลการศึกษาในบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนนี้ค่อนข้างครอบคลุมองค์ประกอบชนิด / กลุ่มของ Phototrophic picoplankton ได้ใกล้เคียงกับที่มีผู้ศึกษามาก่อน ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 Phototrophic picoplankton ที่พบในคลาสต่างๆ

ดิวิชั่น	คลาส	Stockner,	Jeffrey and	Diez <i>et al.</i> ,	Kawachi <i>et al.</i> ,	การศึกษาคั้งนี้
		1988	Hallegraeff, 1990	2001*	2002*	
Cyanophyta	Cyanophyceae	+	+	-	-	+
Prochlorophyta	Prochlorophyceae	-	+	-	-	-
Chlorophyta	Chlorophyceae	+	+	-	+	+
	Prasinophyceae	+	+	+	+	+
Chromophyta	Prymnesiophyceae	+	-	+	+	+
	Cryptophyceae	+	-	+	-	+
	Chrysophyceae	+	+	+	+	+
	Eustigmatophyceae	+	-	+	-	-
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	+	+	+	-	+
Dinophyta	Dinophyceae	-	-	+	-	+
	Pelagophyceae	-	-	+	+	-
	Bolidophyceae	-	-	+	+	-
	Glaucocestophyceae	-	-	+	-	-
	Pinguiphyceae	-	-	-	+	-

หมายเหตุ \* เป็นการศึกษาเฉพาะ Picoeukaryotes

นอกจากนี้การใช้กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence สามารถใช้ในการศึกษาความชุกชุมของ Picoeukaryotes ได้ แต่เทคนิคที่ใช้สามารถจำแนกได้เพียงระดับคลาสไม่สามารถจำแนกถึงสกุลหรือชนิดได้ ยกเว้นชนิดที่มีรูปร่างลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากชนิดอื่น ทำให้ในบางครั้งไม่สามารถจำแนก Picoeukaryotes บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ที่มีรูปร่างคล้ายคลึงโปรโตซัวกลุ่ม Flagellate amoeboid forms ได้ว่าเป็นกลุ่ม Phototroph หรือ Heterotroph แต่ในทางตรงกันข้ามสำหรับ Prokaryotic picoplankton เช่น *Prochlorococcus* และ *Synechococcus* สามารถจำแนกได้ง่ายโดยการเรืองแสงสีส้มของ Phycoerythrin ส่วนกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ Scanning และ Transmission นั้นสามารถใช้ในการให้รายละเอียดในการจำแนกได้แต่ต้องใช้เวลา นานและอาจมีการสูญเสียของตัวอย่างในระหว่างการเตรียมตัวอย่าง ในขณะที่การศึกษาโดยใช้ Flow cytometer ที่สามารถให้รายละเอียดในระดับคลาสของเซลล์แต่ละเซลล์ และสามารถนำเซลล์ไปศึกษาต่อด้วยกล้องจุลทรรศน์ได้นั้นมีราคาสูงและยังไม่มีเครื่องใช้เครื่องมือนี้ในประเทศไทย

- Heterotrophic picoplankton ที่พบจากการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย Bacterioplankton รูปร่างต่างๆ ได้แก่ เซลล์ทรงกลมเดี่ยว เซลล์ทรงแท่ง เซลล์ทรงตัวยู และเซลล์รูปคลื่น คล้ายกับการศึกษาของ Jochem (2001) ที่ศึกษาบริเวณทางตอนเหนือของอ่าวเม็กซิโกโดยการจำแนกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence พบ Bacterioplankton มีรูปร่าง 3 แบบ คือ ทรงกลม เซลล์ทรงแท่งและเซลล์โค้ง แต่รูปร่างของแบคทีเรียโดยทั่วไปอาจมีรูปแบบอื่น เช่น เซลล์เป็นเส้นบางบิดเป็นเกลียวยาว (Spirochete), เซลล์ทรงสี่เหลี่ยม (Square bacteria) และ เซลล์รูปดาว (Star-shaped bacteria) ได้ (Black, 1999)

### ความหนาแน่นของ Picoplankton

#### ความหนาแน่นของ Heterotrophic picoplankton

การศึกษาค้นคว้าพบความหนาแน่นของ Heterotrophic picoplankton มีค่าเฉลี่ย  $9.60 \times 10^5 - 1.84 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบเป็นองค์ประกอบหลักของ Picoplankton คือมีความหนาแน่นร้อยละ 79.92-93.72 ของความหนาแน่นทั้งหมดของ Picoplankton เมื่อนำความหนาแน่นของ Heterotrophic picoplankton ในการศึกษาค้นคว้ามาเปรียบเทียบกับข้อมูลบริเวณป่าชายเลนและบริเวณเอสตูรีในเขตร้อน พบว่าสอดคล้องกับการรายงานก่อนหน้านี้ดังตารางที่ 11 ซึ่งการศึกษา Microbial community บริเวณทางน้ำในป่าชายเลนเขตร้อนมีค่อนข้างน้อย การศึกษาหลายงานพยายามนับและแยก Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton โดยการใช้ Plating

technique ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับ Bacterioplankton ส่วนน้อย โดยจากการศึกษาของ Daley (1979 อ้างถึงใน Kirchman *et al.*, 1982) พบว่าจำนวนนับหรือความชุกชุมที่ได้จากวิธีการนี้ต่ำกว่า (Underestimate) ความชุกชุมที่เป็นจริงของ Bacterioplankton ในธรรมชาติอย่างน้อย 10 เท่า และจากการศึกษาการเรียงลำดับของรหัสพันธุกรรม (Gene sequencing) พบ Bacterioplankton ในธรรมชาติที่มีความชุกชุมสูง 9 กลุ่ม แต่มีเพียงสมาชิกในสองกลุ่มคือ Marine oxygenic phototroph clade และ *Roseobacter* clade เท่านั้นที่สามารถเพาะเลี้ยงได้ (Giovannoni and Rappe, 2000) และมีเพียงไม่กี่งานที่ศึกษาเชิงปริมาณของความหนาแน่นของ Bacterioplankton โดยการใช้ Direct-count technique ในทางน้ำบริเวณป่าชายเลน (Robertson and Blaber, 1992) เช่น ป่าชายเลนบริเวณเอสตูรีแม่น้ำ Gambia ในแอฟริกาตะวันตก (ตารางที่ 11) ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงของความชุกชุมตามฤดูกาลเพียงเล็กน้อย บริเวณคลองในป่าชายเลนประเทศออสเตรเลียซึ่งทำการศึกษาในฤดูแล้ง (ตารางที่ 11) และบริเวณเอสตูรีแม่น้ำ Fly ในประเทศปาปัวนิวกินี ซึ่งมีปริมาณสารอาหารได้แก่ แอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.1-1.42 ไมโครโมลต่อลิตรต่ำกว่าที่พบในการศึกษาครั้งนี้ แต่ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตอยู่ในช่วง 1.79-11.75 และ 0.54-5.26 ไมโครโมลต่อลิตรตามลำดับ มีค่าใกล้เคียงกับที่พบในบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน โดยพบความหนาแน่นของ Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton เพียง  $10^4$ - $10^5$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งต่ำกว่าการศึกษาอื่นๆ ทั้งในเอสตูรีเขตอบอุ่นและเขตร้อนรวมถึงการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากพบว่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย (Suspended solid) ในบริเวณเอสตูรีแม่น้ำ Fly มีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับ 1 กรัมต่อลิตรซึ่งเป็นปัญหาในการนับจำนวน Bacterioplankton ในบริเวณนี้ (Robertson and Blaber, 1992)

ตารางที่ 11 ความชุกชุมของ Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton บริเวณชายฝั่งต่างๆ

บริเวณที่ศึกษา	ความหนาแน่น (cell ml <sup>-1</sup> )	ที่มา
ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม	$9.60 \times 10^5$ - $1.84 \times 10^6$	การศึกษารุ่นนี้
ป่าชายเลนในเอสตูรีแม่น้ำ Gambia แอฟริกาตะวันตก	$1-2 \times 10^6$	Healy <i>et al.</i> , 1988 อ้างถึงใน Robertson and Blaber, 1992
ป่าชายเลนประเทศออสเตรเลีย	$1.05-1.80 \times 10^6$	Robertson and Blaber, 1992
เอสตูรีแม่น้ำ Fly ประเทศปาปัวนิวกินี	$10^4-10^5$	Robertson and Blaber, 1992
อ่าว Funka ประเทศญี่ปุ่น	$3.1 \times 10^5$ - $1.1 \times 10^6$	Lee <i>et al.</i> , 2001
อ่าว Onagawa ประเทศญี่ปุ่น	$0.5-3.0 \times 10^6$	Tanaka and Taniguchi, 1996

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาความชุกชุมของ Heterotrophic picoplankton ครั้งนี้กับบริเวณชายฝั่งในประเทศญี่ปุ่น (ตารางที่ 11) ซึ่งมีการทำการศึกษากันมาก โดยพบว่าบริเวณอ่าว Funka และบริเวณอ่าว Onagawa ในระหว่างทำการศึกษามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 13-23 องศาเซลเซียส และปริมาณสารอาหาร ได้แก่ อนินทรีย์ไนโตรเจน (ผลรวมของแอมโมเนียม ไนไตรท์และไนเตรท) มีค่าต่ำกว่า 3 ไมโครโมลต่อลิตร และปริมาณฟอสเฟตต่ำกว่า 1 ไมโครโมลต่อลิตร ซึ่งต่ำกว่าบริเวณคลองโคน ส่วนความเค็มอยู่ในช่วง 31.2-33.9 psu ซึ่งสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ พบว่าความชุกชุมของ Heterotrophic picoplankton บริเวณคลองโคนมีค่าสอดคล้องกับบริเวณอ่าว Funka ซึ่งศึกษาในช่วงมิถุนายนถึงพฤศจิกายนพบความหนาแน่นของ Bacterioplankton อยู่ในช่วง  $3.1 \times 10^5 - 1.1 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Lee *et al.*, 2001) และในช่วงฤดูร้อนบริเวณอ่าว Onagawa พบว่า Bacterioplankton มีความชุกชุมอยู่ในช่วง  $0.5 - 3 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Tanaka and Taniguchi, 1996)

#### ความหนาแน่นของ Phototrophic picoplankton

ความหนาแน่นเฉลี่ยของ Phototrophic picoplankton จากการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วง  $6.36 \times 10^4 - 2.18 \times 10^5$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.45 \times 10^5 \pm 1.71 \times 10^4$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ประกอบด้วย Picocyanobacteria ในความหนาแน่น  $6.06 \times 10^4 - 2.16 \times 10^5$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1.37 \times 10^5 \pm 1.64 \times 10^4$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) และ Phototrophic picoeukaryotes มีความหนาแน่นเฉลี่ยตลอดการศึกษา  $1.72 \times 10^3 - 2.64 \times 10^4$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $7.41 \times 10^3 \pm 1.98 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ซึ่งความหนาแน่นของ Phototrophic picoplankton ของการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าที่ Odate and Fukuchi (1994) ทำการศึกษาริเวณชายฝั่งทะเล Cerebes , ช่องแคบ Makessar และช่องแคบ Lombok ในประเทศอินโดนีเซียที่พบความหนาแน่นของ Picocyanobacteria เท่ากับ  $7.4 \pm 5.6 \times 10^4$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ Phototrophic picoplankton ชนิดอื่นซึ่งหมายถึง Phototrophic picoeukaryotes รวมกับ Prochlorophyte มีความหนาแน่น  $2.0 \pm 0.64 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรและมีค่าใกล้เคียงกับในเขตอบอุ่นบริเวณอ่าว Funka ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งพบความหนาแน่นของ Picocyanobacteria ในชั้น Euphotic เท่ากับ  $1.3 \times 10^4 - 2.9 \times 10^5$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Lee *et al.*, 2001) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ความชุกชุมของ Phototrophic picoplankton บริเวณชายฝั่งต่างๆ

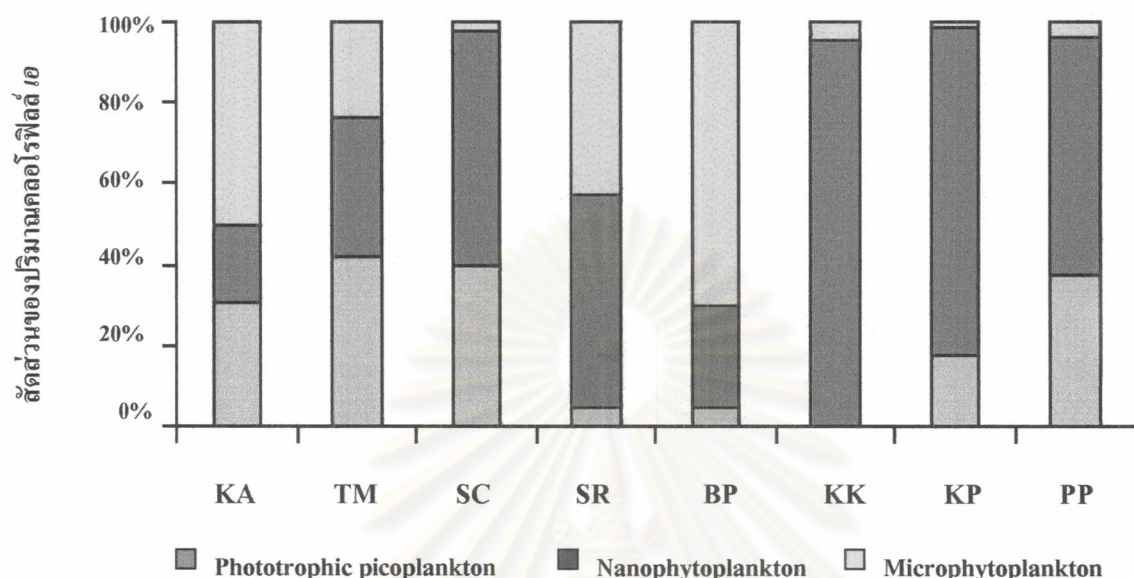
กลุ่ม/ขนาดเซลล์ (ไมโครเมตร)	ความหนาแน่น (เซลล์ต่อมิลลิกรัม)	บริเวณที่ศึกษา	ที่มา
Picocyanobacteria (0.2-3.0)	$1.34 \times 10^5 \pm 1.63 \times 10^4$	ป่าชายเลนบ้านคลองโคน	การศึกษารั้งนี้
Picoeukaryotes (0.2-3.0)	$7.41 \times 10^3 \pm 1.98 \times 10^3$	จังหวัดสมุทรสงคราม	
Picocyanobacteria (0.2-2.0)	$7.4 \pm 5.6 \times 10^4$	ชายฝั่ง Cerebes, ช่องแคบ	Odate and Fukuchi, 1994
Picoeukaryotes (0.2-2.0),	$2.0 \pm 0.64 \times 10^3$	Makassar และช่องแคบ Lombok	
Prochlorophyte (0.2-2.0)		ประเทศอินโดนีเซีย	
Picocyanobacteria	$1.3 \times 10^4 - 2.9 \times 10^5$	อ่าว Funka ประเทศญี่ปุ่น	Lee et al., 2001

#### มวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชขนาดต่างๆ

เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามพบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.136-3.536 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 1.74-16.27 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด สอดคล้องกับการรายงานของอัคราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ (2545) ที่ได้สรุปสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชขนาดต่างๆในระบบนิเวศชายฝั่งในอ่าวไทย พบว่าบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา บริเวณคลองโคน จังหวัดสมุทรสงครามและบริเวณคลองแพรกใหญ่ จังหวัดสมุทรสงครามซึ่งเป็นบริเวณเดียวกันกับการศึกษารั้งนี้พบสัดส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton ประมาณร้อยละ 5, ค่ากว่าร้อยละ 1 และร้อยละ 17 ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดตามลำดับ (รูปที่ 36)

การผันแปรของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก (Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton รวมกัน) ของการศึกษารั้งนี้ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กในฤดูฝนสูงกว่าในฤดูแล้ง ซึ่งพบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กสูงในช่วงฤดูฝน (ค่าเฉลี่ย  $13.586 \pm 2.485$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ลดลงในฤดูร้อน (ค่าเฉลี่ย  $6.251 \pm 2.780$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และต่ำสุดในฤดูแล้ง (ค่าเฉลี่ย  $3.559 \pm 0.699$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอิซมิก้า พรหมทอง (2542) บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอน

พีชขนาดเล็กสูงในช่วงฤดูฝน 2541 (ค่าเฉลี่ย 25.57 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมาในฤดูฝน 2440 (ค่าเฉลี่ย 13.50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และต่ำสุดในฤดูแล้ง 2541 (ค่าเฉลี่ย 11.48 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ



รูปที่ 36 มวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพีชขนาดต่างๆ ในระบบนิเวศชายฝั่งในอ่าวไทย

KA	เกาะท้ายค้างคาว จ.ชลบุรี	BP	ปากแม่น้ำบางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา
TM	เกาะท้ายตาหมื่น จ.ชลบุรี	KK	คลองโคกน จ.สมุทรสงคราม
SC	ท่าเรือเกาะสีชัง จ.ชลบุรี	KP	คลองแพรกใหญ่ จ.สมุทรสงคราม
SR	ศรีราชา จ. ชลบุรี	PP	อ่าวปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช

ที่มา: อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ(2545)

ประชากรแพลงก์ตอนพีชบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคกนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Microphytoplankton ต่ำสุดตลอดการศึกษา เมื่อเทียบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพีชขนาดอื่น โดยรูปแบบการแปรผันตามฤดูกาลมีปริมาณในฤดูฝนสูงใกล้เคียงกับในฤดูแล้งและต่ำสุดในฤดูร้อน แต่พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของ Microphytoplankton โดยเฉพาะเดือนตุลาคม และธันวาคมมีปริมาณ 1.459 และ 1.646 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Microphytoplankton ประมาณ 3 เท่า เมื่อพิจารณาปัจจัยสิ่งแวดล้อมและปริมาณสารอาหารในสองเดือนนี้พบว่า เดือนตุลาคมมีปริมาณไนเตรทที่สูงที่สุดในรอบปีที่ศึกษา คือ 14.72 ไมโครโมลต่อลิตร ในขณะที่ความเค็มต่ำสุด คือ 3.2 psu (ตารางที่ 6) นอกจากนั้นยังพบว่าในเดือนตุลาคมมีปริมาณฝนรายเดือนสูงเท่ากับ 200.5 มิลลิเมตรและจำนวนวันที่

ฝนตกสูงสุดในรอบปี คือ 22 วัน (ภาคผนวก ก.) ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของน้ำจืดเหนือน้ำทะเล รวมถึงการนำสารอาหารเข้ามาสู่บริเวณนี้สูงขึ้น ทำให้สภาวะแวดล้อมเหมาะแก่การเติบโตของ Microphytoplankton ซึ่งเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีปริมาณสารอาหารสูง ส่วนเดือนธันวาคมพบว่ามีปริมาณฟอสเฟตและปริมาณซิลิเกตต่ำสุดในรอบปีโดยมีค่า 2.74 และ 30.07 ไมโครโมลต่อลิตรตามลำดับ การที่มีปริมาณสารอาหารสองตัวนี้ต่ำนอกจากแสดงถึงการนำสารอาหารไปใช้ในการเติบโตของแพลงก์ตอนพืชแล้ว ยังบ่งชี้ถึงอิทธิพลของน้ำจืดที่ลดลงเนื่องจากแหล่งของฟอสเฟตมาจากบ้านเรือนและการเกษตรกรรม ส่วนซิลิเกตก็เช่นเดียวกันคือมีแหล่งกำเนิดจากแผ่นดินและเข้าสู่บริเวณป่าชายเลนได้จากการชะล้างโดยน้ำจืดมาจากแผ่นดิน แสดงถึงอิทธิพลของน้ำทะเลที่หนุนเข้ามาในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งอาจนำพา Microphytoplankton กลุ่มที่ใช้ซิลิเกตในการเติบโต เช่น ไดอะตอม เข้ามาด้วยเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนพบว่าช่วงเวลาที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของ Microphytoplankton สูงสุดพบในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนพบปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของ Microphytoplankton สูงในช่วงฤดูร้อนและเริ่มเข้าฤดูฝน (ช่วงเดือนมีนาคมและเดือนพฤษภาคม 2541) เนื่องจากเกิดการ Bloom ของ Microphytoplankton กลุ่มไดอะตอม ในขณะที่พบว่าช่วงเวลาที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* เฉลี่ยของ Microphytoplankton ต่ำสุดเป็นช่วงเดียวกันกับบริเวณคลองโคกนาค คือในเดือนมกราคม ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างระหว่างปริมาณสารอาหารของสองบริเวณนี้ โดยบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีปริมาณสารอาหารในรอบปีที่สูงกว่าบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคกนาคและมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูกาลชัดเจนกว่า คือ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีสภาพเป็น Eutrophic ในฤดูแล้ง พบปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของ Microphytoplankton สูงกว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* รวมของ Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton แสดงถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับแพลงก์ตอนพืชขนาดใหญ่ คือ Microphytoplankton ในการเพิ่มขึ้นของจำนวนและมวลชีวภาพได้ดีกว่าแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก ในขณะที่บริเวณนี้มีสภาพเป็น Mesotrophic ในฤดูฝน 2540 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดของอยู่ในช่วง 14.28-22.30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* รวมของ Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton สูงกว่าของ Microphytoplankton (อิชฌิกา พรหมทอง, 2542) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งที่มียปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.280-22.605 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคกนาคมีสภาพเป็น Mesotrophic โดยมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเติบโตของแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก (Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton) โดยดูได้จากสัดส่วนและปริมาณของคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กที่สูงกว่า Microphytoplankton ตลอดระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้



ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยตลอดการศึกษาเท่ากับ  $9.925 \pm 1.891$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยพบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดสูงสุดในเดือนกรกฎาคม 2544 เท่ากับ  $22.605 \pm 4.159$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ต้นฤดูฝน) และต่ำสุดในเดือนมกราคม 2545 มีค่าเท่ากับ  $2.280 \pm 0.265$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ฤดูแล้ง) ซึ่งในการศึกษารุ่นนี้พบรูปแบบของการผันแปรปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดตามฤดูกาลที่คล้ายคลึงกันกับที่ศึกษาในบริเวณเดียวกันในอดีต แต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในการศึกษารุ่นนี้ต่ำกว่าการศึกษาในอดีต นอกจากนั้นยังพบความคล้ายคลึงของการผันแปรนี้ในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนอีกด้วย (ตารางที่ 13) คือ ในบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนในช่วงพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2544 ยกเว้นเดือนธันวาคม 2543 ซึ่งไม่มีข้อมูล พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดเท่ากับ 4.24-37.72 (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.33) มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดสูงสุดในเดือนมิถุนายน 2543 (ต้นฤดูฝน) และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2544 (ฤดูแล้ง) (บัณฑิต สิชันจกสมิต, 2545; นิรุชา มงคลแสงสุรีย์ และคณะ, 2546) นอกจากนั้นบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนพบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดอยู่ในช่วง 7.85-38.14 (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.137) มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดสูงสุดในเดือนกรกฎาคม 2541 (ต้นฤดูฝน) และค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม 2541 (ฤดูแล้ง) (อิชฌิกา พรหมทอง, 2542) ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดบริเวณบ้านคลองโคนในอดีต และบริเวณใกล้เคียง

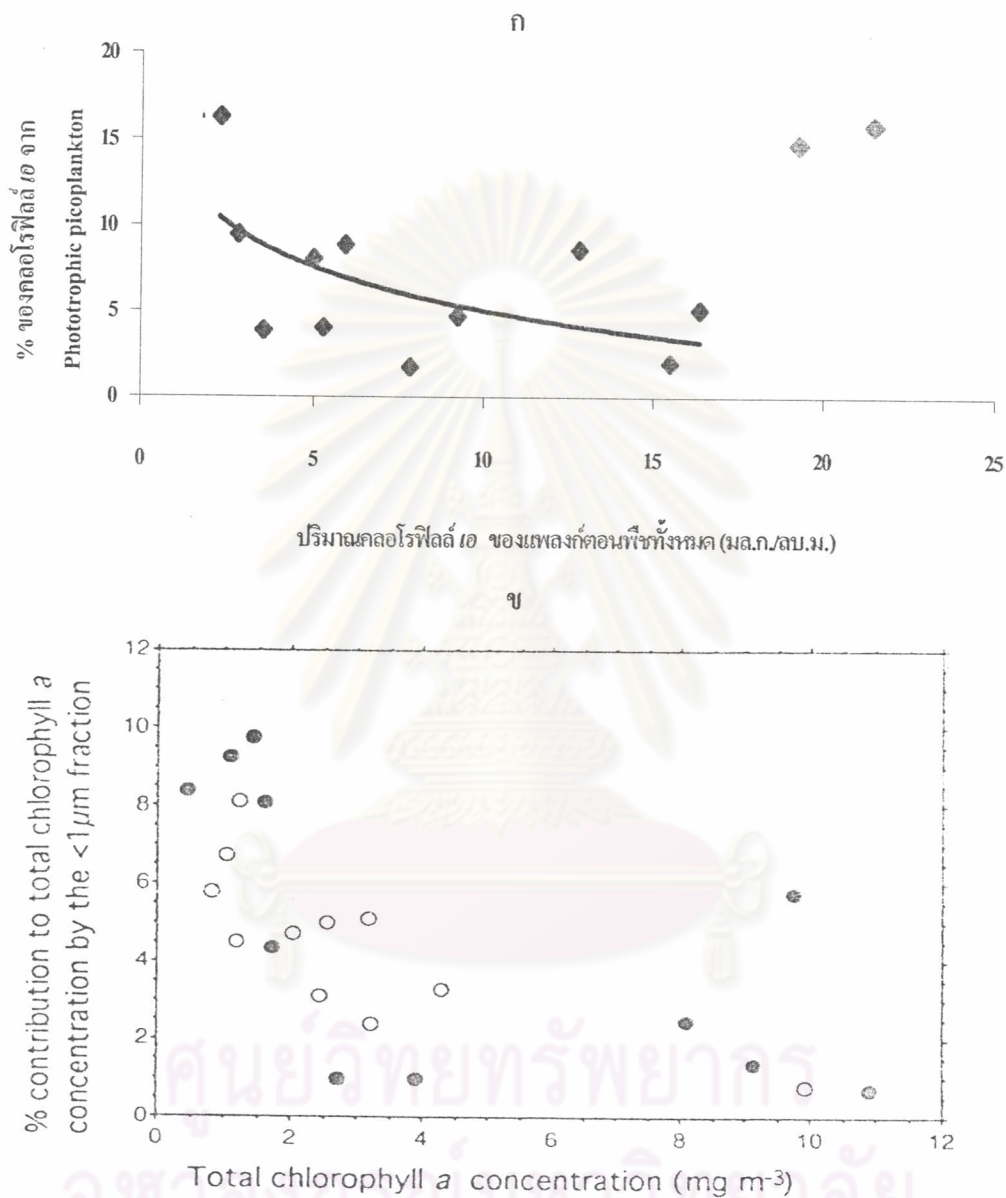
สถานที่	ระยะเวลาที่ศึกษา	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)			ที่มา
		ค่าต่ำสุด (เดือน)	ค่าสูงสุด (เดือน)	เฉลี่ย	
ป่าชายเลนคลองโคน	พ.ศ. 44- เม.ย. 45	2.280 (ม. ค. 45)	22.605 (ก. ค. 44)	$9.925 \pm 1.891$	การศึกษารุ่นนี้
จ. สมุทรสงคราม	พ.ย. 42- มี.ค. 44	4.24 (ก. พ. 44)	37.72 (มี.ย. 43)	14.33	บัณฑิต สิชันจกสมิต, 2545; นิรุชา มงคลแสงสุรีย์ และคณะ, 2546
ปากแม่น้ำท่าจีน	ก.ค. 40- ก.ค. 41	7.85 (ม. ค. 41)	38.14 (ก. ค. 41)	$23.45 \pm 4.17$	อิชฌิกา พรหมทอง, 2542
จ. สมุทรสาคร					

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดและสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton ของการศึกษารุ่นนี้แสดงความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามคือมีแนว

โน้มน้ำสดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton สูงขึ้นเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดลดลง โดยมีความสัมพันธ์กันแบบลอการิทึม (รูปที่ 37 ก.) โดยเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 5.00 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะพบสัดส่วนของ Phototrophic picoplankton อยู่ในช่วงร้อยละ 3.85-16.27 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด และเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนของ Phototrophic picoplankton อยู่ในช่วงต่ำกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (รูปที่ 37 ก.) ยกเว้นในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม 2545 ซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 19.927 และ 22.605 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และพบสัดส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton สูงกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด

ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้แสดงแนวโน้มสอดคล้องกับการศึกษาของ Iriarte and Purdie (1994) ศึกษาเอสทิวรีในเขตบอตัน (Southampton Water) ชายฝั่งทางใต้ของอังกฤษพบว่าสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton ที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรมีค่าสูงสุดเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าต่ำสุด ดังรูปที่ 37 ข. และเขาได้สรุปงานของคนอื่นว่าในระบบนิเวศทางทะเล Phototrophic picoplankton มีสัดส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าระหว่าง 0.5-1.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton จะมีสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 20-50 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด และเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดเพิ่มเป็น 1.0-5.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรพบสัดส่วนคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton อยู่ในช่วงร้อยละ 5-20 และเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจะพบ Phototrophic picoplankton เป็นองค์ประกอบเพียงเล็กน้อย เช่น ต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (รูปที่ 37 ข.) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sin *et al.* (2000) บริเวณ York River estuary รัฐ Virginia ประเทศอเมริกาพบสัดส่วนของคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton ต่อคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด ( $r^2 = 0.41$ ,  $P < 0.05$ ) สำหรับในเขตร้อนบริเวณชายฝั่งของประเทศสิงคโปร์พบสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton ที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรโดยทั่วไปพบในสัดส่วนร้อยละ 10-20 เมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมี

สัดส่วนที่ต่ำกว่าร้อยละ 3 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดสูงกว่า 40 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Gin *et al.*, 2000)



รูปที่ 37 สัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดกับอัตราส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของ Phototrophic picoplankton

ก. การศึกษาครั้งนี้ เส้นแนวโน้มความสัมพันธ์คำนวณจากข้อมูลทุกเดือน โดยยกเว้นข้อมูลเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม 2544 (แทนด้วย  $\clubsuit$ )

ข. เอสทรีในเขตบอตัน (Southampton Water) (Iriarte and Purdie, 1994)

● แทนสถานที่ที่อยู่บริเวณกลางเอสทรี

○ แทนสถานที่ที่อยู่บริเวณปากเอสทรี

ในการศึกษาคั้งนี้พบว่าในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าสูง 19.927-22.605 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบสัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของ Phototrophic picoplankton ร้อยละ 14.18-15.64 ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงกว่าช่วงอื่นๆ โดยแตกต่างจากที่ Iriarte and Purdie (1994), Sin *et al.* (2000) และ Gin *et al.* (2000) ที่กล่าวมาข้างต้นที่ว่าเมื่อปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดสูงจะพบสัดส่วนของ Phototrophic picoplankton ต่ำ อาจเนื่องมาจากการศึกษาคั้งนี้กำหนดขนาด Phototrophic picoplankton ในการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* คือ 0.7-ต่ำกว่า 3.0 ไมโครเมตร ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาบริเวณอื่นที่กล่าวมาที่กำหนดขนาด Phototrophic picoplankton ไว้เล็กกว่า 1 ไมโครเมตร อาจเป็นไปได้ว่า Phototrophic picoplankton ที่มีขนาดเซลล์ช่วง 1.0 ถึงเล็กกว่า 3.0 ไมโครเมตร มีศักยภาพในการโตที่ดีกว่าเมื่อปริมาณสารอาหารสูงขึ้น ทำให้มีการเพิ่มมวลชีวภาพของกลุ่มนี้และการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดจนมีค่าสูงกว่าและเมื่อพิจารณาร่วมกับความชุกชุมของ Phototrophic picoplankton ในสองเดือนนี้ พบว่ามีความชุกชุมสูงกว่าเดือนอื่น (ยกเว้นต้นเดือนพฤษภาคม 2544) โดยความชุกชุมของ Phototrophic picoplankton ในเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคมเท่ากับ  $2.12 \times 10^5$ - $2.16 \times 10^5$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งเมื่อเปรียบการศึกษาริเวณเดียวกันนี้ที่ศึกษาช่วงมีนาคม พ.ศ. 2543 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2544 พบปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดมีค่าสูงในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมเท่ากับ 29.51-37.72 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบความชุกชุมของ Microphytoplankton ในช่วงนี้เท่ากับ  $1.73 \times 10^3$ - $6.01 \times 10^3$  เซลล์ต่อลิตร (ค่าเฉลี่ย  $3.87 \times 10^3$  เซลล์ต่อลิตร) ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของในบริเวณนี้ซึ่งมีความชุกชุมของ Microphytoplankton เฉลี่ยตลอดการศึกษาเท่ากับ  $2.01 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร (นิรุชา มงคลแสงสุรีย์ และคณะ, 2546) แสดงว่าสัดส่วนคลอโรฟิลล์ *เอ* ที่สูงขึ้นในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม น่าจะมาจากแพลงก์ตอนพืชขนาด 1-3 ไมโครเมตร

สัดส่วนของปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* แพลงก์ตอนพืชของแพลงก์ตอนพืชทั้ง 3 ขนาด พบว่านาโนแพลงก์ตอนมีสัดส่วนสูงสุดตลอดการศึกษาคั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และคณะ (2545) ที่ศึกษาเปรียบเทียบบริเวณคลองในป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสงคราม ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทราและแนวปะการังเกาะท้ายค้างคาว จังหวัดชลบุรี (รูปที่ 36) พบว่าแพลงก์ตอนพืชขนาดนาโนแพลงก์ตอนจะเป็นผู้ผลิตที่มีมวลชีวภาพสูงกว่า Phototrophic picoplankton ในบริเวณที่น้ำขุ่นและมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ เช่น ปากแม่น้ำ และป่าชายเลน

### มวลชีวภาพในรูปอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนของแพลงก์ตอน

บริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนของ Picoplankton เฉลี่ยตลอดการศึกษาเท่ากับ  $509.21 \pm 36.33$  และ  $421.69 \pm 48.44$  ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของ Picoplankton สูงกว่าบริเวณคลองในป่าชายเลน ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของ Heterotrophic picoplankton อยู่ในช่วง 26-93 ไมโครกรัมต่อลิตรและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52 ไมโครกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 14) ส่วนหนึ่งอาจเกิดการหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของการศึกษานี้ได้รวมเอา Phototrophic picoplankton เข้าไว้ด้วย ดังนั้นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่ได้นั้นมาจากทั้งสองกลุ่ม ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากบริเวณคลองในป่าชายเลน ประเทศออสเตรเลียได้นั้นได้จากเฉพาะ Heterotrophic picoplankton เท่านั้น นอกจากนั้นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนยังขึ้นอยู่กับขนาดของเสียหรือซากสิ่งมีชีวิตที่ฉีกขาดหรือเปื่อยยุ่ยและมีขนาดเล็กพอที่ผ่านกระดาดกรองที่มีขนาดตา 3 ไมโครเมตร และติดค้างอยู่บนกระดาดกรอง GF/F ขนาดตาเฉลี่ย 0.7 ไมโครเมตร รวมถึงสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำที่ถูกดูดซับโดยกระดาดกรอง ทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนมีปริมาณสูงได้เช่นกัน

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์ไนโตรเจนและอัตราส่วนโดยโมลของอินทรีย์คาร์บอนต่ออินทรีย์ไนโตรเจน

บริเวณ	กลุ่ม/ขนาด (ไมโครเมตร)	อินทรีย์คาร์บอน ( $\mu\text{g/l}$ )	อินทรีย์ไนโตรเจน ( $\mu\text{g/l}$ )	C:N ratio	ที่มา
ป่าชายเลนบ้านคลองโคน	Picoplankton (0.7-3)	$509.21 \pm 36.33$	$421.69 \pm 48.44$	$2.30 \pm 0.31$	การศึกษานี้
จังหวัดสมุทรสงคราม	แพลงก์ตอนขนาด (0.7-200)	$2,732.94 \pm 324.61$	$1,013.53 \pm 90.58$	$3.90 \pm 0.30$	
คลองในป่าชายเลน ประเทศออสเตรเลีย	Heterotrophic picoplankton	52	-	-	Robertson and Blaber, 1992
ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร	แพลงก์ตอนขนาด (0.7-200)	$4,614.42 \pm 1,135.27$	$738.68 \pm 123.33$	$7.86 \pm 1.07$	อิชฌิกา พรหมทอง, 2542
Gautami-Godavari Delta	ตะกอนแขวนลอย	-	-	$\leq 12.7$	Dehairs <i>et al.</i> , 2000
อ่าว Bengal ประเทศอินเดีย	Bacterioplankton	-	-	4.5	Cherrier <i>et al.</i> , 1996

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนของแพลงก์ตอนขนาด 0.7-200 ไมโครเมตร มีค่าเฉลี่ยตลอดการศึกษาเท่ากับ  $2,732.94 \pm 324.61$  และ  $1,013.53 \pm 90.58$  ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนของแพลงก์ตอนขนาดเดียวกันนี้กับบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน พบว่าบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมียปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำกว่าแต่มีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนสูงกว่า โดยบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนของแพลงก์ตอนขนาดนี้มีค่าเฉลี่ย  $4,614.42 \pm 1,135.27$  และ  $738.68 \pm 123.33$  ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ (อิชฌิกา พรหมทอง, 2542) ซึ่งส่งผลให้อัตราส่วนโดยโมลของอินทรีย์คาร์บอนต่ออินทรีย์ไนโตรเจนของบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนสูงกว่าบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนม ดังตารางที่ 14

สำหรับการศึกษาคั้งนี้อัตราส่วนโดยโมลของอินทรีย์คาร์บอนต่ออินทรีย์ไนโตรเจน (C:N Ratio) ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.34-7.54 (ค่าเฉลี่ย  $3.90 \pm 0.30$ ) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูฝน รองลงมาพบในฤดูแล้ง และต่ำสุดในฤดูร้อน เท่ากับ 4.22, 3.96 และ 2.63 อัตราส่วนโดยโมล C:N ของ Picoplankton อยู่ในช่วง 0.55-8.72 (ค่าเฉลี่ย  $2.30 \pm 0.31$ ) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูฝน รองลงมาพบในฤดูแล้งและต่ำสุดในฤดูร้อนเท่ากับ 2.81, 1.99 และ 1.12 ต่ำกว่าการศึกษาระดับบริเวณ Gautami-Godavari Delta อ่าว Bengal ประเทศอินเดีย ที่พบอัตราส่วนโดยโมล C:N ของตะกอนแขวนลอยในน้ำบริเวณคลองในป่าชายเลนซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าหรือเท่ากับ 12.7 และพบอัตราส่วนโดยโมล C:N ต่ำสุดในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่มีฝนตกชุก (Dehairs *et al.*, 2000) เมื่อพิจารณาอัตราส่วนโดยโมล C:N ของการศึกษาคั้งนี้ต่ำกว่า Redfield Ratio ที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมล C:N 106:16 หรือ 6.7 (ดังรูปที่ 28) ซึ่งแสดงถึงบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคนมมีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยไนโตรเจน (Nitrogen richness) เหมาะแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียซึ่งสอดคล้องกับที่ว่า Substrate ที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมล C:N ต่ำแสดงถึงการมีไนโตรเจนมาก และไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ (Labile) ซึ่งเหมาะแก่การถูกดึงไปใช้ในการเพิ่มมวลชีวภาพของแบคทีเรีย ในทางกลับกัน Substrate ที่มีค่าอัตราส่วนโดยโมล C:N สูงอาจจะไม่มีไนโตรเจนต่ำกว่า ซึ่งอาจมีปริมาณไนโตรเจนที่น้อยที่แบคทีเรียสามารถนำไปใช้และการสร้างเซลล์ของแบคทีเรียได้ โดยทั่วไปค่าอัตราส่วนโดยโมล C:N ของ Substrate ที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยอัตราส่วนโดยโมล C:N ของแบคทีเรียคือ 4.5:1 จะส่งผลให้แบคทีเรียเติบโตดี (Goldman *et al.*, 1987; Kirchman, 1990; Goldman and Dennett, 1991; Ducklow and Carson, 1992; Kroer, 1993 อ้างถึงใน Cherrier *et al.*, 1996)

## ปัจจัยที่ควบคุมโครงสร้างประชาคม Picoplankton

นอกจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมและปริมาณสารอาหารที่ทำการศึกษาคงอยู่ไปกับการศึกษาความชุกชุมและมวลชีวภาพของ Picoplankton ในครั้งนี้แล้ว จากการสำรวจเอกสารพบว่าผู้ล่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมโครงสร้างประชาคม Picoplankton ทั้งนี้ Alongi (1998) สรุปไว้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความชุกชุมของ Bacterioplankton บริเวณชายฝั่งและในเอสทูรีเขตอบอุ่นนั้น ได้แก่ ความหลากหลายของอาหาร ปัจจัยสิ่งแวดล้อมและปฏิสัมพันธ์ทางชีวภาพบางอย่าง นอกจากนี้ต้องรวม Bacterioplankton เป็นองค์ประกอบเข้าไปอยู่ประชาคมแพลงก์ตอนมากกว่าแยกพิจารณาออกมา (Ducklow and Carson, 1992 อ้างถึงใน Alongi, 1998) ทั้งนี้สิ่งมีชีวิตอาจถูกควบคุมภายในโครงสร้างสายใยอาหารที่เรียกว่า “Trophic cascade” โดยมีหลักการควบคุมใน 2 ทาง คือ แบบแรกเป็นการควบคุมแบบ “Bottom-up” ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในวัฏดุคิบที่เป็นฐานของสายใยอาหารจะส่งผลถึงสายใยอาหารที่มีการลดลงของระดับที่ถูกควบคุม สำหรับ Bacterioplankton บริเวณชายฝั่งจะหมายถึงเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์เข้าไปในเอสทูรีจะมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นในมวลชีวภาพและกิจกรรมแต่มีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนสัตว์และปลา แบบที่สองเป็นการควบคุมแบบ “Top-down” ในส่วนของการเพิ่มประชากรผู้บริโภครดับสุดท้ายจะส่งผลให้เกิดการลดลงของเหยื่อที่อยู่ใน Trophic level ต่ำกว่าในทันที แต่การเพิ่มขึ้นของประชากรสัตว์ที่เป็นเหยื่อที่อยู่ Trophic level ต่ำกว่าห่างลงไปซึ่งสำหรับแพลงก์ตอนบริเวณชายฝั่งจะหมายถึงการเพิ่มขึ้นของประชากรผู้ล่า เช่น Carnivorous copepod จะทำให้ผู้ล่าของแพลงก์ตอนพืช Protozooplankton ลดจำนวนลงและก่อให้เกิดผลต่อเนื่องคือ มีการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพของ Bacterioplankton เป็นการลดบทบาทของผู้ล่าในการควบคุมปริมาณ Picoplankton ซึ่งพบว่าการผันแปรประชากร Bacterioplankton และแพลงก์ตอนบริเวณชายฝั่งจะถูกควบคุมโดยผลรวมกันของกระบวนการ Bottom-up และ Top-down control ในกรณีของ Bacterioplankton จะอยู่ในตำแหน่งผู้ผลิตซึ่งใกล้เคียงกับฐานของสายใยอาหารของชายฝั่ง ดังนั้นมักถูกควบคุมโดยจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม (แสง, อาหาร, อุณหภูมิ) มากกว่าจากผู้ล่า คือ Bottom-up control มีอิทธิพลสูงกว่า Top-down control (Alongi, 1998)

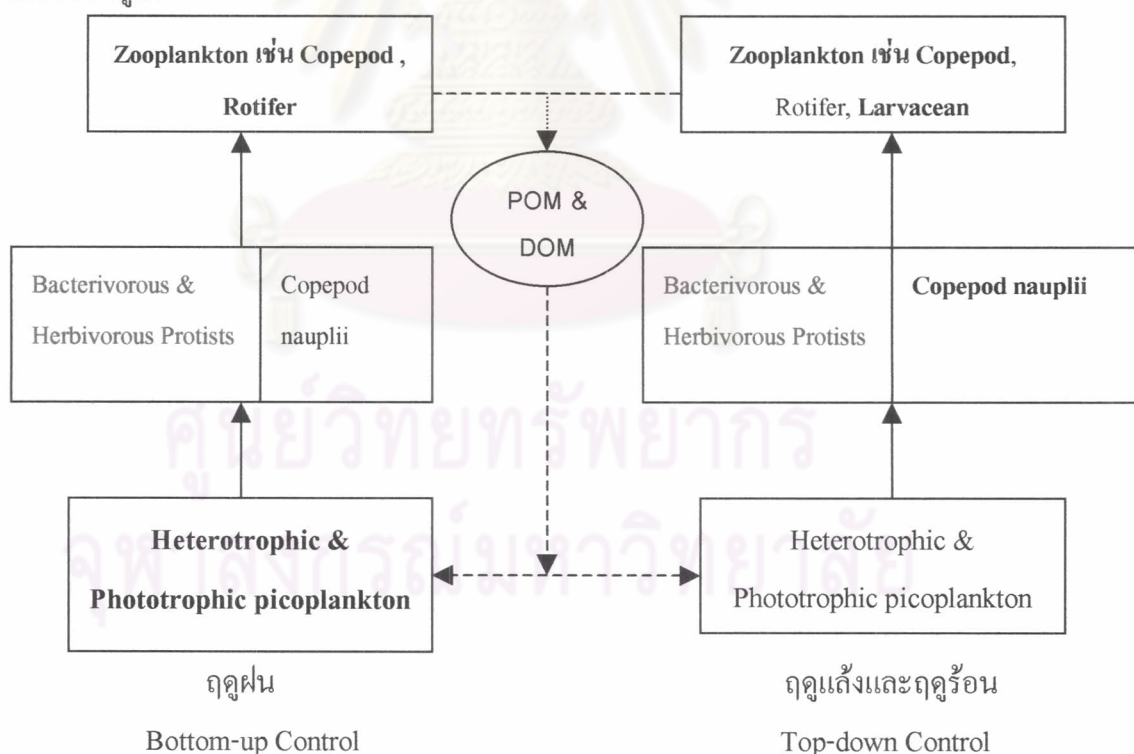
ความชุกชุมและมวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ *a* ของ Phototrophic picoplankton และความชุกชุม Heterotrophic picoplankton ในป่าชายเลนบ้านคลองโคกนอกรอบปีมีค่าสูงในฤดูฝน ส่วนฤดูแล้งและฤดูร้อนจะพบความชุกชุมต่ำ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ควบคุมมวลชีวภาพของ Picoplankton ในบริเวณนี้จะพบการควบคุมทั้งแบบ Bottom-up Control และ Top-down control ควบคู่กันตลอดเวลาแต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆตามฤดูกาล (รูปที่ 38) จะพบว่าลักษณะ Bottom-up Control จะเด่นในช่วงฤดูฝน คือ ช่วงฤดูฝนได้รับอิทธิพลของน้ำจืดที่มีการ

ไหลผ่านและชะล้างแผ่นดินซึ่งเป็นตัวการนำปริมาณสารอาหารลงสู่บริเวณที่ทำการศึกษาคือได้จากปริมาณน้ำฝนและสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสง (Light attenuation coefficient : K) ซึ่งจะบ่งบอกถึงความขุ่นของน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่านี้สูงขึ้น โดยสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสงมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณฝนรวมรายเดือน (หรืออิทธิพลของน้ำแม่น้ำ) โดยพบว่าช่วงฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรวมรายเดือนสูงสุด รองลงมาช่วงฤดูแล้งและต่ำสุดในช่วงฤดูร้อนพบ 56.9-209.1, 0-9.6 และ 2.3-4.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาคผนวก ก.) โดยค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสงในฤดูฝน ฤดูแล้งและฤดูร้อนพบอยู่ในช่วง 4.06-11.45, 3.53-5.98 และ 3.69-7.05 ตามลำดับ นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสงมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับความเค็ม โดยพบปริมาณความเค็มต่ำในช่วงเวลาเมื่อสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของแสงมีค่าสูง เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำจืดซึ่งจะมีอิทธิพลมากในช่วงที่มีฝนตกชุก และจากปริมาณสารอาหารเช่น แอมโมเนียมไนเตรท ซิลิเกตที่มีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง เมื่อปริมาณสารอาหารเหล่านี้สูงขึ้นทำให้ Phototrophic picoplankton ซึ่งมี ประสิทธิภาพในการดึงสารอาหารในปริมาณที่ไปใช้ได้ก่อนเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วกว่าแพลงก์ตอนพืชขนาดใหญ่ ในขณะที่มวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชขนาดใหญ่ก็เพิ่มขึ้นด้วยเมื่อระดับสารอาหารเพิ่มขึ้นในสถานะที่ไม่มีอาหารเป็นปัจจัยจำกัด การที่มีความขุกขุมของแพลงก์ตอนพืชสูงขึ้นรวมถึงมวลชีวภาพที่สูงขึ้นที่ดูได้จากปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด ยังส่งผลต่อการปล่อยสารอินทรีย์ออกนอกเซลล์เหล่านี้ด้วยซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้ Heterotrophic picoplankton สามารถนำมาใช้ในการเติบโตได้เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Lee *et al.* (2001) ทำการศึกษาระยะ Funka Bay และพบว่าความขุกขุมของ Heterotrophic picoplankton กลุ่มที่เป็น Bacterioplankton มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืช

นอกจากนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ความเค็มที่ลดลงและความขุ่นที่สูงแสดงถึงการไหลลงของน้ำจืดที่นอกจากนำพาสารอาหารอนินทรีย์และปริมาณสารอินทรีย์จากภายนอกระบบเข้าสู่บริเวณนี้ โดยปริมาณสารอินทรีย์จะมีทั้งที่เป็น Particulate organic matter (POM) และ Dissolved organic matter (DOM) นอกจากนี้ Cherrier *et al.* (1996) พบว่านอกจากค่าอัตราส่วนโดยโมล C:N ของ Substrate ที่ใกล้เคียงกับอัตราส่วนโดยโมล C:N ของ Bacterioplankton แล้ว ชนิดหรือคุณภาพของสารอินทรีย์ในโคโรเจนที่ละลายน้ำ (DOM) โดยเฉพาะอัตราส่วนของ DOC : DON จะเป็นตัวบ่งชี้การเติบโตของ Bacterioplankton และผลผลิตได้ดีกว่า โดยพบอัตราการเติบโตของ Bacterioplankton สูงขึ้นเมื่อมีการเติม Plankton extract (PE-DOM) ซึ่งมี DOC เท่ากับ 32 mM และ TDN เท่ากับ 7.2 mM หรือการเติมกรดอะมิโนอิสระที่ละลายน้ำ (DFAA) รวมถึงปริมาณแอมโมเนียมที่กล่าวมาแล้วข้างต้นที่เป็นแหล่งอาหารของ Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton ทำให้ความหนาแน่นของกลุ่มนี้เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Fog (1995)



ที่จะพบความหนาแน่นทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้น 10 เท่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำจาก Oligotrophic สู่ Moderately eutrophic น้ำจืดยังนำพากลุ่มผู้ล่ากลุ่มใหม่เข้าสู่ระบบป่าชายเลน โดยพบว่าความชุกชุมของผู้บริโภคของ Picoplankton จะลดลงในฤดูฝน เนื่องจากปัจจัยความเค็มที่ต่ำทำให้ผู้ล่าในบริเวณนี้เปลี่ยนแปลงกลุ่มไปและความชุกชุมของผู้บริโภค Picoplankton มีความชุกชุมต่ำลง จากการศึกษาในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2543 ของบัณฑิต ลิขิตทกสมิต (2545) พบความชุกชุมของ Copepod nauplii และ Larvacean ซึ่งมีความสามารถในการกิน Picoplankton มีความหนาแน่นต่ำในฤดูฝนเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงฤดูแล้งและฤดูร้อน ในขณะที่ความชุกชุมของตัวเต็มวัยของ Copepod ในกลุ่ม Cyclopoid และ Harpacticoid มีความหนาแน่นในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้งและฤดูร้อน แต่ในตัวเต็มวัยของกลุ่ม Calanoid กลับพบว่าในฤดูแล้งและฤดูร้อนมีความชุกชุมสูงกว่าในฤดูฝน นอกจากนี้ยังพบโรติเฟอร์ในฤดูฝนชุกชุมกว่าในช่วงฤดูแล้ง (สูงสุดในเดือนมิถุนายน 2543 คือ  $7.74 \times 10^3$  ตัวต่อน้ำ 100 ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งโรติเฟอร์เป็นผู้ล่าที่สำคัญของแพลงก์ตอนพืชขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 38 นอกจากนี้การกินอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ยังส่งผลต่อการปล่อย DOM ผู้สังเคราะห์แสง (Conover, 1966 อ้างถึงใน Kirchman, 2000) ซึ่งอาจเป็นปัจจัยให้ความชุกชุมของ Heterotrophic picoplankton ของฤดูนี้สูงขึ้นด้วยโดยอิทธิพลทางอ้อมของผู้ล่า



รูปที่ 38 ลักษณะที่ควบคุมโครงสร้างประชาคม Picoplankton ตามฤดูกาล บริเวณป่าชายเลน บ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม โดยตัวอักษรหนาแทนความชุกชุมสูง และตัวอักษรสีน้ำเงินแทนส่วนที่ไม่ได้ทำการศึกษา

ส่วนในฤดูแล้งและฤดูร้อนจะพบว่าลักษณะ Top-down control มีลักษณะเด่น โดยดูจาก ความชุกชุมผู้บริโภคของ Picoplankton มีสูง คือ ในช่วงปลายฤดูแล้งและฤดูร้อน Copepod nauplii มีความหนาแน่นสูงอยู่ในช่วง  $1.57 \times 10^4$ - $1.93 \times 10^6$  (ค่าเฉลี่ยของสองฤดูคือ  $9.15 \times 10^5$ ) ตัวต่อปริมาตร น้ำ 100 ลูกบาศก์เมตร และพบความหนาแน่นสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2543 นอกจากนี้ยังพบ Larvacean ซึ่งมีศักยภาพในการกรองกิน Picoplankton ในช่วงฤดูแล้ง (ที่มีความเค็มอยู่ในช่วง 16.1-21.1 psu) ในเดือนธันวาคม 2542 และเดือนมกราคม 2543 (บันทึก ลิขัณทกสมิต, 2545) ทำให้เป็นปัจจัยควบคุมความหนาแน่นของ Picoplankton ทั้งสองกลุ่ม โดยพบความหนาแน่นเฉลี่ยของ Picoplankton รวมสองกลุ่มในฤดูฝน (ค่าเฉลี่ย  $1.48 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) สูงกว่าในฤดูแล้ง (ค่าเฉลี่ย  $1.23 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) และฤดูร้อน (ค่าเฉลี่ย  $1.19 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ และในช่วงฤดูแล้งและฤดูร้อนจะมีปริมาณสารอาหารต่ำโดยเฉพาะซิลิเกต การได้รับอิทธิพลของน้ำจืดมีน้อยกว่าฤดูฝนทำให้แหล่งสารอาหารจากภายนอกที่เข้าสู่ระบบต่ำกว่า แต่ระดับของสารอาหารไม่ได้ต่ำมากจนเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณป่าชายบ้านคลองโคน นอกจากนี้การศึกษาผู้ล่าขนาดนาโนแพลงก์ตอนในบริเวณนี้ยังไม่มีการศึกษา และอาจเป็นปัจจัยที่ทั้งส่งเสริมและควบคุมความหนาแน่นได้เช่นเดียวกับผู้ล่าในขนาดอื่น ดังรูปที่ 38 เช่น Lee *et al.* (2001) ทำการศึกษาบริเวณอ่าว Funka และพบว่าความชุกชุมของ Bacterioplankton มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความชุกชุมของ Heterotrophic nanoflagellate (HNF) ซึ่งเป็นผู้ผลิต DOM ให้ Bacterioplankton เช่นเดียวกับ Tanaka และ Taniguchi (1996) รายงานว่า Bacterioplankton มักชุกชุมสูงขึ้นหลังจาก 2-6 วันหลังจากความชุกชุม Heterotrophic nanoflagellate สูงขึ้นบริเวณ Onagawa Bay ประเทศญี่ปุ่น ดังนั้นบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน น่าจะได้รับอิทธิพลแบบ Top-down control ในการควบคุมประชากร Picoplankton สูงกว่าจากการควบคุมแบบ Bottom-up control