

# บทที่ 1

## บทนำ

Picoplankton เป็นแพลงก์ตอนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.2-2.0 ไมโครเมตร (Sieburth *et al.*, 1978 อ้างถึงใน Graham, 1991) ซึ่งมีการกระจายทั่วโลกและสามารถแบ่ง Picoplankton ตามแหล่งพลังงานที่มันใช้ในการดำรงชีพออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พวกที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในการดำรงชีพ คือ Phototrophic picoplankton หรือ Autotrophic picoplankton หรือ Picophytoplankton และกลุ่มที่สองเป็นพวกที่ได้รับพลังงานจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในการดำรงชีพ เราจะเรียกพวกกลุ่มนี้ว่า Heterotrophic picoplankton ซึ่งมีมวลชีวภาพของ Phototrophic picoplankton ในระบบนิเวศทางทะเลอาจมีสัดส่วนระหว่างร้อยละ 1-90 ของมวลชีวภาพรวมของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (Stockner and Antia, 1986) นอกจากนี้ทั้ง Phototrophic และ Heterotrophic picoplankton ยังมีบทบาทสำคัญใน Microbial loop ซึ่งเป็นขบวนการสำคัญในการถ่ายทอดสารอาหารและพลังงานในระบบนิเวศชายฝั่งและในทะเลเปิด (Caron *et al.*, 1999) การศึกษาแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ในน่านน้ำไทยเป็นการศึกษาแพลงก์ตอนพืชในขนาดตั้งแต่ ไมโครแพลงก์ตอนขึ้นไปไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับ Picoplankton มาก่อน (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบุรณ์ และคณะ, 2545) การศึกษาบริเวณระบบนิเวศชายฝั่ง โดยเฉพาะบริเวณย่านน้ำกร่อยและป่าชายเลน ในประเทศไทยแสดงให้เห็นว่ามวลชีวภาพของ Phototrophic picoplankton รวมกับ Nanophytoplankton ในรูปของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 41-91 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่าประชาคมแพลงก์ตอนพืชในบริเวณดังกล่าวมีแพลงก์ตอนขนาดเล็กสองกลุ่มนี้เป็นผู้ผลิตหลัก (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบุรณ์ และคณะ, 2545) ส่วน Heterotrophic picoplankton นั้นยังไม่มีการศึกษาในประเทศไทยเลย ดังนั้นการศึกษามวลชีวภาพของ Picoplankton จะเป็นข้อมูลพื้นฐานเพิ่มเติมองค์ความรู้ในส่วนที่ขาดไปของแพลงก์ตอนพืชให้ครบทุกขนาด ซึ่งจะทำให้ทราบโครงสร้างที่แท้จริงของประชากรแพลงก์ตอนพืชและความสำคัญของแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กต่อการถ่ายทอดพลังงาน/สายใยอาหารทางทะเล

## วัตถุประสงค์

ศึกษาความหนาแน่นและมวลชีวภาพของทั้ง Phototrophic picoplankton และ Heterotrophic picoplankton โดยเน้นการเปลี่ยนแปลงความชุกชุมและมวลชีวภาพของ Picoplankton ความสำคัญของ Phototrophic picoplankton เมื่อเทียบกับมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในบริเวณป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม จะช่วยให้เข้าใจถึงโครงสร้างชุมชนและบทบาทของแพลงก์ตอนขนาดเล็กในสายใยอาหารและการหมุนเวียนของสารอาหารในป่าชายเลน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประกอบการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศป่าชายเลนได้

## ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษามวลชีวภาพและความชุกชุมของ Picoplankton โดยเก็บตัวอย่างน้ำมาจำแนก Picoplankton เป็น 2 พวก คือ Phototrophic picoplankton และ Heterotrophic picoplankton และหาความหนาแน่นของ Picoplankton ต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร หามวลชีวภาพของ Picoplankton และแพลงก์ตอนพืชขนาดอื่นๆ ในรูปของคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนในรอบปี พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นและมวลชีวภาพของ Picoplankton กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ความชุกชุมและมวลชีวภาพของ Picoplankton ที่ได้จากการวิจัยจะช่วยให้เกิดความเข้าใจถึงโครงสร้างและองค์ประกอบของชุมชนแพลงก์ตอนพืชและใช้สำหรับประเมินความอุดมสมบูรณ์ระบบนิเวศทางทะเลได้

## การสำรวจเอกสาร

### องค์ประกอบของ Picoplankton

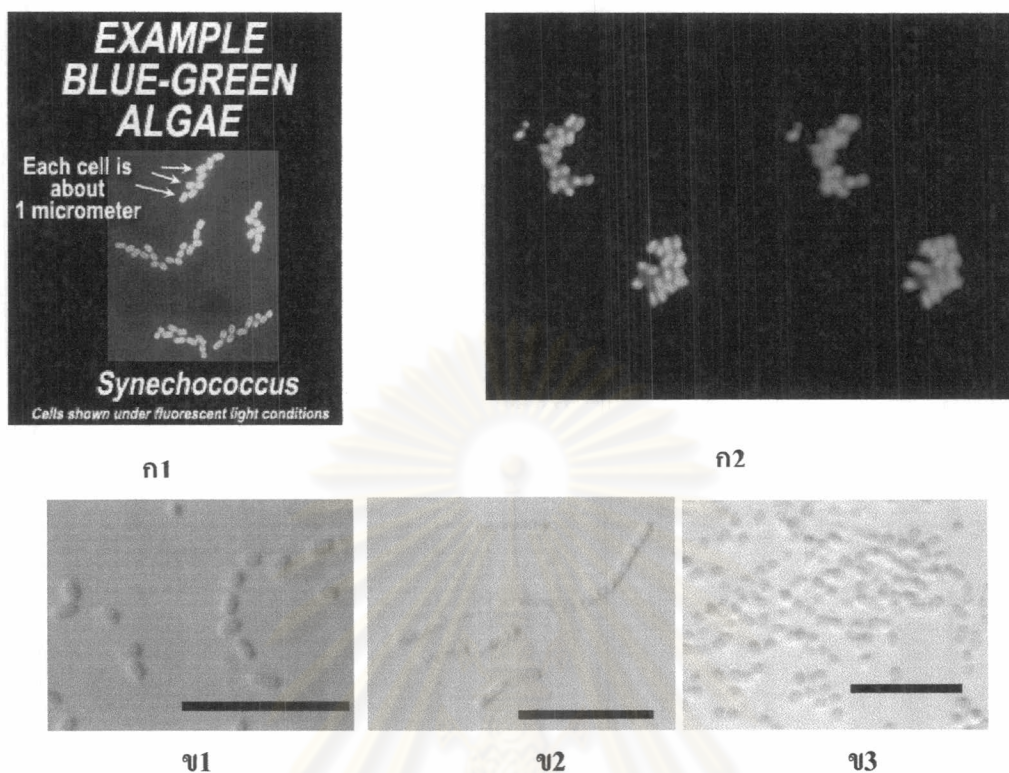
Picoplankton เป็นแพลงก์ตอนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.2-2.0 ไมโครเมตร (Sieburth *et al.*, 1978 อ้างถึงใน Graham, 1991) โดย Phototrophic picoplankton หรือ Picophytoplankton ซึ่งพบในประชาคม Phototrophic picoplankton ทั้งในทะเลและน้ำจืดนั้น ประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่ คือ Cyanobacteria Prochlorophyte (Chisholm *et al.*, 1988) และ Eukaryotes ที่มีสมาชิกจากหลากหลายกลุ่มในคลาส Chlorophyceae คลาส Prasinophyceae คลาส Prymnesiophyceae คลาส Chrysophyceae คลาส Eustigmatophyceae คลาส Pelagophyceae คลาส Bolidophyceae และ คลาส Pinguiphyceae (Johnson and Sieburth, 1982; Guillou *et al.*, 1999b; Kawachi *et al.*, 2002) ดังตารางที่ 1

Cyanobacteria เป็น Phototrophic picoplankton ที่มีการรายงานมากเนื่องจากเป็นกลุ่มที่ง่ายต่อการจำแนกและมีความหลากหลายของรูปร่างในตัวอย่างจากธรรมชาติสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ คือ อาจเป็นเซลล์เดี่ยวทรงกลม (Unicellular coccoid), รูปรี (Ovoid shape) หรือ เป็นแท่ง (Rode-shaped) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1.5 ไมโครเมตร โดยอาจจะอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว เช่น *Synechococcus* spp. หรืออยู่รวมกันเป็นโคโลนีขนาดเล็ก (Microcolonial forms) ซึ่งมีจำนวนเซลล์ตั้งแต่ 4-51 เซลล์ในแผ่นเมือก (Mucilagenous) รวมเป็นกลุ่มที่อัดแน่นหรืออาจต่อกันเป็นสาย (Filamentous forms) โดยพวกที่อยู่เป็นโคโลนีขนาดเล็ก (Microcolonial forms) และอยู่เป็นสายนี้พบได้ในน้ำจืดมากกว่าในทะเล (Maclsaac and Stockner, 1993)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกกลุ่มและชนิดของ Phototrophic picoplankton

คิ่วชั้น	คลาส	รงควัตถุที่พบ	สกุล/ชนิด	ที่มา
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chlorophyll <i>a</i> , $\beta$ , $\beta$ -carotene, zeaxanthin; (ชนิดที่พบในน้ำจืดอาจพบ echinenone, myxoxanthophyll และ oscillaxanthin); phycobiliproteins (C-phycoerythrin, allophycoerythrin, allophycoerythrin-B, C-phycoerythrin, R- phycoerythrin, phycoerythrocyanin)	<i>Synechococcus</i> spp.	Jeffrey and Hallgraeff, 1990 อ้างถึงใน Jeffrey and Vesk, 1997 ; Waterbury <i>et al.</i> , 1986
Prochlorophyta	Prochlorophyceae	Divinyl chlorophyll <i>a</i> , divinyl chlorophyll <i>b</i> , MgDVP, $\beta$ , $\epsilon$ -carotene, zeaxanthin (unicells)	<i>Prochlorococcus</i> spp.	Jeffrey and Hallgraeff, 1990 อ้างถึงใน Jeffrey and Vesk, 1997 ; Chisholm <i>et al.</i> , 1988
Chlorophyta	Chlorophyceae และ Prasinophyceae	Chlorophylls <i>a,b,\beta,\epsilon</i> - และ/ หรือ $\beta$ , $\beta$ -carotene, lutein, violaxanthin, neoxanthin , zeaxanthin และ prasinophyte บางพวกก็มี prasinoxanthin หรือ micronone เป็น carotenoid หลัก และ chlorophyll <i>c</i> -like pigment, MgDVP	<i>Chlorella nana</i> , <i>Nannochloris eukaryotum</i> <i>Ostreococcus tauri</i> <i>Pycnococcus provasolii</i> <i>Micromonas pusilla</i> <i>Resutor micron</i>	Jeffrey and Hallgraeff, 1990 อ้างถึงใน Jeffrey and Vesk, 1997 ; Station Biologique de Roscoff , n. d.
Chromophyta	Prymnesiophyceae	Chlorophyll <i>a</i> , $c_1$ หรือ $c_2$ , phytylated chlorophyll <i>c</i> -like pigment, $\beta$ , $\beta$ -carotene, fucoxanthin และ/หรือ 19'-hexanoxyloxyfucoxanthin และ 19-butanoxylfucoxanthin, diadinoxanthin และ diatoxanthin	<i>Imantonia rotunda</i>	Jeffrey and Hallgraeff, 1990 อ้างถึงใน Jeffrey and Vesk, 1997 ; Station Biologique de Roscoff , n. d.
Heterokontophyta	Pelagophyceae	Chlorophylls <i>a,c</i> , fucoxanthin, diatoxanthin, diadinoxanthin และ 19-butanoxylfucoxanthin	<i>Pelagomonas calceolata</i> , <i>Aureococcus anophagefferens</i> , <i>Aureoumbra lagunensis</i> , <i>Pelagococcus subviridis</i>	Andersen <i>et al.</i> , 1993
	Eustigmatophyceae	Chlorophyll <i>a</i> , $\beta$ , $\beta$ -carotene, vaucherixanthin ester, violaxanthin	<i>Nanochloropsis</i> spp.	Jeffrey and Hallgraeff, 1990 อ้างถึงใน Jeffrey and Vesk, 1997 ; Stockner and Antia, 1986
	Bolidophyceae	Chlorophyll <i>a</i> , $c_1,c_2$ และ $c_3$ , fucoxanthin diadinoxanthin	<i>Bolidomonas pacifica</i> , <i>Bolidomonas mediterranea</i>	Guillou <i>et al.</i> , 1999b
	Pinguiphyceae	Brown chloroplast	<i>Pinguiochrysis pyriformis</i>	Kawachi <i>et al.</i> , 2002



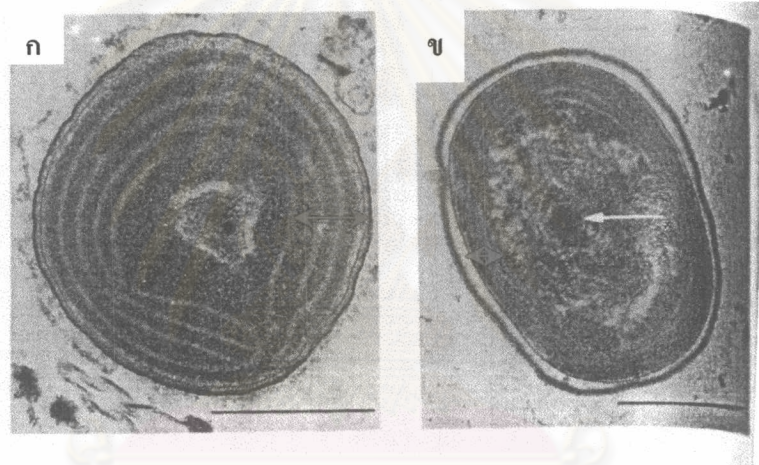
รูปที่ 1 Phototrophic picoplankton ที่อยู่ในคลาส Cyanophyceae สกุล *Synechococcus* spp.  
 ก . การเรืองแสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence

1. ช่วงแสงสีฟ้าเซลล์จะเปล่งแสงสีเหลืองหรือส้ม (Kuylenstierna and Karlson, n. d.)
2. ช่วงแสงสีฟ้าเซลล์จะเปล่งแสงสีเหลืองส้มและช่วงแสงสีเขียวซึ่งเซลล์จะเปล่งแสงสีแดงออกมา ตามลำดับ (Sieracki and Wong, n.d.)

ข. ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Light Microscopic) แสดงสายพันธุ์ต่างๆ (ความยาวเส้นบอขนานในรูปเท่ากับ 10 ไมโครเมตร) (Marine Biotechnology Institute Culture Collection, n. d.)

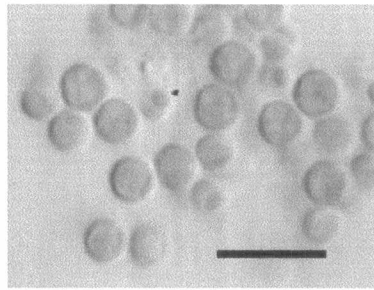
ส่วน Prochlorophyte จัดเป็นแพลงก์ตอนขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3-1.0 ไมโครเมตร มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวทรงกลม สามารถแยกจาก *Synechococcus* ได้โดยอาศัยความแตกต่างขององค์ประกอบของรงควัตถุโดย Prochlorophyte ไม่มี Phycobilin แต่มี Divinyl-Chlorophyll *a*, Chlorophyll *b*,  $\alpha$ -carotene และ Zeaxanthin เมื่อดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence ที่กรองแสงด้วย Zeiss filter set 48 77 05 เซลล์จะเปล่งแสงสีแดง นอกจากนี้การเรียงตัวของ Thylakoid ของ Prochlorophyte ยังแตกต่างจาก *Synechococcus* คือ Thylakoid จะเรียง

ตัวกันแน่นกว่าใน *Synechococcus* ซึ่งมีพื้นที่ของ Thylakoid กว้าง 40-50 นาโนเมตรที่เหมาะสมสำหรับ Phycobilisome บนด้านนอกของเยื่อหุ้ม ดังรูปที่ 2 ปัจจุบันพบกลุ่ม Prochlorophytes เฉพาะในทะเลและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ Phototrophic picoplankton โดยมีความหนาแน่นมากกว่า  $10^7$  เซลล์ต่อมิลลิเมตรในชั้นน้ำลึกที่แสงส่องถึงหรือ Euphotic zone (Chisholm *et al.*, 1988) Campbell and Vaulot (1993) รายงานว่า *Prochlorococcus* มีมวลชีวภาพเฉลี่ยประมาณ 45% ของมวลชีวภาพในรูปคาร์บอนของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณที่แสงส่องถึงของสถานี ALOHA ของ Hawaii นอกจากนั้น Charpy and Blanchot (1998) พบว่าชุมชนแพลงก์ตอนในบริเวณที่ตื้นกว่า 120 เมตรรอบๆ หมู่เกาะปะการัง Takapoto atoll ( $14^{\circ}30' S$   $145^{\circ}20' W$ ) ในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้มี *Prochlorococcus* ประกอบอยู่ถึง 65% ของมวลชีวภาพทั้งหมดของ Phototrophic picoplankton 1,242 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร

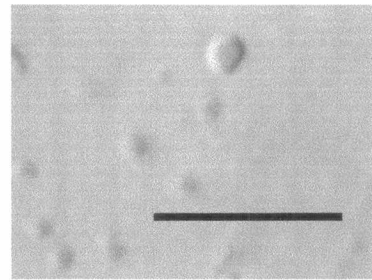


รูปที่ 2 รูปถ่าย Electron micrograph ของ *Synechococcus* ที่พบในทะเล (ก) และ Prochlorophyte (ข) ความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มนี้ในเบื้องต้นคือ การจัดเรียงของ Thylakoid ที่มีความหนาของชั้นแตกต่างกันดังแสดงด้วยลูกศรสีแดงในภาพ (Chisholm *et al.*, 1988)

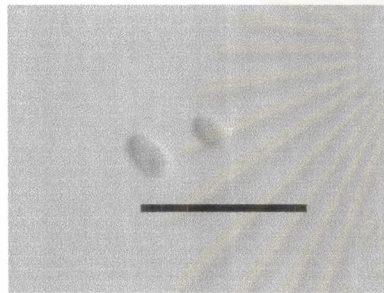
ส่วน Eukaryotic picoplankton โดยทั่วไปเซลล์มีลักษณะกลมอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ (Unicellular chlorococcoid) หรือ Flagellated cell (Maclsaac and Stockner, 1993) โดยพบอยู่ในคลาส Prasinophyceae ได้แก่ *Ostrococcus tauri* และ *Pseudoscorfeldia marina* (Station Biologique de Roscoff, n. d.) คลาส Bolidophyceae ได้แก่ *Bolidomonas pacifica*, *Bolidomonas mediterranea* (Guillou, 1999b) และคลาส Eustigmatophyceae ได้แก่ สกุล *Nannochloropsis* (Stockner, 1988)



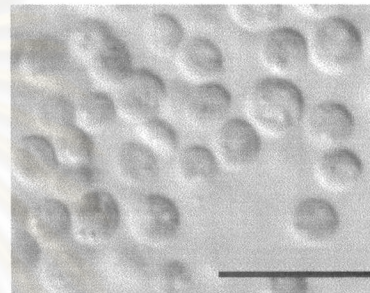
*Pycnococcus* sp.



*Ostreococcus* sp.



*Nannochloris* sp.



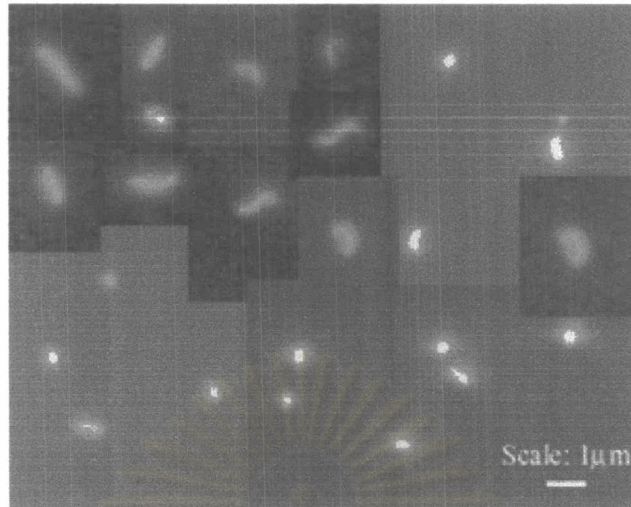
*Nannochloropsis granulata*

### รูปที่ 3

Phototrophic picoplankton (Eukaryotes)

เส้นบอขนานในรูปเท่ากับ 10 ไมโครเมตร (Marine Biotechnology Institute Culture Collection, n. d.)

Heterotrophic picoplankton ประกอบด้วยแบคทีเรียหรือ Bacterioplankton หรือ Heterotrophic bacteria และ โปรโตซัวบางชนิด (Caron *et al.*, 1999) Bacterioplankton ที่พบโดยทั่วไปกลุ่มหลักจะเป็นพวกแกรมลบ (Gram-negative) และ Heterotrophic bacteria ซึ่งดำรงชีพโดยการออกซิเดชันของอินทรีย์สาร (Organic substrate) สำหรับในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนพอเหมาะ จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตโดยการใช้ออกซิเจนของสารอินทรีย์ออกเป็นโมเลกุลซึ่งผ่านกระบวนการหายใจโดยใช้ออกซิเจน และมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วนในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำในมวลน้ำหรือในบริเวณที่มีกิจกรรมของจุลินทรีย์มาก ไนเตรทและซัลเฟตอาจถูกใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนที่โดยผ่านกระบวนการหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งกระบวนการหมัก (Fermentation) จะเป็นกระบวนการที่สำคัญเมื่อออกซิเจนต่ำหรือไม่มีออกซิเจนเลย (Kirchman and Williams, 2000)



รูปที่ 4 Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton ที่ย้อมด้วยสารย้อม DAPI ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ Epifluorescence ช่วงแสงเหนือม่วง เส้นบอกขนาดเท่ากับ 1 ไมโครเมตร (Jochem, n. d.)

สำหรับ Heterotrophic picoplankton ที่เป็น Eukaryotes จะประกอบด้วยกลุ่ม Biocoecid ซึ่งจะเป็น Heterotroph ทั้งหมด เช่น *Symbiomonas scintillans* นอกจากนั้นยังพบว่าพวก Chrysophyceae บางชนิดจะดำรงชีพเป็น Heterotroph ได้แก่ *Picophagus flagellatus* (Guillou *et al.*, 1999a)



(ก)

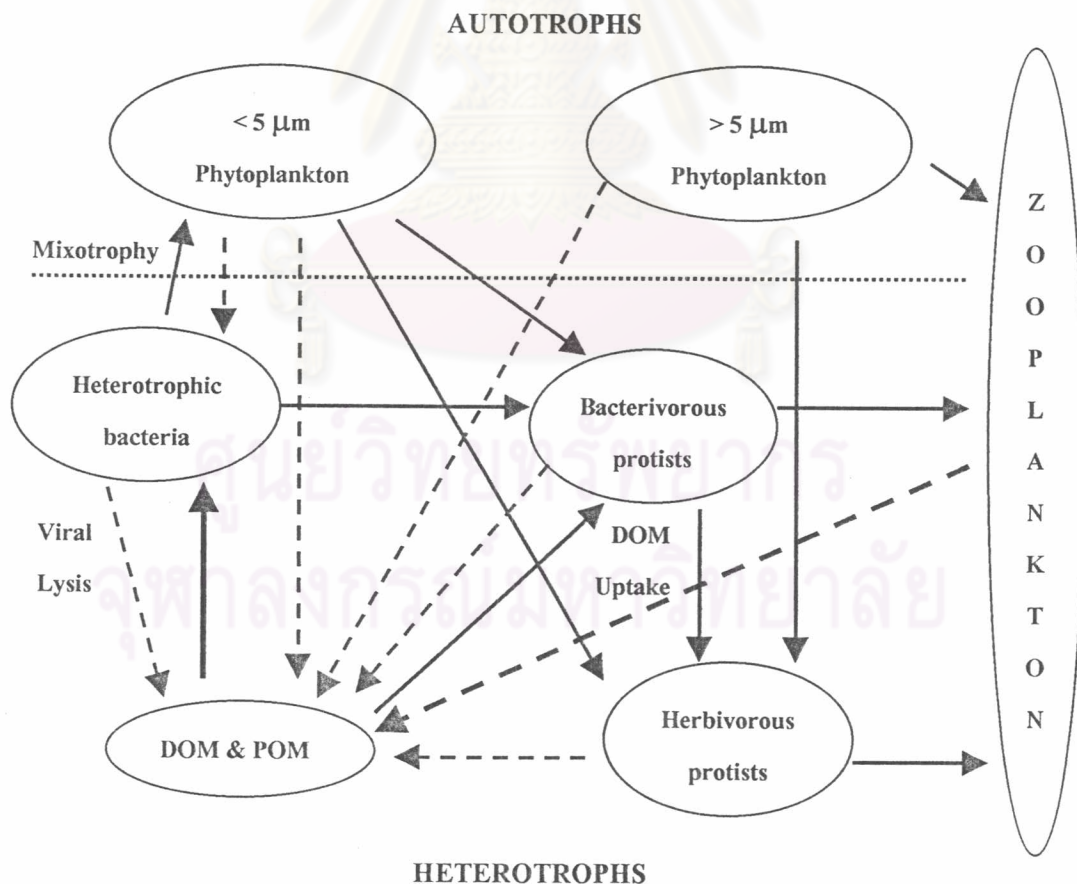
(ข)

รูปที่ 5 Heterotrophic picoplankton (Eukaryotes)  
 ก *Picophagus flagellatus* ข *Symbiomonas scintillans*  
 เส้นบอกขนาดเท่ากับ 1 ไมโครเมตร (Guillou *et al.*, 1999a)



## บทบาทของ Picoplankton ในสายใยอาหาร

Sherr and Sherr (2000) สรุปไว้ว่าใน Microbial food web นั้น Phototrophic picoplankton และนาโนแพลงก์ตอน (ขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร) ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตเช่นเดียวกับแพลงก์ตอนพืชขนาดใหญ่กว่า 5 ไมโครเมตร (ไมโครแพลงก์ตอน) เซลล์แพลงก์ตอนที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร รวมทั้ง Heterotrophic picoplankton โดยในที่นี้แทนด้วย Heterotrophic bacteria ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกกินโดยโปรโตซัว (Bacterivorous protists) เช่น นาโนแฟลกเจลเลตและพวก Ciliate ขนาดเล็ก ส่วน Herbivorous protists ได้แก่ นาโนแฟลกเจลเลตขนาดใหญ่ขึ้นมา เช่น Heterotrophic dinoflagellate และ Ciliate ซึ่งจะกิน Phototrophic picoplankton เป็นอาหาร แพลงก์ตอนสัตว์ไม่ได้กินเฉพาะแพลงก์ตอนพืชขนาดใหญ่ (ไมโครแพลงก์ตอน) เท่านั้นแต่จะกินโปรโตซัวที่กิน Phototrophic picoplankton (Herbivorous protozoa) และโปรโตซัวที่กินแบคทีเรียเป็นอาหารด้วย ส่วน Heterotrophic bacteria นั้นจะเป็นตัวใช้ DOM และ POM ที่ได้จากพืชและสัตว์ และยังเป็นอาหารของ Mixotrophic plankton ด้วย (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 Microbial food web เส้นทึบแสดงเส้นทางของการบริโภคสารอินทรีย์ ; เส้นประแสดงเส้นทางที่สารอินทรีย์ทั้งที่ละลายน้ำ (DOM) และไม่ละลายน้ำ (POM) ถูกปล่อยจากสิ่งมีชีวิต (Sherr and Sherr, 2000)

การศึกษาในทะเลและจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า Picoplankton ถูกกินโดยผู้บริโภคนาโนแพลงก์ตอนซึ่งมีขนาด 2-20 ไมโครเมตร (Caron *et al.*, 1999) เช่น การศึกษาบริเวณ George Bank พบว่าในขณะที่ Picocyanobacteria มีความหนาแน่นสูงสุด ( $10^7$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) นั้น พบ Picocyanobacteria ใน Food vacuole ของ Phagotrophic nanoplankton สองกลุ่มคือ Choanoflagellates และ Dinoflagellates (Johnson *et al.*, 1982 อ้างถึงใน Stockner and Antia, 1986) และในส่วนของ Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton ก็พบความสัมพันธ์ในการทำงานเดียวกันดังเห็นได้จากการศึกษาของ Lovejoy *et al.* (2000) ที่รายงานว่าโครงสร้างประชาคมของนาโนแพลงก์ตอนมีบทบาทหลักในการควบคุมความชุกชุมและกิจกรรมของ Bacterioplankton ในทะเล

Picoplankton อาจถูกกินโดยผู้บริโภคนาโนแพลงก์ตอน (ขนาด 20-200 ไมโครเมตร) ได้ดังรายงานการพบ Picocyanobacteria ทรงกลมในทางเดินอาหารและ Fecal pellets ของทั้ง Copepod น้ำจืดและน้ำเค็มแต่ไม่ถูกย่อยและนำไปใช้ (Stockner, 1988) นอกจากนี้ Roff *et al.* (1995) พบว่าตัวอ่อนระยะนอเพเลียสของ Copepod ในทะเลเขตร้อนอาจเป็นตัวกลางที่สำคัญเชื่อมระหว่าง Microbial food web และ Classical food web ดังเห็นได้จากการศึกษา Planktonic food web ในบริเวณท่าเรือที่มีสภาพน้ำแบบ Eutrophic ออกไปยังบริเวณชายฝั่งตลอดจนถึงบริเวณมหาสมุทรนอกฝั่งประเทศจาไมก้าในหมู่เกาะ West Indies ที่มีสภาพน้ำแบบ Oligotrophic เตรียมตัวอย่างโดยการลากแพลงก์ตอนเน็ตที่มีขนาดรู 64 ไมโครเมตรเพื่อจับตัวอ่อนระยะนอเพเลียสของ Copepod และนำไปจำแนกชนิดหรือการอนุบาลไข่จาก Copepod เต็มวัยที่ทราบชนิด โดยทำการทดลองในเรื่องอัตราการกิน (Feeding rate) อัตราการลอกคราบ (Moulting rate) และอัตราการเติบโต (Growth rate) ซึ่งในส่วนของทดลองอัตราการกินนี้ให้อาหารเป็นแบคทีเรียที่ถูกเคลือบด้วยสารเรืองแสง (Fluorescent - labelled bacteria : FLB) ผลการทดลองพบแบคทีเรียที่ถูกเคลือบด้วยสารเรืองแสงในทางเดินอาหารและใน Fecal pellet ของตัวอ่อนระยะนอเพเลียสของ Copepod 6 สกุล ได้แก่ *Acartia liljeborgi*, *Paracalanus* spp., *Temora stylifera*, *T. turbinata*, *Oncaea* spp., *Undinula vulgaris* และ *Oithona* spp. และจากการทดลองเกี่ยวกับการลอกคราบและอัตราการเติบโตในตัวอ่อนระยะนอเพเลียสของ Copepod พบว่า Oceanic nauplii ต้องการอาหารที่เป็นแบคทีเรียและ Picoplankton ไม่ใช่ นาโนแพลงก์ตอน นอกจากนั้นการศึกษากារกินของไรทะเล *Penilia avirostris* ซึ่งเป็นชนิดที่พบได้ทั่วไปและชุกชุมทั้งบริเวณชายฝั่งตลอดจนบริเวณมหาสมุทรในน่านน้ำประเทศจาไมก้า พบว่าไรทะเลชนิดนี้เป็นผู้บริโภคนาโนแพลงก์ตอนที่สำคัญของแบคทีเรีย โดยหลังจากการทดลองให้อาหารที่เป็นแบคทีเรียที่ถูกเคลือบด้วยสารเรืองแสง (FLB) เพียง 20 นาทีจะพบว่าทางเดินอาหารของไรทะเลนี้จะสว่างคล้ายแสงนีออนเป็นปริมาณมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Gut fluorescence ในไรทะเล *Penilia avirostris* ที่ได้จากอ่าว Trieste (Northern Adriatic Sea) พบว่าทางเดินอาหาร

เต็มไปด้วยนาโนและ Picocyanobacteria (Lipej *et al.*, 1997) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า *Synechococcus* เป็นอาหารของ Ciliate สกุล *Uronema* ซึ่งนำมาใช้เลี้ยงหอยนางรม *Grassostrea gigas* (Le Gall *et al.*, 1997) และตัวอ่อนของ Japanese pearl oyster ชนิด *Pinctada fucata martensii* ขนาด 70-200 ไมโครเมตรกิน Phototrophic picoplankton และ Bacterioplankton เป็นอาหาร (Tomaru *et al.*, 2000) จะเห็นว่านอกจากจะเป็นผู้ผลิตในประชาคมแพลงก์ตอนแล้ว Picoplankton ยังเป็นผู้ผลิตที่สำคัญของประชาคมสัตว์หน้าดินอีกด้วย

นอกจากนั้นพบว่า Macrozooplankton ที่เป็น Mucus net feeder สามารถกินแบคทีเรียและนาโนแพลงก์ตอนได้โดยตรง (Pomeroy, 1974) พวก Mucus net feeder เหล่านี้ได้แก่ Pelagic tunicate (Alldredge and Madin, 1982) เช่น *Oikopleura dioica* (Nakamura *et al.*, 1997) และ Euthecosmatous pteropod ชนิด *Limacina retroversa* ซึ่งสามารถใช้ Mucous-web จับ Picoplankton โดย Mucous aggregates ที่จมลงอย่างรวดเร็วจะมี Picoplankton คิอยู่และถูกกรองจากมวลน้ำโดย Pteropod (Noji *et al.*, 1997) ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ Deibel and Lee (1992) ยังได้แสดงให้เห็นว่า *O. vanhoeffeni* สามารถกินอาหารเทียม Latex microsphere ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6, 1.0 และ 3.0 ไมโครเมตรได้ แสดงถึงความสามารถของ Lavacean กลุ่มนี้ในการกินแพลงก์ตอนขนาดเล็กกลุ่ม Picoplankton

Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton มีศักยภาพที่สำคัญในการเป็นผู้ผลิตมวลชีวภาพ (Ducklow *et al.*, 1986) โดยมวลชีวภาพของแบคทีเรียเป็นองค์ประกอบหลักของคาร์บอนทั้งหมดในจุลินทรีย์และไนโตรเจนในระบบนิเวศของมหาสมุทรที่มีสภาพเป็น Oligotrophic environment (Caron *et al.*, 1999) นอกจากนี้ Bacterioplankton ยังทำหน้าที่เปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งแพลงก์ตอนพืชหรือพืชน้ำสามารถนำส่วนนี้ไปใช้ในการเติบโตได้ จะเห็นได้ว่า Picoplankton เป็นตัวกลางที่สำคัญในการเป็นทางผ่านของสารอาหารและการถ่ายทอดพลังงานทั้งในสายใยอาหารและจาก Microbial loop กลับสู่สายใยอาหาร

ตารางที่ 2 ผู้บริโภค Picoplankton ในบริเวณต่างๆ

สถานที่	Picoplankton	ผู้บริโภค	เอกสารอ้างอิง
ประเทศจาไมก้าทางตอนใต้ -ท่าเรือ Kingston (Eutrophic environment) -ชายฝั่ง Lime Cay ( Mesotrophic neritic) -นอกฝั่งทางเหนือ 1.6 กม. จาก Discovery Bay ( Oligotrophic oceanic)	Fluorescently labelled bacteria: <i>Escherichia coli</i> ( ปริมาตรเซลล์ประมาณ $0.7 \mu\text{m}^3$ )	<i>Acartia liljeborgi</i> <i>Paracalanus</i> spp. , <i>Temora stylifera</i> , <i>T. turbinata</i> , <i>Oncaea</i> spp. , <i>Undinula vulgaris</i> และ <i>Oithona</i> spp. ไรทะเล <i>Penilia avirostris</i>	Roff <i>et al.</i> , 1995
Seto Inland Sea (Eutrophic environment) ประเทศญี่ปุ่น	Picocyanobacteria	Appendicularia ชนิด <i>Oikopleura dioica</i>	Nakamura <i>et al.</i> , 1997
อ่าว Trieste (Northern Adriatic Sea)	Picocyanobacteria	ไรทะเล <i>Penilia avirostris</i>	Lipej <i>et al.</i> , 1997
ทะเลนอร์เวเจียนตอนใต้	น้ำทะเลธรรมชาติที่กรองผ่านแผ่นกรองที่มี ขนาดรู 2.0 ไมโครเมตร	Pteropod ชนิด <i>Limacina retroversa</i> ขนาดตัว กว้างกว่า 1.0 มิลลิเมตร	Noji <i>et al.</i> , 1997
อ่าว Uchiumi ประเทศญี่ปุ่น	Fluorescently labelled bacteria และ Phototrophic picoplankton	ตัวอ่อนของหอยนางรม <i>Pinctada fucata</i> <i>martensii</i> ขนาด 70-200 ไมโครเมตร	Tomaru <i>et al.</i> , 2000
Equatorial Pacific Ocean (Transition zone ระหว่าง Oligotrophic gyre กับ Equatorial upwelling)	<i>Synechococcus</i> sp. , <i>Prochlorococcus</i> sp.	<i>Picophagus flagellatus</i> ขนาดเล็กกว่า 4.0 ไมโครเมตร	Guillou <i>et al.</i> , 2001

## มวลชีวภาพของ Picoplankton

มวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton จากบริเวณชายฝั่งและมหาสมุทรต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารอาหารในน้ำลดลงจากสภาพน้ำแบบ Eutrophic ไปเป็น Oligotrophic water โดยพบว่ามวลชีวภาพมีค่าอยู่ในช่วง 0.05-26.80 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นประมาณร้อยละ 1-90 ของมวลชีวภาพทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืช

ในมหาสมุทรส่วนที่มีสภาพแบบ Oligotrophic environment เช่น ในบริเวณตะวันออกเฉียงของมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อนพบว่า Phototrophic picoplankton ที่มีขนาด 0.2-1.0 ไมโครเมตร มีมวลชีวภาพประมาณ 0.05-1.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 25-90 ของมวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (Li *et al.*, 1983) ส่วนในมหาสมุทรอินเดียในเขตร้อนที่ติดกับบริเวณทะเลจีนใต้และมหาสมุทรแอตแลนติกนั้น มีมวลชีวภาพของ Phototrophic picoplankton ขนาด 0.45-3.0 ไมโครเมตร อยู่ในช่วง 0.07-1.09 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือประมาณร้อยละ 1-44 ของมวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด (Stockner and Antia, 1986)

ในเขตอบอุ่น Berman *et al.* (1984) อ้างถึงใน Stockner and Antia (1986) ศึกษา Phototrophic picoplankton ขนาด 0.2-3.0 ไมโครเมตรในบริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียนที่เป็น Oligotrophic environment พบว่ามีมวลชีวภาพสูงสุดของแพลงก์ตอนขนาดนี้ประมาณ 10.8-14.4 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นประมาณร้อยละ 60-80 ของมวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืช ในบริเวณชายฝั่ง Tada *et al.* (1999) ศึกษาการแพร่กระจายของประชาคมแพลงก์ตอนบริเวณน้ำชายฝั่งโอกินาวาที่มีสภาพเป็น Oligotrophic พบ Phototrophic picoplankton ขนาด 0.2-2.0 ไมโครเมตร มีมวลชีวภาพที่ระดับผิวน้ำ 0.07-0.32 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นประมาณร้อยละ 48 ของมวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืชในระดับผิวน้ำ

ในส่วนของบริเวณที่น้ำมีสภาพแบบ Eutrophic environment ในทะเล Baltic นั้น Larsson and Hagstrom (1982) พบว่า Phototrophic picoplankton ขนาด 0.2-3.0 ไมโครเมตร มีมวลชีวภาพอยู่ในช่วง 6.4-26.8 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นประมาณร้อยละ 10-25 ของมวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืช จะเห็นว่า Phototrophic picoplankton เป็นส่วนสำคัญของผลผลิตปฐมภูมิในหลายๆ ระบบนิเวศผิวน้ำ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 มวลชีวภาพของ Phototrophic picoplankton ในระบบนิเวศทางทะเลบริเวณต่างๆ ทั่วโลก

สถานะด้านสารอาหาร/บริเวณ ศึกษา	ขนาดเซลล์ (ไมโครเมตร)	มวลชีวภาพ (มิลลิกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร)	% มวลชีวภาพของ แพลงก์ตอนพืชทุกขนาด	ที่มา
<b>Oligotrophic environment</b>				
1. Indian Ocean, S. China Sea	0.45-0.8	0.07-0.4	1-39	Saijo and Takesue, 1965 อ้างถึงใน Stockner and Antia, 1986
2. Tropical Pacific Ocean	0.2-1.0	0.05-1.0 <sup>a</sup>	25-90	Li <i>et al.</i> , 1983
3. Equatorial Atlantic	0.45-3.0	0.48	43	Herbland and Le Bouteiller, 1981 อ้างถึงใน Stockner and Antia, 1986
4. Tropical Atlantic	0.4-1.0	1.09 <sup>a</sup>	44	Platt <i>et al.</i> , 1983 อ้างถึงใน Stockner and Antia, 1986
5. Mediterranean Sea	0.2-3.0	10.8-14.4 <sup>a</sup>	60-80	Berman <i>et al.</i> , 1984 อ้างถึงใน Stockner and Antia, 1986
6. Japan, Coastal Water at Okinawa	0.2-2.0	0.07-0.32	48	Tada <i>et al.</i> , 1999
<b>Eutrophic environment</b>				
1. Baltic Sea	0.2-3.0	6.4-26.8	10-25	Larsson and Hagstrom, 1982

<sup>a</sup> Maximum values

Alongi (1998) ได้สรุปงานของ Ducklow and Shiah (1993) ไว้ว่าอัตราส่วนของผลผลิต Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton และความชุกชุมในบริเวณชายฝั่งจะสูงกว่าในบริเวณนอกฝั่ง เนื่องจากชายฝั่งได้รับสารอินทรีย์และมีผลผลิตเบื้องต้นที่สูงกว่า ประกอบกับมีการผสมผสานของมวลน้ำดีกว่าบริเวณไกลฝั่ง ผลผลิตของ Bacterioplankton ที่มีความหนาแน่น  $0.1-38 \times 10^{12}$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร จะมีค่าอยู่ในช่วงกว้างจาก 0.5-803 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมวลชีวภาพของ Bacterioplankton มีค่าอยู่ในช่วง 2-760 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งอัตราการผลิตของ Bacterioplankton อาจสูงกว่าอัตราการผลิตเบื้องต้นของแพลงก์ตอนพืช เมื่อออกไปสู่ทะเลอัตราการผลิตของ Bacterioplankton จะต่ำกว่าอัตราผลผลิตเบื้องต้น ดังนั้นความชุกชุมและผลผลิตของ Bacterioplankton ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างที่มีผลร่วมกันในการควบคุมกิจกรรมและความชุกชุมของ Bacterioplankton ในเชิงพื้นที่และช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

มวลชีวภาพของ Bacterioplankton ที่อยู่เป็นอิสระและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร อาจสูงถึงร้อยละ 20 ของมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณชายฝั่ง (Ducklow *et al.*, 1986) ส่วนในบริเวณเฮสทรีนั้น Healy *et al.* (1988) อ้างถึงใน Robertson and Blaber (1992) ประมาณว่าความหนาแน่นของแบคทีเรียมีค่าระหว่าง  $1-2 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรในมวลน้ำป่าชายเลนบริเวณ Gambia River estuary ในทางตะวันตกของแอฟริกา โดยเป็นเซลล์แบคทีเรียที่อยู่อิสระในมวลน้ำถึงร้อยละ 80 ส่วนที่เหลือจะเป็นแบคทีเรียที่เกาะตามซากหรือสารแขวนลอยในน้ำ ความหนาแน่นของเซลล์ที่ดำรงชีพอิสระในมวลน้ำใกล้เคียงกันในฤดูต่างๆ นอกจากนั้นความหนาแน่นของแบคทีเรียที่อยู่เป็นอิสระจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ *เอ* เพิ่มขึ้น Robertson and Blaber (1992) รายงานว่าในคลองในป่าชายเลนของประเทศออสเตรเลียในช่วงฤดูแล้งมีความหนาแน่นของ Bacterioplankton อยู่ในช่วง  $0.9-3.3 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร (เฉลี่ย  $1.85 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ส่วนบริเวณใกล้ปากอ่าว (ห่างจากคลองประมาณ 3 กิโลเมตร) ความหนาแน่นต่ำลงเล็กน้อยคืออยู่ในช่วง  $0.8-1.2 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร (เฉลี่ย  $1.05 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) มวลคาร์บอนของ Bacterioplankton ในคลองมีค่าเฉลี่ย 52 ไมโครกรัมคาร์บอนต่อลิตร (พิสัย 26-93 ไมโครกรัมคาร์บอนต่อลิตร) และในบริเวณอ่าวด้านนอกมีค่าเฉลี่ย 30 ไมโครกรัมคาร์บอนต่อลิตร (พิสัย 23-34 ไมโครกรัมคาร์บอนต่อลิตร) นอกจากนั้น Torretton (1999) ได้รายงานความหนาแน่นเฉลี่ยของ Bacterioplankton บริเวณ Great Astrolabe Reef lagoon ในฟีจี ว่ามีค่า  $0.77 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความชุกชุมของ Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton ในระบบนิเวศทางทะเลบริเวณต่างๆ

กลุ่ม	ความหนาแน่น (cell ml <sup>-1</sup> )	บริเวณที่ศึกษา	ที่มา
Bacterioplankton	$1-2 \times 10^6$	Gambia River Estuary แอฟริกา	Healy <i>et al.</i> , 1988 อ้างถึงใน Robertson and Blaber, 1992
Bacterioplankton	$1.05-1.80 \times 10^6$	ป่าชายเลนประเทศออสเตรเลีย	Robertson and Blaber, 1992
Bacterioplankton	$0.77 \times 10^6$	Great Astrolabe Reef lagoon ประเทศฟีจี	Torretton, 1999

Shiah *et al.* (1999) รายงานว่าในช่วงฤดูใบไม้ผลิปี ค.ศ. 1996 และ 1997 Bacterioplankton ในบริเวณ Euphotic zone เหนือไหล่ทวีปของทะเลจีนตะวันออกมีมวลชีวภาพตั้งแต่ 4-64 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลูกบาศก์เมตร Pedros-Alio *et al.* (1999) ทำการศึกษามวลชีวภาพและผลผลิตของ Bacterioplankton และแพลงก์ตอนพืชที่บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนในช่วง

ฤดูร้อนซึ่งมีน้ำมีการแยกชั้น พบว่าอัตราส่วนมวลชีวภาพระหว่าง Bacterioplankton กับแพลงก์ตอนพืช ในช่วงฤดูร้อนในบริเวณชายฝั่งมีค่า 0.98 และอีกสองสถานีที่ห่างฝั่งออกไปมีค่า 0.70 ทั้งสองสถานี นอกจากนี้ Roberts *et al.* (1996) ศึกษาความชุกชุม มวลชีวภาพและผลผลิตของ Bacterioplankton ในเชิงความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชใน Levantine Basin ของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนทางตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าความหนาแน่นของ Bacterioplankton อยู่ในช่วง  $0.40-3.90 \times 10^8$  เซลล์ต่อลิตร โดยบริเวณที่ตื้นกว่า 200 เมตร มีมวลชีวภาพของ Bacterioplankton (ค่าเฉลี่ย 603 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร) ประมาณร้อยละ 50 ของมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืช (ค่าเฉลี่ย 1,235 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อตารางเมตร) Turley *et al.* (2000) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตขั้นต้นและ Bacterioplankton ในทะเลที่มีสภาพแบบ Oligotrophic คือทะเลเมดิเตอร์เรเนียน พบว่าในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนทั้งทางตะวันออกและตะวันตกในสภาพที่ผลผลิตเบื้องต้นสูงกว่า 0.8 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันนั้น แหล่งของ DOC ที่สำคัญสำหรับแบคทีเรีย ได้แก่ ผลผลิตเบื้องต้นจากแพลงก์ตอนพืช ทั้งนี้เมื่อผลผลิตเบื้องต้นสูงนั้นประสิทธิภาพในการใช้สารอาหารของ Bacterioplankton จะลดลง นอกจากนี้ผู้ศึกษายังได้รายงานว่า การเคลื่อนที่ของมวลน้ำจากบริเวณที่มีผลผลิตเบื้องต้นสูง ไปยังบริเวณที่มีผลผลิตเบื้องต้นต่ำจะชักนำให้ผลผลิตของ Bacterioplankton ในบริเวณหลังมีค่าสูงขึ้น

#### การศึกษาแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก (Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton) ในประเทศไทย

อิชฌิกา พรหมทอง (2542) ได้ศึกษามวลชีวภาพในรูปคลอโรฟิลล์ *เอ* ของแพลงก์ตอนพืชในบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2540 ถึงเดือนกรกฎาคม 2541 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชทุกขนาดเท่ากับ  $23.45 \pm 4.17$  มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยเป็นปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* รวมของ Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton เฉลี่ยประมาณ 13.786 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 64.86 ของมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* รวมของ Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton ในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง โดยสภาพน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนเป็นแบบ Mesotrophic ในฤดูฝนและ Eutrophic ในฤดูแล้ง และในทำนองเดียวกัน Piumsomboon *et al.* (2003) ได้รายงานว่ามวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในรูปคลอโรฟิลล์ *เอ* ในเดือนเมษายนและตุลาคม 2540 และเดือนเมษายน 2541 บริเวณปากแม่น้ำตาปีและอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าอยู่ในช่วง 2.270-7.610 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* รวมของ Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton สูงกว่า Microphytoplankton ในทั้งทุกสถานีและทุกฤดู ยกเว้นสถานีบริเวณอ่าวบ้านดอนในเดือนตุลาคม 2540 ที่พบว่าปริมาณ



คลอโรฟิลล์ เอ ของ Microphytoplankton มีค่าสูงกว่า Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton เล็กน้อย ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ รวมของ Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton เฉลี่ยตลอดการศึกษามีค่า 3.563 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 70.39 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด และ Munk *et al.* (2002) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ Phototrophic picoplankton ขนาด 0.2-5.0 ไมโครเมตร ในบริเวณนอกเกาะภูเก็ต (7.45.05 N, 97.48.84 E และที่ 7.45.15 N, 98.05.12 E) ในเดือนพฤศจิกายน 2543 มีค่าประมาณ 0.014-0.457 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรคิดเป็นประมาณร้อยละ 48-87 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืช ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 มวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก (Phototrophic picoplankton และ Nanophytoplankton) ในประเทศไทย

บริเวณที่ศึกษา	กลุ่มแพลงก์ตอนพืช (ไมโครเมตร)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (มก. /ลบ. ม.)	% สัดส่วนของ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ	ที่มา
ปากแม่น้ำท่าจีน จ. สมุทรสาคร	0.7-20	13.786	64.86	อิชฌิกา พรหมทอง, 2542
ปากแม่น้ำตาปีและอ่าวบ้านดอน จ. สุราษฎร์ธานี	0.7-20	3.563	70.39	Piumsomboon <i>et al.</i> , 2003
บริเวณนอกเกาะภูเก็ต	0.2-5.0	0.014-0.457	48-87	Munk <i>et al.</i> , 2002

### ปัจจัยที่มีผลต่อการผันแปรของมวลชีวภาพของ Picoplankton

การเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพของ Picoplankton มีปัจจัยแวดล้อมต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนี้

#### อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญของคุณสมบัติทางฟิสิกส์อย่างหนึ่งของสิ่งแวดล้อมทางทะเลซึ่งขึ้นกับสถานะทางฟิสิกส์ เคมี ธรรณีเคมี และชีวภาพหลายอย่าง อุณหภูมิควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้น อุณหภูมิและความเค็มที่เปลี่ยนแปลงรวมกัน

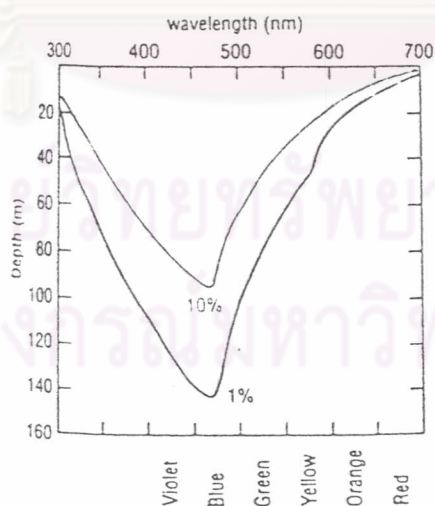
มีผลต่อความหนาแน่นของน้ำทะเลและการเคลื่อนที่ขึ้นลงของมวลน้ำในแนวตั้งพร้อมทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางเคมีและทางชีวภาพภายในมวลน้ำ อุณหภูมิน้ำมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของแก๊สที่ละลายในน้ำทะเลซึ่งรวมถึงออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกี่ยวข้องอย่างมากกับกระบวนการทางชีวภาพ นอกจากนี้อุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยทางกายภาพตัวหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของชนิดของสิ่งมีชีวิตในทะเล (Lalli and Parsons, 1993)

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อผลผลิตของ Phototrophic picoplankton โดยผลผลิตของ Phototrophic picoplankton ในบริเวณ Subtropical (อุณหภูมิสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส) มีค่าสูงกว่าผลผลิตของแพลงก์ตอนขนาดใหญ่ (2-10 และ 10-20 ไมโครเมตร) ทั้งในฤดูร้อนและหนาว ในขณะที่บริเวณ Subarctic (อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส) Phototrophic picoplankton มีผลผลิตเท่ากับหรือน้อยกว่าพวกที่มีขนาดใหญ่ (Shiomoto *et al.*, 1997) และในน้ำเขตร้อนความหนาแน่นของ Phototrophic picoplankton แสดงความแตกต่างระหว่างฤดูน้อยมาก (Waterbury, 1986 อ้างถึงใน Fogg, 1986b) Magazzu and Decembrini (1995) ไม่พบความแตกต่างของความชุกชุมของ Phototrophic picoplankton ในแต่ละฤดูในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนโดยความหนาแน่นเฉลี่ยของ Phototrophic picoplankton มีค่า  $10^7$  เซลล์ต่อลิตร นอกจากนี้การศึกษาของ Shiah *et al.* (1999) เกี่ยวกับอุณหภูมิและสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดต่อผลผลิตของ Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton พบว่าอุณหภูมิมิมีบทบาทสำคัญมากกว่าปริมาณสารอาหารในบริเวณด้านในของไหลทวีปของทะเลจีนตะวันออก อย่างไรก็ตามจากไหลทวีปออกไปจนถึงทะเลเปิดปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำจะมีความสำคัญกว่าอุณหภูมิ ในทะเลไอริชพบว่าจำนวนเซลล์ของ Picocyanobacteria ผันแปรตามอุณหภูมิ คือ ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทุก 2.5 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น (Fogg, 1986a อ้างถึงใน Fogg, 1995) ส่วนความหนาแน่นของ Bacterioplankton นั้นจะไม่แสดงการผันแปรอย่างเด่นชัดเมื่ออุณหภูมิลดลง (Egan and Floodgate, 1985 อ้างถึงใน Fogg, 1995)

แสง

แสงอาทิตย์จำเป็นต่อชีวิตในทะเลเช่นเดียวกับบนแผ่นดิน พลังงานจากแสงอาทิตย์ส่วนที่ต้องลงในทะเลถูกดูดซับโดยพืชที่มีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสง และพลังงานเหล่านี้ถูกใช้ในการเปลี่ยนสารอนินทรีย์ไปเป็นสารประกอบอินทรีย์ บางช่วงความยาวคลื่นของแสงถูกดูดซับโดยโมเลกุลของน้ำและถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนซึ่งส่งผลต่อระบบอุณหภูมิของมหาสมุทร นอกจากนี้แสงในทะเลยังเป็นตัวควบคุมความลึกที่พืชและสัตว์บางชนิดที่สามารถแพร่กระจายได้ การมองเห็นของสัตว์ขึ้นอยู่กับแสง และ Physiological rhythms เช่น การอพยพ และช่วงเวลาผสมพันธุ์อาจถูกกำหนดโดยการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่มีแสง (Lalli and Parsons, 1993)

การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของ Phototrophic picoplankton มีความสัมพันธ์กับแสงที่ส่องลงในมวลน้ำ จากผิวน้ำน้ำลงไปถึงบริเวณส่วนล่างของ Euphotic zone โดยประชากรของ Picocyanobacteria Phototrophic picoeukaryotes และ Prochlorophyte เพิ่มขึ้นตามความลึกที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก Phototrophic picoplankton เหล่านี้มีรงควัตถุที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ทะลุลงสู่ความลึกเหล่านี้ได้ดี (Fogg, 1995) โดยแสงที่ผ่านลงมาในน้ำจะมีทั้งการกระเจิงและถูกดูดซับทำให้ช่วงความยาวคลื่นที่ต่างกันของช่วงแสงที่มองเห็นต้องทะลุลงไปยังระดับความลึกที่ต่างกันต่างกัน (รูปที่ 7) โดยแสงสีแดง (ความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร) จะถูกดูดกลืนอย่างรวดเร็วจะเหลือเพียงร้อยละ 1 ของระดับความเข้มแสงที่ผิวน้ำที่ระดับความลึก 10 เมตร ในน้ำที่ใสมากๆ ในขณะที่แสงสีฟ้า (ความยาวคลื่นประมาณ 450 นาโนเมตร) สามารถส่องทะลุลงไปได้ลึกที่สุด โดยพบความเข้มแสงร้อยละ 1 ของระดับความเข้มแสงที่ผิวน้ำที่ระดับความลึก 150 เมตรในน้ำทะเลที่ใส (Lalli and Parsons, 1993) ดังนั้นจะพบ Picocyanobacteria ซึ่งมีรงควัตถุพวก Phycobiliproteins ซึ่งสามารถดูดซับความยาวคลื่นแสงในช่วง 500-650 นาโนเมตรได้ในระดับลึก (Stockner and Antia, 1986) ส่วน Prochlorophyte จะสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 460-480 (แสงสีฟ้า) เนื่องจากมี Divinyl chlorophyll-*a*-like pigment (Chisholm *et al.*, 1988) ซึ่งรวมถึงการที่มีเซลล์ขนาดเล็กทำให้ใช้เวลาสั้นกว่าในการที่รงควัตถุจะดูดซับ Photon ได้เพียงพอต่อความต้องการในการสร้างพลังงานจากการสังเคราะห์ด้วยแสง (Raven, 1998) ทำให้พบ Phototrophic picoplankton สองกลุ่มนี้ได้หนาแน่นในระดับน้ำลึกกว่ากลุ่มอื่นๆ

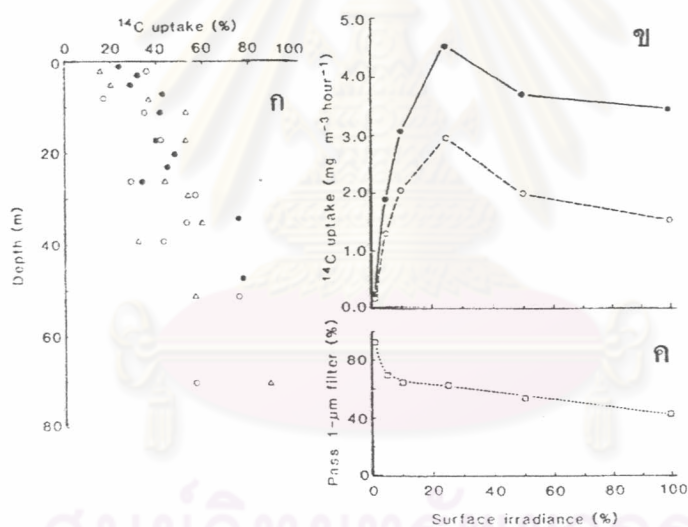


รูปที่ 7

การส่องทะลุของแสงที่มีความยาวคลื่นที่ต่างกันในมหาสมุทรที่น้ำใส

เส้นแสดงความลึกของการส่องทะลุที่ระดับร้อยละ 10 และร้อยละ 1 ของระดับความเข้มแสงที่ผิวน้ำ (Lalli and Parsons, 1993)

การศึกษาของ Li *et al.* (1983) พบว่าการ Uptake ของ  $^{14}\text{C}$  ซึ่งแสดงถึงกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของ Phototrophic picoplankton เพิ่มขึ้นตามความลึก (รูปที่ 8 ก.) และเมื่อนำแพลงก์ตอนจากระดับความลึก 10 เมตรมาศึกษาพบว่าอัตราการตรึง  $^{14}\text{C}$  เข้าไปใช้มีค่าสูงสุดที่ความเข้มแสงประมาณ 20-30 % ของความเข้มแสงที่ผิวน้ำ (รูปที่ 8 ข.) ซึ่งที่ระดับความเข้มแสงต่ำกว่า 50% ของความเข้มแสงที่ผิวน้ำนั้นพบว่าการตรึง  $^{14}\text{C}$  โดย Phototrophic picoplankton (ขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร) นั้นมีค่ามากกว่า 50% และสัดส่วนของการตรึงคาร์บอนโดย Phototrophic picoplankton จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเข้มแสงลดลง (รูปที่ 8 ค.) เนื่องจากเซลล์ขนาดเล็กจะมีสัดส่วนของพื้นที่หน้าตัดสำหรับรับแสงสูงกว่าเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ (Morel and Bricaud, 1981 อ้างถึงใน Li *et al.*, 1983) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการดูดกลืนพลังงานแสงที่มีความเข้มต่ำๆ ในที่ลึก (Li *et al.*, 1983) นอกจากนั้นการปรับตัวของเซลล์ Eukaryotes ขนาดเล็กโดยเคลื่อนที่ในแนวตั้งเพื่ออยู่ในระดับความลึกที่ได้รับแสงพอเหมาะอาจเป็นสาเหตุของความแตกต่างของความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพีชขนาดเล็กในระดับความลึกต่างๆ (Lande *et al.*, 1989 อ้างถึงใน Fogg, 1995 )



รูปที่ 8

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตรึง  $^{14}\text{C}$  กับแสงในน้ำ (ก) ระดับความลึกต่างๆของการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สัมพันธ์กับตั้งแขวนลอยที่ผ่านแผ่นกรองที่มีขนาด 1 ไมโครเมตร วงกลมทึบแสดงผลจากสถานี Costa Rica Dome ( 28 มีนาคม 1981) วงกลมใสและสามเหลี่ยมแสดงผลจากสถานี Biostat , 31 มีนาคมและ 3 เมษายน 1981 ตามลำดับ (ข) แสดงผลกระทบของความเข้มแสงต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนที่แบ่งตามขนาดจาก Costa Rica Dome, โดยวงกลมทึบแทนผลผลิตทั้งหมด วงกลมใสแสดงผลผลิตของที่ผ่านแผ่นกรองขนาด 1 ไมโครเมตร ตัวอย่างจากความลึก 10 เมตร (ค) ผลของการทดลองใน (ข) แสดงเปอร์เซ็นต์ของ Picoplankton  $^{14}\text{C}$  activity ต่อกิจกรรมทั้งหมด (Li *et al.*, 1983)

## ความเค็ม

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มมีความเกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศของโลก ความเค็มบริเวณผิวน้ำน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นโดยการระเหยของน้ำและลดลงเกิดโดยการเพิ่มของปริมาณน้ำจืดที่ผ่านทาง การควบแน่นหรืออยู่ในรูปของฝนหรือหิมะ หรือจากน้ำแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเล (Lalli and Parsons, 1993)

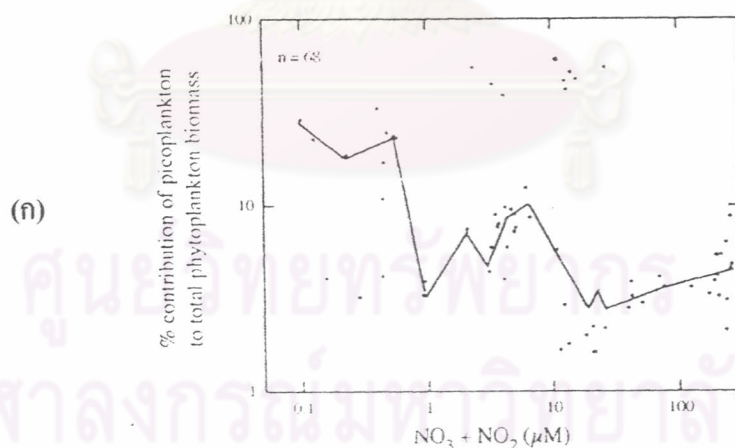
Ning *et al.* (2000) ศึกษาการแปรผันในเชิงพื้นที่และเวลาของ Picocyanobacteria (*Synechococcus* sp.) ในอ่าว San Francisco ซึ่งเป็นเอสตูรีที่มีความเค็มอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0-30 psu และพบว่าความเค็มมีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยกับความชุกชุมของ *Synechococcus* sp. นอกจากนี้ Almeida *et al.* (2001) ศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของ Bacterioplankton น้ำเค็มและ Bacterioplankton น้ำกร่อยใน Tidal estuary ของ Ria de Aveiro ประเทศโปรตุเกส พบ Bacterioplankton ทั้งหมดและ Bacterioplankton ที่มีชีวิต (Active bacteria) ในน้ำกร่อยมีความหนาแน่นสูงกว่าในน้ำเค็มถึง 3 เท่า และสรุปว่าประชากรของ Bacterioplankton ทั้งสอง คือ ประชาคม Bacterioplankton น้ำเค็มที่อยู่ในบริเวณที่มีสารอาหารจำกัดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในระดับความเค็มที่สูง และประชากร Bacterioplankton น้ำกร่อยที่มีสารอาหารอุดมสมบูรณ์ต้องการความเค็มที่ต่ำกว่า 25 psu

## สารอาหาร

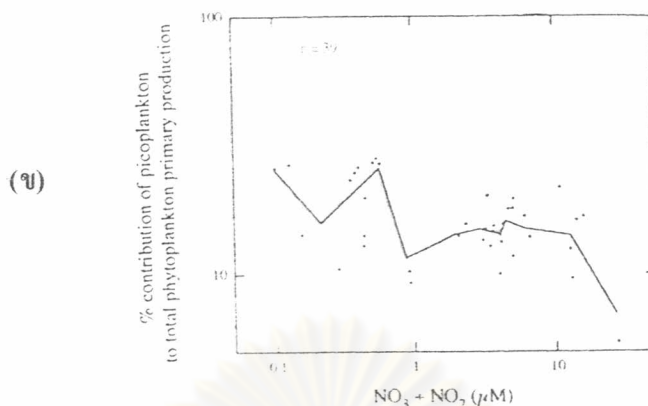
### ไนโตรเจน

Phototrophic picoplankton สามารถใช้ในตรรก แอมโมเนียม และยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนเดี่ยวๆ ในการเติบโต (Stockner, 1988) โดย Stockner and Antia (1986) ได้สรุปเกี่ยวกับการเลือกใช้สารอาหารของ Phototrophic picoplankton ในทางตะวันตกเฉียงใต้ของมหาสมุทรแอตแลนติกและในมหาสมุทรแอนตาร์กติกว่า Phototrophic picoplankton ขนาด  $< 1$  ไมโครเมตรชอบ Reduced nitrogen ในรูปของแอมโมเนียมหรือยูเรียมากกว่าไนโตรเจนรูปอื่น และในการศึกษาเดียวกันนี้พบว่าในบริเวณที่แตกต่างกันอัตราส่วนของการดูดซึมไนโตรเจนของ Phototrophic picoplankton ต่อประชากรแพลงก์ตอนทั้งหมดแตกต่างกันด้วย นอกจากนี้ Picocyanobacteria สามารถใช้ Phycocyanin ของตัวเองเป็นแหล่งไนโตรเจนสำรองภายใต้สภาวะไม่มีไนโตรเจนได้ (Neilson and Larsson, 1980 อ้างถึงใน Stockner, 1988)

Larsson and Hagstrom (1982) ได้รายงานว่ามวลชีวภาพของ Phototrophic picoplankton มีค่าประมาณร้อยละ 25 ของมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในสถานีใกล้ทะเล Baltic ที่น้ำสะอาด แต่มีค่าเพียงร้อยละ 10 ในสถานีที่มีสภาพเป็น Eutrophic และได้รับน้ำทิ้งจากชุมชน Ning *et al.* (2000) รายงานว่าในบริเวณอ่าว San Francisco ในช่วงฤดูร้อนถึงฤดูใบไม้ร่วงซึ่งไม่มีการ Bloom ของแพลงก์ตอนพืชพบสัดส่วนมวลชีวภาพเฉลี่ยในรูปคลอโรฟิลล์ เอ ของ *Synechococcus* sp. เป็นร้อยละ 15 ของมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด และลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2 ในช่วงฤดูใบไม้ผลิซึ่งมีการ Bloom ของแพลงก์ตอนพืชขนาดใหญ่สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าความสำคัญของ Picocyaobacteria จะค่อยๆเพิ่มความสำคัญขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารอาหารค่อยๆลดลง นอกจากนั้น Agawin *et al.* (2000) รายงานว่ามวลชีวภาพของ Phototrophic picoplankton มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในน้ำที่สารอาหาร  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  น้อยกว่า 1 ไมโครโมลต่อลิตร และในบริเวณที่มีสารอาหารอุดมสมบูรณ์มวลชีวภาพจะคงที่หรือลดต่ำลง และพบว่าสัดส่วนของมวลชีวภาพและผลผลิตเบื้องต้นของ Phototrophic picoplankton ต่อแพลงก์ตอนพืชรวมมีค่าลดลงเมื่อปริมาณสารอาหาร  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  เพิ่มขึ้น (รูปที่ 9) ทั้งนี้ผู้เขียนได้สรุปว่าในสภาพที่สารอาหารจำกัดนั้น Phototrophic picoplankton จะสามารถดูดซึมและใช้สารอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเซลล์ขนาดใหญ่ ประกอบกับความสามารถในการเคลื่อนที่และใช้พลังงานแสงในเซลล์ขนาดเล็กจะมีประสิทธิภาพดีกว่าขนาดใหญ่จึงทำให้ผลผลิตเบื้องต้นสูง



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและมวลชีวภาพของ Phototrophic picoplankton กับสารอาหาร  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  (ก) สัดส่วนของ Phototrophic picoplankton ต่อมวลชีวภาพทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืช (ข) สัดส่วนของ Phototrophic picoplankton ต่อผลผลิตทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืชและความเข้มข้นของ  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  (ไมโครโมลต่อลิตร) ในน้ำที่แตกต่างกัน (Agawin *et al.*, 2000)



รูปที่ 9 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและมวลชีวภาพของ Phototrophic picoplankton กับสารอาหาร  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  (ก) สัดส่วนของ Phototrophic picoplankton ต่อมวลชีวภาพทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืช (ข) สัดส่วนของ Phototrophic picoplankton ต่อผลผลิตทั้งหมดของแพลงก์ตอนพืช และความเข้มข้นของ  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$  (ไมโครโมลต่อลิตร) ในน้ำที่แตกต่างกัน (Agawin *et al.*, 2000)

ส่วน Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton สามารถนำสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่หลากหลายไปใช้สำหรับการเจริญเติบโต รวมไปถึงกรดอะมิโนที่ละลายในน้ำ กรดนิวคลีอิก และแอมโมเนียมไอออน ( $\text{NH}_4^+$ ) ทั้งนี้แหล่งที่มาของสารอาหารของ Bacterioplankton ได้แก่ สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (Dissolved organic matter, DOM) ซึ่งมากกว่าร้อยละ 50 ได้มาจากผลผลิตการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและถูกปล่อยออกมาในรูปแบบ DOM และเป็นแหล่งอาหารของ Bacterioplankton (Ducklow and Carlson, 1992 อ้างถึงใน Kirchman, 2000) ในทางกลับกัน Bacterioplankton ก็ถูกกินโดยไวรัส โปรโตซัว และ Metazoan grazers ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงของผลผลิตของ DOM ไปยังสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ที่ดำรงชีพแบบล่าเหยื่อ แหล่งผลิต DOM ในทะเล ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชที่ปล่อยสารอินทรีย์คาร์บอนออกมาโดยผ่านกระบวนการ Exudation นอกจากนี้ DOM บางส่วนจะมาจากสิ่งมีชีวิตอื่นในสายใยอาหาร เช่น โปรโตซัวสามารถปล่อยร้อยละ 16-37 ของอินทรีย์คาร์บอนของเหยื่อที่กินออกมาในรูปแบบ DOC (Strom *et al.*, 1997) การปล่อยสาร DOM ของแพลงก์ตอนสัตว์เกิดจากกระบวนการ 4 อย่าง คือ การกินอาหารแบบ Sloppy feeding การขับถ่าย (Excretion) การกิน (Egestion) และการซึมออกจาก Fecal pellet นอกจากนี้ การติดไวรัสของแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรีย อาจส่งผลให้มีการปล่อย DOM ออกมาด้วย (Weinbauer and Peduzzi, 1995 อ้างถึงใน Kirchman, 2000)

### ฟอสฟอรัสและสารอาหารปริมาณน้อย

Thingstad *et al.* (1998) สรุปว่าฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารจำกัดของ Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton ในทางตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดย Heterotrophic bacteria มีการตอบสนองโดยเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วหลังจากการเติมฟอสเฟตในน้ำที่ปราศจากผู้ล่า

นอกจากนั้นความเข้มข้นของโลหะหนักยังมีผลต่อความชุกชุมของ Phototrophic picoplankton กลุ่มต่างๆไม่เท่ากัน โดยจากการศึกษา Standing stock และพลวัตของ Phototrophic picoplankton ใน Thau Lagoon (northwest Mediterranean coast) ของ Vaquer *et al.* (1996) พบว่า Phototrophic picoeukaryotes มีความหนาแน่นสูงกว่า Phototrophic picoprokaryotes ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินบริเวณ Thau Lagoon ที่พบว่ามีค่าความเข้มข้นของทองแดงสูงถึง 100 ไมโครกรัมต่อกรัม ในทางตะวันออกเฉียงเหนือของ Lagoon (Pena, 1989 อ้างถึงใน Vaquer *et al.*, 1996) และ Cyanobacteria มีความอ่อนไหวต่อทองแดงสูงถึง 10 เท่าของ Eukaryotic algae (Brand *et al.*, 1986 อ้างถึงใน Vaquer *et al.*, 1996)

Agawin *et al.* (2000) พบว่าการที่ความหนาแน่นของ Phototrophic picoplankton ต่อแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดลดลงในบริเวณที่มีปริมาณธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ในเขตร้อน มีสาเหตุมาจากการควบคุมจากผู้ล่า (Top-down control) คือมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการล่าของผู้ล่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sanders *et al.* (2000) ที่พบว่า Absolute grazing rate (เซลล์ทั้งหมดของ Picoplankton ที่หายไปต่อวัน) ในบริเวณ George Bank ซึ่งมีสภาพเป็น Eutrophic มีค่าสูงกว่าที่พบในทะเล Sargasso (ระบบนิเวศมหาสมุทรที่มีสภาพแบบ Oligotrophic) เนื่องจากความชุกชุมของทั้งผู้ล่าและเหยื่อในบริเวณชายฝั่งสูงกว่ากลางมหาสมุทร Metzler *et al.* (2000) รายงานว่ามวลชีวภาพและผลผลิตของ Picoplankton ในบริเวณมหาสมุทรและชายฝั่งของบราซิลถูกควบคุมโดยปัจจัยที่แตกต่างกัน โดยบริเวณมหาสมุทรจะเป็นแบบ “Bottom-up control” โดยสารอาหาร ( $\text{NH}_4^+$ ) มีความสำคัญมากกว่าผู้ล่าซึ่งตรงข้ามกับในชายฝั่ง

Fogg (1995) รายงานว่าความหนาแน่นของประชากรของทั้ง Phototrophic picoplankton และ Heterotrophic picoplankton จะเพิ่ม 10 เท่าจากมวลน้ำที่มีสภาพ Oligotrophic ผู้ Moderately Eutrophic และได้สรุปจากงานของ Takahashi *et al.* (1982) ว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไนเตรทจะทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนพืชขนาดใหญ่กว่า 3-30 ไมโครเมตร เนื่องจาก Microphytoplankton ต้องการไนเตรทในระดับที่สูงกว่าระดับที่ Ultraplankton (ขนาด <10 ไมโครเมตร) ใช้ และเนื่องจากแพลงก์ตอนสัตว์ที่ล่าไมโครแพลงก์ตอนมีขนาดใหญ่กว่า



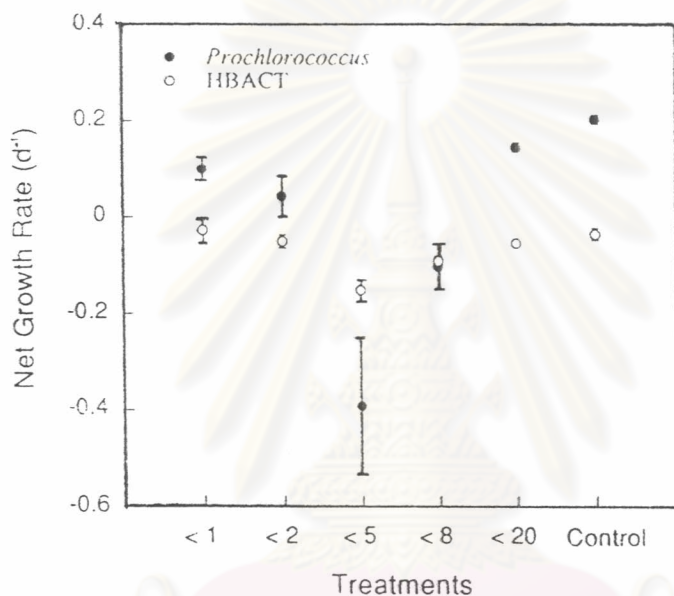
Phagotrophic flagellate และ Ciliate จึงมี Generation time ยาวกว่าโปรโตซัวทั้งสองกลุ่ม ดังนั้นระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนประชากรของแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นผู้ล่าจะช้ากว่าแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กทำให้ไม่เห็นการเพิ่มจำนวนในทันทีทำให้ประชากร Microphytoplankton จะไม่ลดลงอย่างรวดเร็วเหมือนในกรณีของ Phototrophic picoplankton มีผลให้ความหนาแน่นประชากร Microphytoplankton อาจสูงถึง  $10^7$  เท่าได้ และสัดส่วนของผลผลิตของ Phototrophic picoplankton ต่อผลผลิตทั้งหมดของคาร์บอนของบริเวณชายฝั่งที่มีสภาพแบบ Mesotrophic มีค่าประมาณร้อยละ 2-25 ซึ่งต่ำกว่ามหาสมุทรเปิดที่มีสภาพแบบ Oligotrophic ที่มีผลผลิตของ Phototrophic picoplankton ร้อยละ 50-80 ของผลผลิตทั้งหมด (Stockner and Antia, 1986)

### ผู้บริโภคนในห่วงโซ่อาหาร

การเปลี่ยนแปลงของความชุกชุมของ Picoplankton จะถูกควบคุมใน 2 ลักษณะ คือ Bottom-up control ซึ่งจะเกิดขึ้นในสภาพ Oligotrophic environment โดยปริมาณสารอาหารที่มีน้อยเป็นปัจจัยจำกัดในการเติบโตและการเพิ่มความชุกชุมของ Picoplankton ในบริเวณนั้น ในขณะที่ผู้ล่าในบริเวณนี้จะมีปริมาณน้อยทำให้ผลกระทบต่อความชุกชุมของ Picoplankton น้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัด ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีพจึงเรียกลักษณะนี้ว่า Bottom-up control ส่วน Top-down control จะมีลักษณะที่ตรงข้ามกัน โดยในสภาวะแวดล้อมที่สารอาหารอุดมสมบูรณ์ (Eutrophic environment) ประชาคม Picoplankton จะเติบโตได้เต็มที่สารอาหารไม่ได้เป็นปัจจัยจำกัดอีกต่อไป ความชุกชุมของ Picoplankton จะถูกควบคุมโดยผู้ล่าในบริเวณนี้ที่มีความชุกชุมสูงแทน ประชากรของผู้ล่าจะอยู่ในตำแหน่งด้านบนของปิรามิดห่วงโซ่อาหารทำให้เป็นการควบคุมจากด้านบน จึงเรียกเป็น Top-down control

อิทธิพลของผู้บริโภคนในห่วงโซ่อาหารจะปรากฏทั้งด้านบวกและด้านลบ กล่าวคือการล่าเหยื่อของผู้บริโภคนจะมีผลให้มวลชีวภาพของ Picoplankton ลดลง ในทางตรงกันข้ามการกินก็มีผลต่อการผลิตของ DOM ซึ่งเป็น Substrate ที่กระตุ้นผลผลิตของ Picoplankton ได้เช่นกันดังจะเห็นได้จากงานของ Metzler *et al.* (2000) ที่รายงานว่ามวลชีวภาพและผลผลิตของ Picoplankton ในบริเวณชายฝั่งของบราซิลถูกควบคุมโดยผู้ล่าและสอดคล้องกับ Choi *et al.* (2001) ที่ศึกษาพลวัตในเชิงเวลาสั้นๆ และในเชิงพื้นที่ของ Bacterioplankton ในทะเล Caribbean ใกล้ Barbados พบว่าการล่าเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพของแบคทีเรียรายวันหายไปและกระบวนการ Top-down control เป็นกระบวนการที่ควบคุมพลวัตของ Bacterioplankton มากกว่ากระบวนการ Bottom-up control นอกจากนี้การศึกษานักของ Nakamura *et al.* (1997) พบว่า *Oikopleura dioica* มีความชุกชุมและมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากที่มีการ Bloom ของ Phototrophic picoplankton โดยการกินประชากร Phototrophic picoplankton

การควบคุมประชากรของ Picoplankton โดยผู้ล่า นั้นจะเห็นได้ชัดเจนจากการศึกษาของ Calbet and Landry (1999) ซึ่งรายงานว่า Heterotrophic nanoplankton ขนาด < 5 ไมโครเมตร มีบทบาทในการเป็นผู้ล่าที่สำคัญของ *Prochlorococcus* และ Heterotrophic bacteria (HBACT) และประชากรของ Nanoheterotroph ขนาด < 5 ไมโครเมตร นี้จะถูกควบคุมโดย Nanoheterotroph ขนาด 5-20 ไมโครเมตร โดยขนาดของผู้ล่าต่อเหยื่อในกรณีของ Flagellate กับ Picoplankton จะมีสัดส่วนประมาณ 3 ถึง 4 เท่า (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 อิทธิพลของโปรโตซัวขนาดต่างๆ ต่ออัตราการเติบโตสุทธิของ HBACT และ *Prochlorococcus* ในบริเวณ Subtropical North Pacific โดย Treatment และตัวอย่างน้ำกรองผ่านกระดาษกรองโพลีคาร์บอนเนตที่มีขนาดตา 1 ถึง 20 ไมโครเมตร ก่อนทดลอง; Control = ตัวอย่างที่ไม่ได้กรอง ซึ่งแถบในแนวตั้งแสดง Standard error ของตัวอย่าง 4 ซ้ำ (Calbet and Landry, 1999)

Guillou *et al.* (2001) พบว่า *Picophagus flagellatus* เป็นผู้ล่าที่สามารถลดความเข้มข้นของเหยื่อ *Prochlorococcus* และ *Synechococcus* ได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่า *P. flagellatus* ส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 80) มีขนาดเซลล์ที่สามารถผ่านแผ่นกรองที่มีขนาดตา 2 ไมโครเมตรได้ ดังนั้นสำหรับการทดลองภาคสนามที่ต้องการแยกผู้ล่าออกจากเหยื่อควรคำนึงถึงผู้ล่าที่มีขนาดเล็กนี้ด้วย สำหรับ Calbet and Landry (1999) ได้รายงานว่า Mesozooplankton มีบทบาทในการสร้างประชากรของ HBACT โดยการล่าเหยื่อของ Mesozooplankton จะไปลดจำนวนผู้ล่าของ HBACT และก่อให้เกิดการปล่อยสารอินทรีย์ซึ่งช่วยสนับสนุนการเติบโตของ HBACT นอกจากนี้ไวรัสก็

มีอิทธิพลต่อมวลชีวภาพของ Picoplankton โดย Fuhrman and Noble (1995) รายงานว่าการตายของแบคทีเรียใน Mesocosm เกิดจากโปรโตซัวและไวรัสเท่าๆกัน

โครงสร้างประชากรของ Picoplankton ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับพลวัตภายในของประชาคมแพลงก์ตอนมากกว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวกับกลไกการเติบโตและความสัมพันธ์ในเรื่องของการกินของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ร่วมกัน ทั้งนี้ Heterotrophic picoplankton กลุ่ม Bacterioplankton และ Phototrophic picoplankton มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า (Doubling time) ประมาณ 12-16 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนผู้ล่าที่สำคัญของทั้งสองชนิดนี้เช่น Phagotrophic flagellate และ Ciliate มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่าที่ประมาณ 24 ชั่วโมง พวก Autotroph ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงกลางคืน ทำให้อัตราการเติบโตของผู้ล่าและเหยื่อมีประสิทธิภาพเท่ากัน ดังนั้นการตอบสนองอย่างรวดเร็วของผู้ล่าต่อการเพิ่มขึ้นของเหยื่อจะเข้าสู่สมดุลอย่างรวดเร็ว (Sheldon *et al.*, 1992 อ้างถึงใน Fogg, 1995)



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย