



دانشگاه گیلان
۱۳۵۳_۱۹۷۴

چاپ اول

مقدمه‌ای بر فیتوپلانکتون‌ها

تنوع و اکولوژی

تألیف:

روما پال

آویک کومار چودهاری

ترجمه:

دکتر اکرم سادات نعیمی

استادیار دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان

دکتر نرگس جواد زاده پورشالکوهی

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

اداره چاپ و انتشارات دانشگاه گیلان



مقدمه‌ای بر فیتوپلانکتون‌ها
تنوع و اکولوژی

ترجمه: دکتر اکرم سادات نعیمی، دکتر نرگس جواد زاده پورشالکوهی
روما پال، آویک کومار چودهاری

An Introduction to Phytoplanktons Diversity and Ecology

by:

Ruma Pal

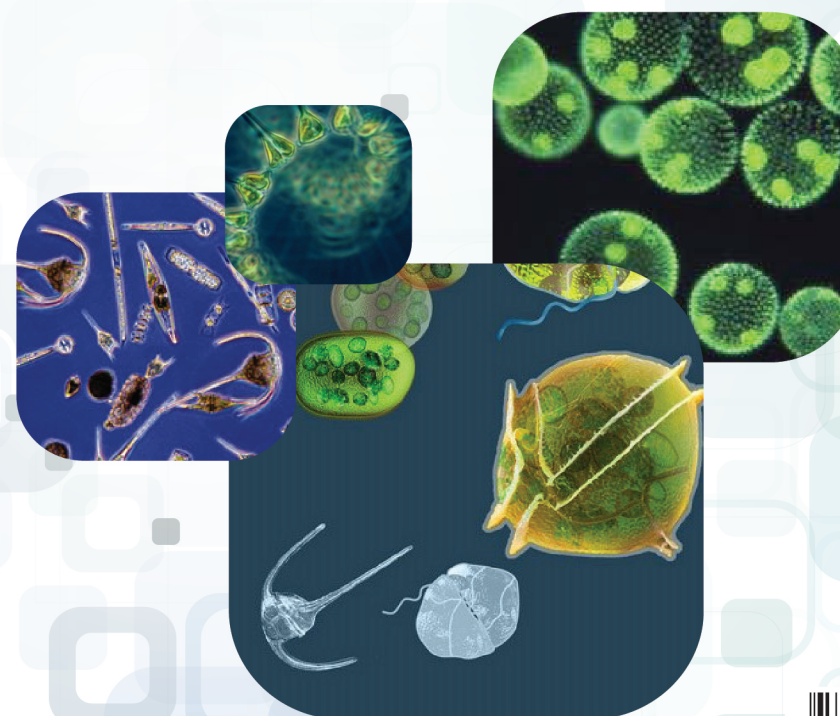
Avik Kumar Choudhury

Translated by:

Akram Sadat Naeemi, ph. D

Narges Javadzadeh Pourshalkohi, ph. D

University of Guilan Press



9 786001 532115

ISBN: 978-600-153-211-5



مقدمه‌ای بر فیتوپلانتون‌ها تنوع و اکولوژی

تألیف

روما پال

آویک کومار چودهاری

ترجمه

دکتر اکرم سادات نعیمی

استادیار دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان

دکتر نرگس جواد زاده پورشالکوهی

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

انتشارات دانشگاه گیلان

۱۳۹۸



شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۵۳-۲۱۱-۵

سرشناسه	: پال، روما، ۱۹۴۱-م. Pal, Ruma, ۱۹۴۱-
عنوان و نام پدیدآور	: مقدمه‌ای بر فیتوپلانکتون‌ها: تنوع و اکولوژی/ مولفین روما پال، آویک‌کومار چودهاری؛ مترجمین اکرم سادات نعیمی، نرگس جوادزاده پورشالکوهی؛ ویراستار علمی اکبر نورستنه‌نیا.
مشخصات نشر	: رشت: دانشگاه گیلان، انتشارات، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۳۰۶ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی).
شابک	: 978-600-153-211-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: An introduction to phytoplanktons : diversity and ecology, [2014].
یادداشت	: واژه‌نامه.
موضوع	: پلانکتون‌های گیاهی -- جمعیت -- جنبه‌های زیست‌محیطی
موضوع	: Phytoplankton populations -- Environmental aspects
موضوع	: پلانکتونهای گیاهی -- بوم‌شناسی
موضوع	: Phytoplankton -- Ecology
شناسه افزوده	: چودهاری، آویک کومار
شناسه افزوده	: Choudhury, Avik Kumar
شناسه افزوده	: نعیمی، اکرم‌سادات، ۱۳۶۰-، مترجم
شناسه افزوده	: جوادزاده، نرگس، ۱۳۵۷-، مترجم
شناسه افزوده	: نورستنه‌نیا، اکبر، ۱۳۴۴-، ویراستار
شناسه افزوده	: دانشگاه گیلان. انتشارات
رده بندی کنگره	: QK۹۳۳
رده بندی دیویی	: ۵۷۹/۸۱۷۷۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۸۳۵۴۸۷

اداره چاپ و انتشارات دانشگاه گیلان

نام کتاب	: مقدمه‌ای بر فیتوپلانکتون‌ها: تنوع و اکولوژی
مولفان	: روما پال، آویک کومار چودهاری
مترجمان	: دکتر اکرم سادات نعیمی، دکتر نرگس جواد زاده پور شالکوهی
ویراستار علمی	: دکتر اکبر نورسته نیا
ویراستار ادبی	: فرشته گلچین راد
نوبت چاپ	: اول، ۱۳۹۸
ناشر	: انتشارات دانشگاه گیلان
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ریال
* هر گونه چاپ و تکثیر فقط در اختیار انتشارات دانشگاه گیلان است.*	

کتاب پیش رو با عنوان *An introduction to phytoplanktons: diversity and ecology* از جمله کتابهای به روز در زمینه اکولوژی فیتوپلانکتون‌هاست که توسط دکتر روما پال (Ruma Pal) و دکتر آویک کومار چودهاری (Avik Kumar Choudhury) تألیف شده و توسط انتشارات Springer در سال 2014 به چاپ رسیده است. نسخه ترجمه شده این کتاب همانند نسخه اصلی آن در پنج فصل ارائه شده است. فصل اول حاوی مطالب کلی در مورد فیتوپلانکتون‌هاست که شامل طبقه‌بندی و رده بندی فیتوپلانکتون‌ها، کلیدهای شناسایی و همچنین مطالبی در مورد اکولوژی آنها می باشد. فصل دوم به خصوصیات محیط های فیزیکی و شیمیایی فیتوپلانکتون‌ها و فصل سوم به میحث تولید اولیه می پردازد. در فصل چهارم روش‌های نمونه‌برداری، شاخص‌های تنوع گونه ای و روش های تجزیه و تحلیل و آنالیز آماری داده ها توضیح داده شده است. همچنین مطالعات موردی مربوط به نواحی مدیترانه ای و معرفی جنس های ثبت شده در آن منطقه در فصلی جداگانه ارائه گردیده است. مطالب این کتاب علاوه بر پوشش قسمتی از محتوای آموزشی برخی دروس دانشگاهی از جمله پلانکتون‌شناسی، جلبک‌شناسی و اکولوژی، می تواند برای کلیه اساتید، محققین و دانشجویان علاقه مند در زمینه فیتوپلانکتون‌ها و اکولوژی آنها مورد استفاده قرار گیرد. در ترجمه این کتاب سعی شده است تا حد امکان اصطلاحات علمی با معادل‌های فارسی جایگزین گردد تا به درک بهتر مطالب کمک شود، با اینحال در مورد برخی لغات، این جایگزینی میسر نگردید و لذا کلمه به همان صورت اصلی به‌کار رفته است. بدیهی است که نارسایی ها و نواقصی در متن ترجمه وجود خواهد داشت که از خوانندگان محترم انتظار می رود که ما را از نظرات و پیشنهادات سازنده خود مطلع سازند. در پایان، از راهنمایی‌های استاد گرانقدر آقای دکتر اکبر نورسته نیا که به عنوان ویراستار علمی این کتاب قبول زحمت نمودند، بسیار تشکر و قدردانی می‌نمائیم. همچنین از دانشجویان دکترای زیست‌شناسی دریا دانشگاه گیلان خانم‌ها فاطمه جعفری و مریم محجوبیان بابت همکاری در ویرایش نگارشی این کتاب سپاسگزاری می کنیم. این کتاب را به تمام دانشجویان، محققین، اساتید و زحمت‌کشان این مرز و بوم که در راه آبادانی و سرافرازی کشورمان تلاش می‌کنند، تقدیم می کنیم.

اکرم سادات نعیمی

نرگس جوادزاده

آذر 1398

اجتماع فیتوپلانکتون‌ها در محیط‌های آبی از پایه و اساس زنجیره غذایی طبیعی حمایت می‌کنند و جانداران از جمله جمعیت‌های ماهیان، وابسته به آن‌ها می‌توانند زنده مانده و امکان بقا داشته باشند. در عین حال فیتوپلانکتون‌ها تقریباً 70% از اکسیژن اتمسفر جهان را تولید می‌کنند. از طرف دیگر، تولید و تکثیر افراطی فیتوپلانکتون‌ها در محیط‌های آبی باعث ایجاد مسائل عمده‌ای مثل مسمومیت ماهی‌ها و زوال کیفیت آب در کنترل آب آشامیدنی، استخرهای شنا و سایر تفریحات آبی می‌شود. بنابراین ضرورت بالای مطالعه عوامل مختلف کنترل رشد فیتوپلانکتون‌ها یا سایر موارد موجود در اکولوژی فیتوپلانکتونی احساس می‌شود. جنس‌های میکروسکوپی فیتوپلانکتونی در گروه‌های جلبکی مختلفی مثل *Euglenophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanobacteria* و *Prymnesiophyta* و غیره قرار می‌گیرند. بنابراین شناسایی جنس‌های پلانکتونی نیازمند داشتن دانش کافی در علم طبقه‌بندی جلبک‌ها است. امروزه علم طبقه‌بندی جلبک‌ها، نسبت به طبقه‌بندی بر اساس ریخت‌شناسی که در گذشته وجود داشت، بیشتر بر اساس ویژگی‌های مختلفی مثل فراساختار¹ کلروپلاست جلبک‌ها و تاژک‌ها، بیوشیمی سلولی، ویژگی‌های مولکولی و غیره می‌باشد. با پیدایش دستگاه‌های پیچیده مختلفی مثل HPLC²، HPTLC³، AFM⁴، SEM⁵، TEM⁶ و غیره، تغییر در طبقه‌بندی جلبک‌ها تبدیل به یک پدیده عادی شده است. به این دلیل، تلاش شده است تا پیرامون تغییرات طبقه‌بندی جلبک‌ها در طول زمان، بحث شود. ترکیب رنگی‌های موجود در جلبک‌ها امروزه ویژگی مهمی برای طبقه‌بندی فرمانرو جلبک‌ها، به‌ویژه فیتوپلانکتون‌های دریایی محسوب می‌شود. بنابراین، در این متن تلاش می‌شود تا در مورد ترکیب رنگی‌های گروه‌های مختلف جلبک‌ها به تفصیل بحث شود. برای ارتباط دادن تکثیر فیتوپلانکتونی با عوامل فیزیک و شیمیایی مختلف، روش‌های آماری مختلفی جهت آنالیز داده‌ها به‌کار گرفته شده است که بر اساس آن مدل‌های اکولوژیکی متفاوتی پیشنهاد شده است. برای مطالعه تنوع فیتوپلانکتونی و اکولوژی آن‌ها، نمونه‌برداری عامل مهمی

1. Ultrastructure ریزساختار

2. کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا

3. کروماتوگرافی لایه نازک با کارایی بالا

4. میکروسکپ نیروی اتمی

5. میکروسکپ الکترونی نگاره

6. میکروسکپ الکترونی گذاره

جهت دستیابی به نتایج واقعی است. روش‌های مختلف نمونه‌برداری در این متن بیان می‌شود. اکولوژی فیتوپلانکتونی علم پیچیده‌ای است که شامل برهمکنش‌های بین چرخهٔ بیوژئوشیمیایی و عوامل محیطی است. همان‌طور که توسط رینولدز^۱ اکولوژیست مشهور حوزهٔ فیتوپلانکتون‌ها بیان شده است، این پدیده را می‌توان به‌وسیلهٔ پرسش ساده‌ای توضیح داد «کدام جاندار کجا زندگی می‌کند و چرا؟» به‌طور کلی به ندرت کتاب‌هایی دربارهٔ ارتباط فیتوپلانکتون‌ها با تنوع و اکولوژی‌شان برای دانشجویان و پژوهشگران وجود دارد که خود نیز در طول 20 سال گذشته طی کارهای پژوهشی‌ام در مورد اکولوژی فیتوپلانکتونی شاهد این نقصان بوده‌ام. بنابراین کتابی که در پیش رو دارید برای دانشجویان و پژوهشگران عرصهٔ فیتوپلانکتون مفید خواهد بود. سعی بر این بوده است تا گزارشی کلی دربارهٔ فیتوپلانکتون‌ها، محیط‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها، روش‌های نمونه‌برداری و آنالیز آماری داده‌ها به همراه مطالعات مشابهی که بر روی فیتوپلانکتون‌ها انجام شده است، تهیه و تنظیم شود. نتایج مطالعات موردی حاصل کارهای دکترای یکی از دانشجویانم به نام دکتر آویک کومار چودھاری^۲ و یافته‌های پژوهشی سایر دانشجویانم به نام‌های سری نیروپام بارمن^۳، سری گور کوپال ساتپاتی و خانم آنیندیتا سینگا روی^۴ است. تصورم بر این است که این کتاب به دانشجویان رشته‌های گیاه‌شناسی، جانورشناسی، میکروبیولوژی و محیط زیست و همچنین پژوهشگران در زمینه پلانکتون کمک کند.

روما پال^۵ کلکته، هند

17 سپتامبر 2013

-
1. Reynolds
 2. Dr. Avi Kumar Choudhury
 3. Sri Nirupam Barman
 4. Anindita Singha Roy
 5. Ruma Pal

تقدیر و تشکر

تدوین این کتاب با حمایت مالی کمیسیون بودجه دانشگاه (UGC)^۱ کشور هند برای دو پروژه تحقیقاتی بر روی پویایی فیتوپلانکتون‌های سواحل هند شرقی و سایر آشیان‌های اکولوژیکی امکان‌پذیر شد. دکتر آویک چودهاری و خانم آنیدیتا سینگا روی به‌عنوان همراهان پروژه فعالیت می‌کردند و یافته‌های سایر پژوهش‌ها به‌صورت مطالعات موردی در فصل 5 آورده شده است. از حمایت مالی شورای علمی و پژوهش‌های صنعتی (CSIR)^۲ کشور هند نیز برای کارهای ارزیابی و بررسی در منطقه ساندربنز^۳ هند تحت برنامه NIMTLI تقدیر و تشکر می‌شود. آقایان نیروپام بارمن و سری گور کوپال ساتپاتی مناطق متفاوتی از ساندربنز را بررسی کردند و کارهایشان نیز در این کتاب آورده شده است.

رومپال

20 ژانویه 2014

1. University Grants Commission
2. The Council for Scientific and Industrial Research
3. sunderban

درباره نویسندگان اثر



دکتر روما پال دارای کارشناسی ارشد ودکترا از دانشگاه کلکته است. در حال حاضر، او استادیار دانشکده گیاهشناسی، گروه گیاهشناسی دانشگاه کلکته هند است. پیش از این، او در کالج ریاست جمهوری، کلکته و نارا سایگ^۱، داوت کالج هورا^۲، مشغول به کار بوده است. او بیش از 30 سال تجربه تحقیق در زمینه جلبک شناسی را دارد. زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه او مرتبط با زمینه های گوناگونی از فناوری های زیستی جلبک، نظیر جلبک پالایی^۳، آبیاری پروری، تولید سوخت زیستی، فناوری نانو، و غیره بوده است. همچنین مطالعه تنوع گیاهان، مدل سازی اکولوژیکی و پویایی فیتوپلانکتون از دیگر زمینه های مورد علاقه وی است. او در حال حاضر بیش از 15 پروژه تحقیقاتی را در زمینه ی کاربرد جلبک ها انجام داده و از او بیش از 50 مقاله در مجلات مختلف منتشر شده است.

-
1. Calcutta and Nara Sigh
 2. Dutt College Howrah
 3. Phycoremediation



دکتر آویک کومار چودهاری فارغ التحصیل کارشناسی ارشد از دانشگاه باراناس هندو در رشته گیاهشناسی در سال 2004 است. در ادامه، او به عنوان یک همکار پروژه UGC در گروه گیاه شناسی دانشگاه کلکته کار کرد. او پروژه دکترای خود را در همان موسسه تکمیل کرد و موفق به دریافت درجه دکترا خود در سال 2011 تحت هدایت دکتر آر. پال شد. او همچنین به عنوان یک DBT (گروه بیوتکنولوژی دولت هند¹)، به عنوان دستیار تحقیقاتی پسادکتر در گروه علوم زیستی، موسسه ی هندی آموزش و پژوهش علمی همکاری نمود. او در حال حاضر در همکاری با دبیرستان بنگال غربی است.

1. Department of Biology Govt. of India

فهرست مطالب

پیش گفتار مترجمان	الف
پیش گفتار نویسندگان	ج
تقدیر و تشکر	هـ
درباره نویسندگان	و
فصل اول: مقدمه کوتاهی در مورد فیتوپلانکتون‌ها	1
1-1- مقدمه	3
2-1- چشم انداز تاریخی	3
3-1- رده‌بندی جلبک‌ها	5
1-3-1- طبقه‌بندی کلاسیک قدیمی	7
2-3-1- سیستم مدرن طبقه‌بندی جلبک‌ها	19
4-1- طبقه‌بندی فیتوپلانکتون‌ها	34
1-4-1- بر اساس تغییرات اندازه	34
2-4-1- بر اساس زیستگاه	36
5-1- رنگدانه‌های جلبکی:	39
6-1- اهمیت اکولوژیکی	47
1-6-1- شکوفایی فیتوپلانکتون	49
2-6-1- شکوفایی سیانوباکتریایی	50
3-6-1- شکوفایی دینوفلاژله‌ای	53
4-6-1- سموم جلبکی	57
7-1- جلبک در تالاب‌ها	60
1-7-1- نقش فیتوپلانکتون‌ها در تالاب‌ها	60
2-7-1- وضعیت مواد مغذی در اکوسیستم تالاب	61
3-7-1- انواع تالاب‌ها	63
8-1- کلید شناسایی جنس‌های فیتوپلانکتونی معمول	64
1-8-1- شاخه جلبک‌های سبزآبی: سیانوباکتری‌ها (Cyanobacteria)	64
2-8-1- شاخه جلبک‌های سبز: Chlorophyta	66
3-8-1- راسته: Volvocales	67

68.....	4-8-1- راسته : Chlorococcales
69.....	5-8-1 – شاخه دیاتومه‌ها: Bacillariophyta
81.....	منابع
89.....	فصل دوم: محیط فیزیکی و شیمیایی اکوسیستم آبی
91.....	1-2- عوامل فیزیکی
91.....	1-1-2- نور و دما
95.....	2-1-2- آشفتنگی
98.....	2-2- مواد مغذی اصلی
98.....	1-2-2- نسبت ردفیلد
100.....	2-2-2- کربن
103.....	3-2-2- نیتروژن
105.....	4-2-2- فسفر
106.....	5-2-2- سیلیکون
108.....	6-2-2- مدل جذب مواد مغذی
109.....	منابع
113.....	فصل سوم: فیتوپلانکتون‌ها و تولید اولیه
119.....	منابع
121.....	فصل چهارم: تجزیه و تحلیل الگوی جامعه
123.....	1-4- نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون‌ها
123.....	1-1-4- بطری‌های نمونه‌برداری
127.....	2-1-4- پمپ‌های پلانکتونی
127.....	3-1-4- تورهای پلانکتونی
131.....	2-4- تخمین زیست‌توده
132.....	1-2-4- شمارش سلول
132.....	2-2-4- روش رسوب گذاری Utermohl برای شمارش های سلولی
133.....	3-2-4- حجم زیستی
137.....	4-2-4- کلروفیل و پیگمان‌های نوری
141.....	3-4- شاخص تنوع گونه‌ای
143.....	1-3-4- یکنواختی گونه‌ها

144.....	4-3-2- غنای گونه‌ای.....
145.....	4-4- تجزیه و تحلیل چند متغیره
146.....	4-4-1- آماده سازی مجموعه داده‌ها.....
146.....	4-4-2- تبدیل داده‌ها.....
148.....	4-4-3- تجزیه و تحلیل اکتشافی.....
151.....	منابع
155.....	فصل پنجم: مطالعه موردی
157.....	5-1- مرور مطالعات انجام شده بر روی نواحی شرقی - مدیرانهای
162.....	5-2- مطالعه موردی 1 : تنوع فیتوپلانکتونی تالاب کلکته شرقی : منطقه رامسار
164.....	5-2-1- منطقه مورد مطالعه.....
164.....	5-2-2- نتایج
185.....	5-3- مطالعه موردی 2: تنوع فیتوپلانکتون سونداریانس هندی.....
186.....	5-3-1- فهرست جنس‌های فیتوپلانکتون ثبت شده از سونداریانس
187.....	5-3-2- گزارش طبقه‌بندی از چند گونه فیتوپلانکتون ثبت شده از سونداریانس (بقیه در مطالعات موردی 1 و 3 اشاره شده است).....
193.....	5-4- مطالعه موردی 3: پویایی فیتوپلانکتون در ساحل شرقی هند
193.....	5-4-1- منطقه مورد مطالعه.....
195.....	5-4-2- تغذیه و پویایی فیتوپلانکتون در ساحل غربی بنگال.....
290.....	منابع
300.....	واژه نامه
305.....	بیبلوگرافی

فصل اول: مقدمه کوتاهی در مورد فیتوپلانکتونها

1-1- مقدمه

فیتوپلانکتون‌ها ریز موجودات شناور آزاد، فتوسنتزکننده و آبی هستند که یا فعالانه توسط اندام‌های حرکتی خود (تاژک)، یا منفعلانه توسط جریان آب از جایی به جای دیگر حرکت می‌کنند. نام «فیتوپلانکتون» از کلمات یونانی phyton به معنی گیاه و plankton به معنی سرگردان یا شناور است. اصطلاح پلانکتون را برای اولین بار در سال 1887 زیست‌شناسی آلمانی بنام «ویکتور هنس»^۱ استفاده کرد. طبق نظر هنس، پلانکتون شامل تمام ذرات زنده و آلی است که به‌طور غیر ارادی و آزادانه در آب‌های آزاد جدا از کف و ساحل شناور می‌باشد (Ruttner 1940, Hutchins 1957). بسیاری از فیتوپلانکتون‌ها در سطح آب‌های باز دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند. جامعه فیتوپلانکتونی عمدتاً توسط نمایندگان جلبکی از هر دو گروه پروکاریوتی و یوکاریوتی معرفی می‌شوند. جمعیت‌های پلانکتونی اغلب به‌صورت اعضای از باکتری‌های سبزآبی (Cyanobacteria)، جلبک‌های سبز (Chlorophyta)، Dinophyta، Euglenophyta، Haptophyta، جلبک‌های طلایی قهوه‌ای (Chrysophyta)، Cryptophyta و دیاتومه‌ها (Bacillariophyta) معرفی می‌شوند. تاکسون‌های نماینده پلانکتونی در دیگر شاخه‌های جلبکی مانند جلبک‌های قهوه‌ای (Phaeophyta) و جلبک‌های قرمز (Rhodophyta) وجود ندارند.

1-2- چشم انداز تاریخی

پیشنهاد شده است که علوم وابسته به پلانکتون‌ها تحت‌عنوان لیمنولوژی بررسی شود، این نام از کلمه یونانی "Limnos" به معنی دریاچه، استخر یا باتلاق گرفته شده است. اولین مطالعات در زمینه لیمنولوژی زیستی^۲ به سال 1674 برمی‌گردد که به کمک اولین توصیفات میکروسکوپی لیون هوک^۳ از جلبک اسپیروژیر دریاچه برکلس^۴ در هلند انجام شد. اولین اقدامات بر روی لیمنولوژی، احتمالاً در آمریکا و توسط لوئیس آگاسیز^۵ (1850) در کتابی تحت‌عنوان «دریاچه سوپریور، خصوصیات فیزیکی، گیاهان و جانوران»^۶ منتشر شد.

-
1. Victor Hensen
 2. Biological limnology
 3. Leeuwenhoek
 4. Berkelse
 5. Louis Agassiz
 6. Lake Superior: Its Physical Character, Vegetation and Animals

پروفسور «فورل»^۱ از دانشگاه لوزان^۲ که به‌عنوان پدر علم لیمنولوژی شناخته شده است، در سال 1869 اولین کتاب را در مورد لیمنولوژی موجودات کف دریاچه ژنو با عنوان "Introduction de la profordedu lac leman" منتشر کرد و برای اولین بار از واژه "Limnology" در کتاب خود استفاده نمود.

مطالعه بر روی موجودات مستقر در منطقه موج خیز دهانه رودها (مصب‌ها) توسط جی. آر. لورنس^۳ در Elbe، آلمان، در سال 1860 آغاز شد. در همان زمان، مطالعات مربوط به آلودگی در رودخانه تیمز^۴ انگلستان نیز آغاز شد و درک مشکلات بقا در آب‌های لب‌شور به کمک روش‌های زیستی آغاز شد (Mayer & Mobius 1872-1865). اهمیت مفاهیم اکولوژیکی در لیمنولوژی برای اولین بار توسط گیاه‌شناس انگلیسی تنسلی^۵ مطرح شد که بعدها توسط جی. اچ. هاتچینسون و آر. ال. لیندنمن^۶ در مقاله بعدی بنام «جنبه پویای تغذیه در اکولوژی (1942)» رواج یافت. همچنین، پروفسور بریج^۷ از دانشگاه ویسکنسین^۸ از طریق مطالعات خود بر روی پلانکتون‌های دریاچه مندوتا^۹ در سال 1917 در آمریکا به علم لیمنولوژی کمک نمود. سایر دانشمندان برجسته، مانند سی ای کوفوید، جی. جی. نیدهام و سی. جودی^{۱۰} نیز بر روی رودخانه‌ها و دریاچه‌های مختلف کار کرده‌اند. در اوایل قرن بیستم، پروفسور پی. اس. ولج^{۱۱} اولین کتاب درسی آمریکایی را در زمینه لیمنولوژی تألیف کرد. کتاب‌های مشابهی نیز مانند اصول لیمنولوژی توسط فرانز روتنر^{۱۲} در سال 1940 نوشته شد و پروفسور جی. اچ. هاتچینسون کتابی تحت عنوان رساله‌ای در لیمنولوژی در سال 1967 چاپ کرد که به‌عنوان مرجعی استاندارد در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود.

در قرن نوزدهم، نیاز به چاپ مجلاتی در خصوص علم لیمنولوژی که منجر به افزایش اطلاعات لیمنولوژیکی که روز به روز در حال توسعه بود، احساس شد. بنابراین در تاریخ 1 ژانویه 1936،

-
1. Forel
 2. University of Lausanne
 3. J.R. Lorens
 4. Thames
 5. Tansley
 6. Hutchinson. G.H and R.L. Lindenman
 7. Brige
 8. Wisconsin University
 9. Lake Mendota
 10. C.A.Kofoid, J. G. Needham and C. Juday
 11. P. S Welch
 12. Franz Ruttner

انجمن لیمنولوژی آمریکا تأسیس شد که بعدها در سال 1948 نام آن به «انجمن آمریکایی لیمنولوژی و اقیانوس‌شناسی»^۱ تغییر یافت که برای انتشار بهترین مطالب علمی و جالب توجه تا آن زمان در مجله "لیمنولوژی و اقیانوس‌شناسی" فعالیت می‌کرد. سال 1948 نیز به دلیل تشکیل «انجمن زیستی آب-های شیرین» در بریتانیا مشخص شد. این انجمن اقدام به ثبت مداوم اطلاعات فیزیکی، شیمیایی و زیستی 17 دریاچه در منطقه Lake District در شمال غربی انگلستان کرد. همچنین، مؤسسه ایتالیایی "di Idrobiology" در ایتالیا، مطالعات فشرده‌ای روی دریاچه‌های شمال ایتالیا انجام داد و علوم مربوط به لیمنولوژی در اروپا رونق گرفت. دیگر مؤسسات مشهور مشابه نیز در این زمان در اروپا توسعه یافتند. به عنوان مثال پلون^۲ در آلمان، آپسالا و لیوند^۳ در سوئد، کوپنهاگ^۴ در دانمارک و دریاچه کنستانس^۵ در آلمان.

3-1- رده‌بندی جلبک‌ها

جلبک‌ها به عنوان ابتدایی‌ترین گیاهان در نظر گرفته می‌شوند که به خوبی تنوع یافته‌اند. همه آن‌ها دارای کلروفیل و ساختار ریشه مانند هستند و بافت‌های تولید مثلی آن‌ها بدون پوشش استریل است. آن‌ها دارای تنوع در شکل ظاهری (ریخت‌شناسی) و بیوشیمی سلولی نسبت به یکدیگر هستند و دارای رفتارهای تولید مثلی و الگوهایی از چرخه زندگی می‌باشند. بر اساس این خصوصیات، جلبک‌شناسان تمام سلسله جلبکی را به شاخه‌ها و رده‌های متفاوتی تقسیم نموده‌اند که از زمانی به زمان دیگر، متغیر است. سیستماتیک یا رده‌بندی جلبک‌ها در طول سال‌های گذشته تغییرات چشم‌گیری داشته است. در ابتدا، رده‌بندی عمدتاً بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی بود. اما به تازگی، موقعیت با جستجو به منظور ایجاد تطبیق بین سیستم‌های قراردادی (مصنوعی)^۶ و فیلوژنتیک^۷ همراه با ژنتیک مولکولی مشخص می‌شود. روش‌های کلاسیک که خصوصیات ریخت‌شناسی را استفاده می‌کنند، نمی‌توانند روابط فیلوژنتیک را منعکس کنند. به عنوان مثال اطلاعات مولکولی نشان داده است که در میان جلبک‌های

1. Limnological Society of America was established

2. Plon

3. Appala and Lund

4. Copenhagen

5. Lake constance

6. the conventional (artificial) system

7. the phylogenetic system

سبز، جنسی با بدنه کروی، به‌طور مستقل از اجداد مختلف جلبک‌ها تکامل یافته است. از سوی دیگر، اشکال بسیار متنوع می‌توانند به یک یا انواع مشابه‌ای از اصل و تبار فیلوژنتیک تعلق داشته باشند. در رده‌بندی امروزی جلبک‌ها، یک روش چند مرحله‌ای^۱ به‌طور گسترده پیشنهاد شده است، بنابراین دانشمندان فیلوژنتیک، معیارهای زیر را برای شناسایی و تعیین جایگاه مناسب فیلوژنتیکی تمام گروه‌های جلبکی پیشنهاد می‌کنند:

1. مطالعه متعارف از منظر ریخت‌شناسی و بوم‌شناسی جلبک‌ها در محیط طبیعی^۲
2. جداسازی کشت تک جلبکی^۳ به منظور مطالعات ریخت‌شناسی، مطالعات رشدی و مطالعات بیوشیمیایی و فیزیولوژی در شرایط آزمایشگاهی.
3. مطالعات فراساختاری از اندامک‌های مختلف سلول در جلبک‌ها، خصوصاً فراساختار کلروپلاست.
4. استفاده از نشانگرهای مولکولی (توالی‌های حفاظت شده) برای آنالیز فیلوژنتیک مولکولی. بیشترین توالی استفاده شده 16srRNA یا زیر واحد کوچک RNA ریبوزومی (rRNA) برای سلول‌های پروکاریوتی؛ و 18srRNA برای سلول‌های یوکاریوتی هستند. علاوه بر این، برخی نشانگرهای دیگر نیز برای آنالیز فیلوژنتیک مورد استفاده قرار می‌گیرند، مانند rbcL و ژن tufA. بنابراین برای سهولت کار می‌توان دو فاز برای رده‌بندی جلبکی در نظر گرفت: در فاز اول، آغاز کار با قرار دادن جلبک‌ها در سلسله گیاهی ارائه شده توسط ایچلر^۴ (1886)، که از رده‌بندی جلبکی توسط فریچ^۵ (1935)، اسمیت^۶ (1950) و تا حدی بولد و وینز^۷ (1985) پیروی می‌کند که در این سیستم تنها صفات مورفولوژیکی به‌عنوان هدف طبقه‌بندی در نظر گرفته شده بود، بنابراین این طبقه‌بندی می‌تواند به‌عنوان «طبقه‌بندی کلاسیک قدیمی» در نظر گرفته شود. در روش دوم یا فاز دوم، پارامترهای دیگری از جمله خصوصیات فراساختاری، بیوشیمیایی و مولکولی نیز در نظر گرفته شده است. این روش تکاملی و نژادی می‌تواند به‌عنوان سیستم طبقه‌بندی مدرن در نظر گرفته شود.

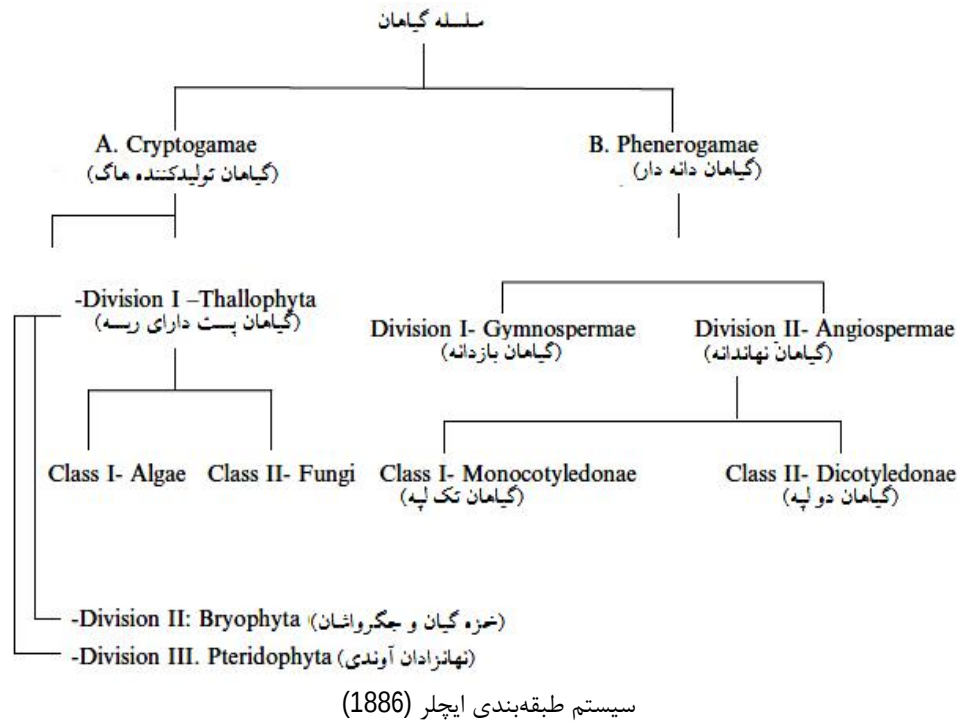
1. polyphasic
 2. field condition
 3. unialgal
 4. Eichler
 5. Fritsch
 6. Smith
 7. Bold & Wynnes

1-3-1- طبقه‌بندی کلاسیک قدیمی

ایچلر (1886) موقعیت فیلوژنتیک جلبک‌ها را در ارتباط با دیگر گروه‌های گیاهی ذکر کرد. او سلسله گیاهان را به دو گروه تقسیم کرد:

Cryptogamia (گیاهان تولیدکننده هاگ) و Phanerogamia (گیاهان دانه دار). این دو گروه نیز به نوبه خود به سه شاخه و چهار رده تقسیم شدند. جلبک‌ها در کلاس I از بخش تالوفیت‌ها در زیر مجموعه Cryptogamia قرار گرفتند که در ارتباط نزدیک با قارچ‌ها هستند. تنها تفاوت بین قارچ‌ها و جلبک‌ها، در وجود یا عدم وجود کلروفیل تشخیص داده شده است. در حال حاضر، این روش طبقه‌بندی، توسط بسیاری از دانشمندان پذیرفته شده نیست. در واقع، ما فکر می‌کنیم که هنوز یک گیاه-شناس برای درک موقعیت فیلوژنتیک جلبک‌ها و دیگر گروه‌های گیاهی که اغلب تمایلات تکاملی را در بین گروه‌های مختلف گیاهی به صورت گسترده نشان می‌دهند، نیاز به آموزش دارد.

در سیستم طبقه‌بندی کلاسیک قدیمی، جلبک‌شناسان معروفی مانند اسمیت، فریچ، پرسکات، بولد و وینز، و چپمن؛ سلسله جلبک‌ها را براساس تنوع در ساختار سلولی (پروکاریوت و یوکاریوت)، موقعیت تاژک، تعداد و ساختار آن، ترکیب رنگدانه‌ها، مواد غذایی ذخیره‌ای، روش تولید مثل و... طبقه‌بندی کرده‌اند.



فریچ (1995) سلسله جلبک‌ها را به 11 رده طبقه‌بندی کرد:

1. Chlorophyceae
2. Xanthophyceae
3. Chrysophyceae
4. Bacillariophyceae
5. Cryptophyceae
6. Dinophyceae
7. Chloromonadineae
8. Euglenineae
9. Phaeophyceae
10. Rhodophyceae
11. Myxophyceae

براساس صفات مورفولوژیکی، فریج 11 رده ی جلبک‌ها را به روشنی متمایز کرد. پسوند (Phyceae) هرکجا که طبقه‌بندی شامل یک رده از جلبک‌ها باشد به کار رفته، این درحالی است که برای تاژکداران نام‌گذاری قدیمی حفظ شده است. بنابراین، او گروه‌های مختلف جلبکی را تحت عنوان کلاس یا رده جای «شاخه»، تعیین نمود. این 11 رده به شرح زیر مشخص شدند:

1. (Isokontea) Chlorophyceae

اعضای این گروه کروماتوفورهای¹ به رنگ سبز چمنی دارند و حاوی ترکیبات رنگدانه‌ای مشابه، تقریباً با همان نسبت که در گیاهان عالی وجود دارد، می‌باشند. نشاسته، شکل رایج محصولات ذخیره ای فتوسنتز است که اغلب (مخصوصاً در هنگام استراحت) با روغن همراه است، و پیرنوئیدها² که معمولاً توسط غلافی از نشاسته احاطه شده‌اند، اغلب درون کلروپلاست‌ها حضور دارند. سلول‌ها توسط دیواره سلولی که از سلولز ساخته شده، تشکیل شده‌اند. سلول‌های متحرک دارای تاژک‌های شلاقی شکل یکسانی (معمولاً دو یا چهار عدد) هستند که از انتهای جلویی³ منشاء می‌گیرند. بسیاری از افراد گروه، فقط دارای یک یا تعداد کمی کروماتوفور هستند. اعضای کلروفیسه اشکال مختلف تولید مثلی از ایزوگامی تا اووگامی پیشرفته را نشان می‌دهند. بیشتر گونه‌ها هاپلوئید هستند و تنها زیگوت آن‌ها در فاز دیپلوئید قرار می‌گیرد، اما بسیاری نیز دارای چرخه زندگی تناوب نسل (بین هاپلوئید و دیپلوئید) هستند. اعضای این رده به‌طور گسترده‌ای در آب‌های شیرین (بیشتر از شور) توزیع شده‌اند و حتی انواع خشکی زی نیز مشخص شده‌اند. به‌عنوان مثال: *Chlamydomonas* و *Spirogyra*.

2. (Hetrokontea) Xantophyceae

اعضای این گروه دارای کروماتوفورهای سبز-زرد هستند که ناشی از وجود زانتوفیل⁴ به‌عنوان رنگدانه اصلی است. نشاسته وجود ندارد و محصول ذخیره‌ای به‌صورت روغن است. اعضای جلبکی دارای دیواره سلولی هستند که اغلب غنی از ترکیبات پکتیکی است. سلول‌های متحرک دارای دوتاژک نابرابر هستند (گاهی اوقات فقط یکی) که از انتهای جلویی منشاء می‌گیرد. دارا بودن تعدادی کروماتوفور قرصی شکل در سلول‌ها، یک قاعده کلی است. تولید مثل جنسی همواره از نوع ایزوگامی⁵ است. اشکال

-
1. Chromatophors
 2. Pyrenoids
 3. swarmres
 4. Xanthophilus
 5. Isogamy

بسیار پیشرفته، دارای یک رشد ساده رشته‌ای هستند. احتمالاً همگی هاپلوئید می‌باشند. این رده در آب شیرین بیشتر از آب دریا (آب شور) توزیع شده‌است. مانند: *Vaucheria*

Chrysophyceae.3

اعضای این گروه کروماتوفورهای قهوه‌ای/نارنجی دارند که حاوی یک یا چند رنگدانهٔ جانبی است. در اینها نشاسته وجود ندارد، اما گاهی اوقات اجسام پیرنوئید مانند بدون پوشش دارند. چربی و لوکوزین^۱ مرکب به شکل توده‌های کروی نسبتاً سفید و کدر دیده می‌شوند که به‌عنوان مواد غذایی ذخیره‌ای هستند. تعداد نسبتاً زیادی از افراد این گروه دارای تاژک و فاقد دیواره سلولی مشخص می‌باشند. سلول‌های متحرک یک یا دو (ندرتاً سه) عدد تاژک دارند که به انتهای جلویی متصل می‌باشد. به‌طور معمول، سلول‌ها دارای یک یا دو کروماتوفور جانبی هستند. پیشرفته‌ترین حالت آن‌ها به‌صورت رشته‌های منشعب می‌باشد. در این گروه تولید مثل جنسی بسیار نادر است و تاکنون در مورد هیچ یک به وضوح گزارش نشده‌است؛ تنها شواهد موجود، به ایزوگامی اشاره دارد. این رده به‌طور گسترده در آب‌های شیرین توزیع شده‌اند، اما تعدادی نیز دریایی هستند. یک مثال آن، *Chromulina* است.

Bacillariophyceae.4

اعضای این گروه، تک‌یاخته با کروماتوفورهای زرد یا قهوه‌ای/طلایی که حاوی رنگدانه‌های کمکی قهوه‌ای هستند. اجسام پیرنوئیدی اغلب وجود دارند و دارای محصول ذخیره‌ای فتوسنتز، چربی و ولوتین^۲ می‌باشد. تمامی اعضا تک سلولی یا کلنی هستند. دیوارهٔ سلولی همواره وجود دارد و عمدتاً از سیلیس و تا حدی از مواد پکتیکی تشکیل شده است. هر سلول شامل دو نیمه است که هرکدام از این بخش‌ها از دو یا چند قسمت تشکیل شده‌اند و معمولاً دارای تزئینات زیادی هستند. یکی از اشکال دیاتومه‌ها تحت‌عنوان سنترال‌ها^۳، تقارن شعاعی و دیگری به نام پنال‌ها^۴ تقارن دوطرفه دارند. دیاتومه‌ها نوع خاصی از اسپور به نام اکسواسپور^۵ را تولید می‌کنند. دیاتومه‌های نوع پنال، نوع خاصی از آمیزش جنسی بین پروتوپلاست نمونه‌های معمولی‌شان می‌دهند. افراد این رده معمولاً دیپلوئید هستند.

-
1. leucosin
 2. volutin
 3. central
 4. Penals
 5. auxospore

دیاتومه‌ها به طور گسترده‌ای در آب‌های شور، آب‌های شیرین، در خاک و دیگر زیستگاه‌های خشکی توزیع شده‌اند. مثال: *Navicula* و *Chaetoceros*

5. Cryptophyceae

اعضای این گروه از نمونه‌های تاژک‌دار می‌باشند و تولید مثل آن‌ها از نوع اووگامی است. سلول‌ها معمولاً 2 عدد کروماتوفور بزرگ حاشیه‌ای دارند که دارای انواع مختلفی از رنگدانه‌ها می‌باشد. اجسام شبیه پیرنوئید نیز دارند، ولی اغلب به صورت مستقل از کروماتوفورها ظاهر می‌شوند. دارای مواد ذخیره‌ای فتوسنتزی شامل کربوهیدرات‌های جامد، در برخی موارد نشاسته و در سایر موارد ترکیبی مشابه آن هستند. سلول‌های متحرک به طور مشخص دارای وضعیت پشتی-شکمی هستند و دو تاژک تقریباً نابرابر دارند که ساختاری بسیار تخصص یافته دارد. اغلب یک سیستم واکوئلی پیچیده نیز در این‌ها دیده می‌شود. رده Cryptophyceae نسبتاً کوچکی است و به مقدار ناچیز با یک نسبت در دریا و آب‌های شیرین مشاهده می‌شود. به عنوان مثال می‌توان به Cryptomonas اشاره کرد.

6. Dinophyceae (Peridiniidae)

اکثریت اعضای این رده، جانداران تک‌سلولی متحرک هستند و بسیاری دیگر دارای پوشش سلولزی قابل توجهی هستند که با شمار زیادی از صفحات تراشیده ترکیب شده‌اند و برخی از آن‌ها دارای رشته-های منشعب هستند. بعضی از اعضای این گروه معمولاً دارای تعداد زیادی کروماتوفورهای صفحه‌مانند هستند که به رنگ زرد تیره، قهوه‌ای و غیره، شامل تعدادی از رنگدانه‌هایی خاص می‌باشند. در طی فرآیند فتوسنتز نشاسته و روغن (چربی) در این‌ها تولید می‌شود. بسیاری از گونه‌ها، ساپروفیت‌های بی-رنگ یا دارای تغذیه هولوزوئیک¹ هستند. یک گروه گسترده از آنها انگل می‌باشند. سلول‌های متحرک دو شیار دارند، شیار عرضی، تاژک عرضی را که معمولاً به دور بدنه پیچیده شده در خود جای می‌دهد و شیار طولی، نقطه شروع تاژک طولی را که به سمت عقب کشیده می‌شود را در بر می‌گیرد. معمولاً کیست‌های در حال استراحت با فرمی منحصر به فرد تولید می‌شوند. تولید مثل جنسی ایزوگامی مطمئناً اتفاق نادری در این رده می‌باشد و هنوز کاملاً اثبات نشده است. این‌ها رده‌ای از پلانکتون‌های اصلی هستند که به صورت وسیع‌تری در دریا نسبت به آب‌های شیرین دیده می‌شوند. به طور مثال می‌توان به *Gymnodinium* اشاره کرد.

1. holosoeuic

Chloromonadineae.7

اعضای این رده تاژک‌داران متحرک با دو تاژک تقریباً برابر هستند. سلول‌ها دارای تعداد زیادی کروماتوفورهای صفحه‌ای می‌باشند که رنگ سبز روشن داشته و دارای زانتوفیل‌های اضافی هستند. پیرنوئیدها وجود ندارند و روغن محصول تثبیت فتوسنتز می‌باشد. اگرچه ظاهری شبیه به رده Xanthophyceae دارند، اما در مجموع جزئیات ساختاری سلول‌ها کاملاً متفاوت می‌باشد (سیستم واکوئلی پیچیده و غیره). این رده تنها در آب‌های شیرین مشاهده شده است. به‌عنوان مثال می‌توان به *Gonyostomum* (raphidophytes) اشاره کرد.

Euglenineae.8

پیکره اصلی تک‌سلولی، به همراه کروماتوفورهای سبز خالص است و هر سلول معمولاً دارای چندین جسم پیرنوئید مانند می‌باشد. محصول فتوسنتز، پلی ساکارید و پارامیلیوم است که در فرم دانه‌های جامد متنوعی پدیدار می‌شود و معمولاً شکل‌های مشخصی دارند. تنها نمونه‌های تاژک‌دار از این رده شناخته شده‌اند و اغلب به کمک یک یا دو تاژک که از پایه یک فرورفتگی کانال مانند در انتهای جلویی منشاء می‌گیرد، حرکت می‌کنند. یک سیستم واکوئلی پیچیده (واکوئل ضربان‌دار) و یک هسته بزرگ مشخص دارند. تنها تعداد کمی از تولید مثل جنسی به روش ایزوگامی در این گروه گزارش شده است که آن هم به طور کامل اثبات نشده است. اکثریت اعضای این گروه، تقریباً ساکن آب‌های شیرین هستند. این گروه کاملاً تخصص یافته هستند و هیچ ساختار ساده‌ای در آن شناخته نشده است. به عنوان مثال می‌توان به *Euglena* اشاره کرد.

Phaeophyceae.9

اکثر سلول‌ها، کروماتوفورهای قهوه‌ای رنگ دارند و جدا از رنگدانه‌های معمول، شامل فوکوزانتین^۱ زرد هم می‌شوند. اجسام عریان پیرنوئید مانند در برخی از فرم‌های سطوح پایین‌تر دیده می‌شود. محصولات تثبیت فتوسنتزی شامل قند الکل‌ها (مانیتول) به همراه مقدار کمی از قندها همچون پلی ساکاریدها مانند لامینارین^۲ و چربی‌ها هستند. وزیکول‌های تخصص یافته فوکوزان^۳ هم که احتمالاً نشان‌دهنده محصولات زائد هستند به چشم می‌خورند. سلول‌های تولیدمثلی متحرک، دارای دو تاژک

-
1. Focoxanthin
 2. laminarin
 3. fucosan

جانبی متصل به هم هستند که یکی از آن‌ها به سمت جلو و دیگری به سمت عقب متمایل است. این اسپورها همیشه در اندام‌های خاصی تشکیل می‌شوند که یا به‌صورت حفره یک قسمتی هستند یا بخش‌های متعدد کوچک مجزا دارند (اسپورانژیا چندحفره‌ای^۱). تولید مثل جنسی به‌طور وسیعی در این گروه به چشم می‌خورد. حالت‌هایی از ایزوگامی تا انواع ابتدایی اووگامی، از رهاسازی تخمک اولیه تا عمل لقاح را شامل می‌شود. تخم بارور هیچ دوره استراحتی نخواهد داشت. چرخه زندگی، به همراه انواع گوناگون و نسل‌های متناوب، بسیار متفاوت است. به‌عنوان نمونه می‌توان به *Laminaria* اشاره کرد.

10. Rhodophyceae

اکثر افراد این گروه توانسته‌اند به پیچیدگی در ساختار دست پیدا کنند، ساده‌ترین آنها، انواع رشته‌ای هستند. سلول‌ها دارای کروماتوفورهایی هستند که جدا از رنگدانه‌های معمول، شامل رنگدانه قرمز فیکواریترین و رنگدانه آبی فیکوسیانین^۲ نیز می‌باشند. اجسام پیرونوئید مانند در نمونه‌های سطوح پایین‌تر یافت شده‌اند و محصول تثبیت فتوسنتزی یک پلی ساکارید جامد مشابه نشاسته می‌باشد (نشاسته فلوریدین^۳). در این گروه نه سلول‌های متحرک در مرحله تولیدمثل شناسایی شده است و نه نمونه‌های تاژک‌دار. یک سری اتصالات پروتوپلاسمی مشخص بین اکثر اشکال سلولی وجود دارد. اغلب جلبک‌های قرمز دریازی هستند. تمام آن‌ها تولید مثل جنسی از نوع اووگامی^۴ پیشرفته را نشان می‌دهند. اندام جنسی ماده یک گردن کشیده برای دریافت تولیدات آنتریدیوم از سلول‌های بدون حرکت جنس نر دارد. در نتیجه عمل لقاح، هاگ‌های خاصی به نام کارپوسپور از دسته ای از ساختارهای نخ مانند که بعد از عمل لقاح از اندام جنسی ماده منشاء می‌گیرند، تولید می‌شوند. رده *Rhodophyceae* هم دارای نمونه‌های هاپلوئید است. هم دوره‌های تناوبی منظمی از هاپلوئیدی ساده و نمونه‌های دیپلوئیدی را نشان می‌دهد که نمونه‌های اخیر تحت‌عنوان تترا اسپورانژیا^۵ هر کدام 4 اسپور تولید می‌کنند. به‌عنوان نمونه می‌توان به *Polysiphonia* اشاره کرد.

-
1. plurilocular sporangia
 2. phycocyanin
 3. floridean starch
 4. oogamous
 5. tetrasporangia

11. Myxophyceae (Cyanophyceae)

اعضای این رده دارای سلول‌های ساده‌ای هستند که در بهترین حالت دارای هسته‌ای بسیار ابتدایی (جسم مرکزی) می‌باشند، کروماتوفور مشخصی ندارند و رنگدانه‌های فتوسنتزی در سیتوپلاسم جانبی پراکنده شده‌اند. رنگدانه‌های موجود شامل کلروفیل، کاروتن، فیکوسیانین و فیکواریترین می‌باشد که دو مورد آخر از لحاظ میزان بسیار متفاوت هستند. رنگ سلول‌ها، عموماً سبز آبی است. محصول فتوسنتز در آنها قند و گلیکوژن است. هیچ مرحله متحرکی در این رده شناسایی نشده است و تمامی اعضای این گروه دارای غشاء سلولی در اطراف سلول هستند. تولید مثل جنسی در این افراد دیده نمی‌شود. اعضای این گروه ساختار ساده‌ای دارند و بسیاری از آنها کاملاً به وسیله تقسیم ساده یا توسط روش‌های رویشی، تکثیر می‌شوند. اکثر گونه‌ها، رشته‌ای هستند، بسیاری دیگر از آنها انشعابات کاذب ویژه‌ای دارند. آنها به فراوانی در آب‌های شیرین و زیستگاه‌های خشکی، وجود دارند و معمولاً در دریاها دیده نمی‌شوند. به عنوان مثال می‌توان به *Spirulina* اشاره کرد.

اما در سال 1950 اسمیت 7 شاخه از جلبک‌ها را در سیستم طبقه‌بندی خود به شرح زیر مطرح نمود:

1. Chlorophyta
2. Euglenophyta
3. Chrysophyta
4. Phaeophyta
5. Pyrrophyta
6. Cyanophyta
7. Rhodophyta

این تقسیم‌بندی به کمک ویژگی‌های پایه‌ای که در زیر آورده شده، مشخص شد:

1. Chlorophyta

جلبک‌های سبز چمنی با تعداد زیادی رنگدانه کلروفیل **a** و **b** در کنار هم، به همراه کاروتن‌ها و زانتوفیل‌ها. ذخایر فتوسنتزی معمولاً به صورت نشاسته ذخیره می‌شوند و همیشه به همراه پیرنوئید است. مراحل متحرک دارای تاژک‌هایی با طول برابر هستند به جز چند مورد استثنا. زئوسپورها و گامت‌های متحرک، یک یا دو تاژک دارند. تولید مثل جنسی اتفاقی است که به صورت گسترده از انواع متنوع

ایزوگامی تا اووگامی را شامل می‌شود. این گروه همچنین شامل محدوده وسیعی از ساختارهای گیاهی نیز می‌شوند، مثال *Chlorella*

2. *Euglenophyta*

تمامی اعضای این گروه تک‌سلولی هستند و اکثراً به‌صورت سلول‌هایی عریان و آزادانه در حال شنا می‌باشند که یک، دو یا سه تاژک دارند. بسیاری از جنس‌های این رده، کلروپلاست‌های صفحه‌ای نوار مانند یا ستاره‌ای، به رنگ سبز چمنی دارند که دارای پیرنوئید یا فاقد آن می‌باشند. کلروپلاست‌ها، کلروفیل‌هایی مشابه با آنچه در رده کلروفیسه وجود داشت دارند، ولی بتاکاروتن و زانتوفیل نامشابه با شاخه کلروفیتا یا جلبک‌های سبز نشان می‌دهند. مواد ذخیره‌ای به‌صورت پارامیلیوم است. تغذیه ممکن است به‌صورت هولوفیتیک^۱، هلوزوئیک^۲ یا ساپروفیتیک^۳ باشد. یک یا دو واکوئل انقباضی در انتهای جلویی سلول وجود دارد که با یک مخزن در ارتباط هستند که این مخزن نیز به نوبه خود توسط یک مجرای باریک با بیرون سلول در ارتباط است. مثال: *Euglena*.

3. *Chrysophyta*

اعضای این گروه رنگدانه‌های سبز متمایل به زرد تا قهوه – طلایی دارند و دلیل این امر غلبه کاروتن‌ها و رنگدانه‌های زرد (زانتوفیل) است. ذخیره غذایی شامل ترکیبی از کربوهیدرات لوکوزین و روغن می‌باشد. برخی از اعضا دارای دیواره سلولی ساخته شده از سیلیکا هستند و از دو نیمه ی روی هم افتاده تشکیل شده‌اند. سلول‌ها امکان دارد تاژک دار یا بدون تاژک، منفرد یا به صورت گروهی در کلنی‌هایی با شکل‌هایی منظم یا نامنظم باشند. تولید مثل جنسی معمولاً به صورت ایزوگامی توسط گروهی از گامت‌های تاژک دار و بدون تاژک صورت می‌گیرد. مثل اعضای امروزی گروه زانتوفیتا (*Vaucheria*) و باسیلاریوفیتا (*Nitzschia*).

4. *Phaeophyta*

جلبک قهوه‌ای دارای پیکره‌ای متشکل از تعدادی سلول‌های پیچیده از نوع گیاهی هستند که معمولاً در اندازه‌های میکروسکوپی و اشکال متمایزی هستند. کروماتوفور یا اندامک‌های رنگدانه‌ای، با توجه به

-
1. holophytic
 2. holozoic
 3. Saprophytic

وجود مقادیر بالای زانتوفیل نسبت به کلروفیل و کاروتن‌ها، زرد متمایل به قهوه‌ای رنگ هستند. دو منبع اصلی ذخیره‌ای غذا، لامینارین (که یک نوع کربوهیدرات است) و مانیتول می‌باشد. زئوسپورها یا گامت‌ها، گلابی شکل، به همراه دو تاژک جانبی نابرابر داخلی می‌باشند. اندام‌های تولید مثلی دو نوع هستند. نوع اول سلولی و یا عضو تولید مثل تک سلولی، همیشه یک اسپورانژیوم است و بر روی ریشه یا تالوس دیپلوئید تولید می‌شود. نوع دیگر اندام تولید مثلی، چند سلولی است و هر سلول شامل یک گامت منفرد یا زئوسپور است. اکثر اعضای گروه جلبک‌های قهوه‌ای، دارای چرخه زندگی‌ای هستند که در آن تناوبی از دو نسل مستقل چند سلولی وجود دارد، یکی به صورت هاپلوئید و دیگری به صورت دیپلوئید. دو نسل در بعضی موارد می‌توانند در سایز و ساختار یکسان باشند اما در موارد دیگر در هر دو مورد با یکدیگر تفاوت دارند (Ectocarpus).

5. Pyrrophyta

اعضای این گروه به رنگ سبز تا قهوه‌ای - طلایی هستند. رنگدانه‌ها شامل کلروفیل **a**، کلروفیل **c**، بتاکاروتن و چهار نوع زانتوفیل هستند. ترکیبات فتوسنتزی به شکل نشاسته و همچنین روغن (چربی) ذخیره می‌شوند. از آنجایی که کروماتین‌ها در سازه‌های مهره ماندی بر روی رشته‌ها قرار گرفته‌اند، هسته به خوبی قابل تشخیص است. زمانی که دیواره سلولی وجود داشته باشد از جنس سلولز خواهد بود.

6. سیانوفیتا Cyanophyta

سیانوفیتا یا جلبک‌های سبز-آبی گروه مشخصی هستند که به علت پروکاریوت بودن به راحتی از سایر جلبک‌ها قابل تفکیک‌اند. رنگدانه‌های آنها در کروماتوفورها قرار ندارند، بلکه بیشتر در بخش جانبی پروتوپلاست وجود دارند و شامل کلروفیل **a**، کاروتن‌ها و زانتوفیل‌های مشخص می‌باشند. به علاوه رنگدانه آبی (فیکوسیانین **C**) و رنگدانه قرمز (فیکواریترین **C**) هم وجود دارد. خصوصیت منحصر به فرد سیانوباکتری‌ها، وجود نوع ابتدایی هسته در درون سلول است (جسم مرکزی) که فاقد هستک و غشاء هستک می‌باشد. آنها فاقد هر گونه ساختار تاژک و عاری از هرگونه تولید مثل جنسی هستند (Oscillatoria).

7. Rhodophyta

ردوفیت‌ها یا جلبک‌های قرمز ریشه‌ای چند سلولی با اندازه میکروسکوپی یا ماکروسکوپی و اغلب شکل مشخصی دارند. جلبک‌های قرمز به واسطه ساختار اندام‌های جنسی با سایر جلبک‌ها تفاوت دارند (نحوه لقاح این ساختار و تشکیل ساختمان تولید اسپور به نام سیستوکارپ). رنگدانه‌ها در کروماتوفورها قرارداده شده‌اند. علاوه بر کلروفیل‌ها، کاروتن و زانتوفیل، R فیکواریترین و R فیکوسیاینین نیز وجود دارند.

پری اسکات (1984) اولین بار سلسله جلبک‌ها را مانند سایر گروه‌های زیستی به هفت شاخه تقسیم کرد. هر شاخه دوباره به رده و راسته‌های متفاوت تقسیم می‌شود که به ترتیب در زیر آورده شده است:

I. شاخه Chlorophyta

(i) رده – Chlorophyceae (17 راسته)

(ii) رده – Charophyceae (1 راسته)

II. شاخه Euglenophyta

III. شاخه Chrysophyta

Chrysophyceae(i)

Bacillariophyceae(ii)

Heterokontae(iii)

IV. شاخه Pyrrophyta

Desmokontae(i)

Dinokontae(ii)

V. شاخه Phaeophyta

Isogeneratae(i)

Heterogeneratae(ii)

VI. شاخه Rhodophyta

زیرشاخه – Bangioideae (4 راسته)

زیرشاخه – Florideae (6 راسته)

VII. شاخه Cyanophyta

زیرشاخه – Coccogoneae

زیرشاخه – Hormogoneae

در بین طبقه‌بندی‌های قدیمی جلبک‌ها، سیستم طبقه‌بندی بولد و وین (1985) بیشترین مقبولیت را دارد. او سلسله جلبک‌ها را به 9 شاخه تقسیم کرد و گروهی جدید را تحت عنوان Charophyta معرفی کردند که به عنوان پیشرو گیاهان خشکی شناخته می‌شوند.

دسته‌بندی‌ها

Cyanophyta and Prochlorophyta. I

Chlorophyta. II (16 راسته)

Charophyta. III

Euglenophyta. IV

Phaeophyta. V (13 راسته)

Chrysophyta. VI (6 رده)

Chrysophyceae

Prymnesiophyceae

Xanthophyceae

Eustigmatophyceae

Raphidophyceae

Bacillariophyceae

Pyrrophyta. VII

Rhodophyta. VIII

Cryptophyta. IX

Charophyta

کاروفیتا که در کل به عنوان سنگ خزه شناخته شده‌اند، یک شبه گیاه کوچکی است با ریزوئیدهای شبه ریشه‌ای قاعده‌ای که قسمت فوقانی آن به گره‌ها و میان‌گره‌ها متمایز شده است. در بخش گره‌ای، ریشه‌های جانبی اولیه و ثانویه وجود دارد. شاخه‌زنی نیز در آن بارز است. گوشوارک‌های برگ شکل کوچک و براکته‌ها وجود دارند. تولیدمثل در آن‌ها از نوع اووگامی است. ساختمان تولیدمثلی نر

آنتریدیا^۱ و ساختمان تولیدمثلی ماده اووگونیا به ترتیب با پوشش نازا، به ترتیب توسط سلول‌های غلاف‌دار و سلول‌های لوله‌ای پوشیده شده‌اند. آن‌ها دارای برخی ویژگی‌های مشترک با گیاهان خشکی هستند. آن‌ها دارای نوع ریشه تاژکی یک سویه برخلاف نوع صلیبی^۲ در اعضای کلروفیتا می‌باشند. میتوز از نوع باز است، یعنی فاقد غشای هسته‌ای در پروفاز نهایی می‌باشند، در حالی که در اعضای دیگر کلروفیتا (Chara/Nitella) میتوز از نوع بسته می‌باشند.

بولد و وین (1985) در سیستم طبقه‌بندی خود Prochlorophyta را در کنار Cyanophyta قرار دادند. Prochlorophyta به‌عنوان گروه جدیدی توسط لی (1970) در نظر گرفته شد که اعضای پروکاریوتی با کلروفیل b دارد (Prochloron). اما بعد از آن، ویژگی‌های دیگری از جمله مارکرهای مولکولی نیز در نظر گرفته شد و مشخص شد که آن‌ها چیزی جز سیانوباکتری‌های حامل کلروفیل b نبودند.

1-3-2- سیستم مدرن طبقه‌بندی جلبک‌ها

در رویکرد مدرن، طبقه‌بندی براساس فرآیند تکامل سلسله زیستی می‌باشد. کل سلسله یا گروه‌های انفرادی به چندین سلسله و یا رده با در نظر گرفتن ویژگی‌های مختلف که نشان‌دهنده تکامل و فیلوژنی می‌باشد، تقسیم شده است. همچنین در کنار پارامترهای ریخت‌شناسی، ویژگی‌های دیگر مانند اطلاعات بیوشیمیایی و مولکولی نیز اغلب مد نظر هستند. سیستم طبقه‌بندی زیستگاه‌ها ارائه شده توسط ویتاکر (1969)، یکی از چنین نمونه‌هایی است که در آن کل بیوم به 5 سلسله تقسیم شده است، یعنی مونرا^۳، آغازیان^۴، میکوتا^۵، متافیتا^۶ و متازوا^۷ که به‌صورت زیر می‌باشد:

- 1- سلسله: مونرا (موجودات پروکاریوتی)
- 2- سلسله: آغازیان (موجودات یوکاریوتی اولیه)
- 3- سلسله: میکوتا (منحصرأقارچ‌ها)
- 4- سلسله: متافیتا (گیاهان یوکاریوتی پیشرفته)

-
1. antheridia
 2. Cruciate
 3. Monera
 4. Protista
 5. Mycota
 6. Metaphyta
 7. Metazoa

5- سلسله: متازوآ (همه جانوران چندسلولی)

در این طبقه‌بندی، همه جنس‌های سیانوباکتری‌ها یا جلبک‌های پروکاریوتی در سلسله «مونرا» همراه با باکتری‌های پروکاریوتی قرار می‌گیرند. همه اعضای تک سلولی در سلسله «آغازیان» قرار می‌گیرند. از جمله پروتوزوآهای سلسله جانوری و جلبک‌های تک‌سلولی سلسله گیاهان. گیاهان عالی چندسلولی شامل جلبک‌ها در سلسله «گیاهان»، همراه با بریوفیت‌ها و پتریدوفیت‌ها¹ قرار می‌گیرند. برطبق این طبقه‌بندی، مونرا، گروه‌های ابتدایی ارگانیسم‌ها را شامل می‌شود. به نظر می‌رسد مونرا ضمن پیشرفت به آغازیان تکامل یافته و از آغازیان نیز سه سلسله‌ی دیگر ارگانیسم‌ها، یعنی قارچ‌ها، گیاهان و جانوران، در امتداد خطوط مجزا تکامل یافته‌اند. قارچ‌ها به نظر درست بعد از پروتیستا (آغازیان) پیدایش یافتند. بعد از آن، حدود یک بلیون سال پیش، برخی آغازیان به جانوران چندسلولی اولیه تکامل یافتند. بعد از آن، احتمالاً 350 میلیون سال قبل، برخی آغازیان به اشکال عالی گیاهان تکامل یافتند. همانند همه سیستم‌های طبقه‌بندی، این طبقه‌بندی 5 سلسله‌ای دارای نقاط قوت و ضعف است. البته، تا حد زیادی دلیل قرارگیری تکاملی انواع گروه‌های مختلف موجودات زنده، به‌عنوان سیستم پذیرفته شده امروزی شناخته شده است. این سیستم طبقه‌بندی بدلیل ملاحظات زیر علمی‌تر و طبیعی‌تر به نظر می‌رسد:

- 1- همه پروکاریوت‌ها در یک سلسله‌ی مستقل قرار می‌گیرند. این قابل توجیه است، زیرا آن‌ها به واسطه سازمان دهی عمومی شان از همه موجودات دیگر متفاوت هستند.
- 2- سلسله آغازیان (پروتیستا) حاوی همه یوکاریوت‌های تک‌سلولی می‌باشند و بسیاری از مشکلات به‌ویژه مشکلات مربوط به موقعیت برخی موجودات غیرمعمول مانند اوگلنا را حل می‌کند.
- 3- جداسازی گروه قارچ به‌عنوان یک سلسله مجزا قابل توجیه است، زیرا قارچ‌ها در کل از دیگر یوکاریوت‌های اولیه مانند جلبک‌ها و پروتوزوآها متفاوت هستند.
- 4- طبقه‌بندی 5 سلسله‌ای، تأکید بارزی بر سازماندهی سلولی و نحوه تغذیه دارد. البته این طبقه‌بندی 5 سلسله‌ای دارای نقاط ضعفی نیز می‌باشد، به‌ویژه در مورد اشکال ساده‌تر حیات:
- 1- سلسله مونرا و پروتیستا (آغازیان) شامل موجودات فتوسنتزی (اتوتروفی) و غیرفتوسنتزی (هتروتروفی) و همچنین موجوداتی دارای دیواره سلولی و فاقد دیواره سلولی می‌باشند.

1. bryophytes and pteridophytes

- 2- سه سلسلهٔ عالی یا لاین‌های چندسلولی، چندین بار از آغازیان منشأ گرفته‌اند (پلی فلیتیک).
 - 3- جلبک سبز کلنی یا تک سلولی مانند *Chlamydomonas* و *Volvox* به‌دلیل شباهت‌شان با جلبک‌های سبز دیگر تحت سلسله پروتیستا قرار نمی‌گیرند.
 - 4- کپک‌های چسبنده^۱ از دیگر اعضای پروتیستا متفاوت هستند.
 - 5- ویروس‌ها دارای مکان مناسبی در این سیستم طبقه‌بندی نیستند.
- با وجود این، طبقه‌بندی 5 سلسله‌ای، پذیرش گسترده‌ای را توسط زیست‌شناسان سراسر جهان کسب کرده است.

وضعیت ویروس‌ها

موقعیت ویروس‌ها در سلسله زیستی، یکی از اسرارهای ناشناخته می‌باشد. به لحاظ عدم وجود سازمان سلولی، ویروس‌ها نمی‌توانند با پروکاریوت‌ها یا یوکاریوت‌ها قرار گیرند. ویروس‌ها به‌عنوان واسط بین سیستم‌های زنده و غیرزنده در نظر گرفته می‌شوند. ویروس‌ها فعال هستند و تولیدمثل آن‌ها صرفاً داخل سلول میزبان می‌باشد. در حالت آزاد، کاملاً غیرفعال هستند. آن‌ها حتی می‌توانند مانند مواد شیمیایی خالص شوند و تبلور یابند. ویروس‌ها دارای مواد ژنتیکی هستند که با DNA یا RNA نشان داده شده و با غلاف پروتئین احاطه شده‌اند. ویروس‌ها با استفاده از دستگاه متابولیکی و مواد خام سلول میزبان تولیدمثل می‌کنند. بدلیل این ویژگی‌های اختصاصی، ویروس‌ها با هیچیک از این 5 سلسله حیات سازگاری ندارند. از سال 1975 به بعد، با پیشرفت میکروسکپ الکترونی و دیگر ابزارهای پیشرفته نظیر SEM با قدرت تفکیک بالا، TEM، HPLC و HPTLC، ویژگی‌های دقیق سلولی جلبک‌ها مانند ویژگی‌های فراساختاری و بیوشیمیایی و اخیراً داده‌های مولکولی نیز برای طبقه‌بندی جلبک‌ها همراه با ویژگی‌های مورفولوژیکی تالوس (ریسه) جلبک مورد توجه قرار گرفته است. از آن پس، علم جلبک‌شناسی، تغییرات مفهومی عمده‌ای را متحمل شده‌است. افزایش قدرت تفکیک میکروسکپ الکترونی، وجود و ساختار تاژک، کرک‌های تاژکی، ریشه‌های تاژک‌دار، لکه‌های چشمی، کلروپلاست، شبکه اندوپلاسمی و غیره را نشان داد که در سیستماتیک پایه جلبک، به‌ویژه جلبک سبز بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

مشاهدات عمده‌ای توسط هیپس-پیکت^۱ (سال‌های 1967، 1969، 1972a، 1975b) نشان داد انواع مختلف آرایش‌های میکروتوبولی در سیتوکینز جلبک سبز دخالت دارد. در برخی راسته‌های

1. Slime moulds

کلروفیتا، تقسیمات سلولی با فروپاشی دستگاه‌های دوکی شکل درون منطقه‌ای^۲ بعد از میتوز توصیف شده‌اند که به فیکوپلاست با میکروتوبول‌هایی که به سمت صفحه تقسیم سلول هدایت شده‌اند، منتج می‌شود، مانند راسته‌های *Chlorococcales*، *Oedogoniales*، *Volvocales*، *Tetrasporales* و *Ulotrichales*. از طرف دیگر، برخی اعضا همراه با گیاهان خشکی دارای ساختمان‌های دوکی شکل دائمی هستند و برش‌ها و شیارهایی تولید می‌کنند (*Klebsormidiales*) یا فراگموپلاست‌هایی را تشکیل می‌دهند^۳ که در آن میکروتوبول‌ها عمود بر سطح تقسیم سیتوپلاسمی می‌باشند (*Coleochaetales*, *Charales* and *Conjugales*). در عین حال، تجزیه و تحلیل بیوشیمی، وجود و ساختار رنگدانه‌های جلبکی، محصولات ذخیره شده و اجزای دیواره سلولی را نشان داد. با در نظر گرفتن این پارامترها، استورات و ماتوکس^۴ (1975)، جلبک‌های سبز را به 5 طبقه با در نظر گرفتن سیتولوژی مقایسه‌ای طبقه‌بندی کردند که شامل *Zygnematales*، *Chlorokybales*، *Coleochaetales* and *Charales*، *Klebsormidiales* می‌باشد.

1-2-3-1- نقش کلروپلاست جلبک‌ها در طبقه‌بندی

مرسچکوسکی^۵ (1905) اولین بار در مورد ماهیت و مبدأ کلروپلاست در جلبک یوکاریوتی و الگوی تکاملی بین آن‌ها مطالعاتی انجام داد. وی در سال 1905 کامل‌ترین مقاله خود در زمینه مبدأ کلروپلاست را منتشر کرد. براساس این نظریه سلول یوکاریوتی جلبک، از طریق فرآیندی به نام رویداد درون همزیستی^۶ بین سلول‌های سیانوباکتریایی و پروتوزوای فاگوسیتوز کننده یوکاریوتی اولیه منشاء گرفته است.

وی این نظریه را ارائه نمود چرا که او ویژگی‌های بسیاری از جلبک متحرک تک‌سلولی فتوسنتزکننده از جمله ساختار سلولی، حرکت آن‌ها و ساختار تاژک آن‌ها را مشابه با پروتوزوای هتروتروپی مشاهده نمود. از طرف دیگر، کلروپلاست دارای DNA و فرایند نسخه‌برداری خاص خود می‌باشد. اما در آن زمان، این فرضیه مورد پذیرش قرار نگرفت. بعد از آن، با پیشرفت میکروسکپ

-
1. Pickett-Heaps
 2. interzonal spindle
 3. Phragmoplast
 4. Stewart and Mattox
 5. Mereschkowski
 6. Endosymbiotic

الکترونی و ابزارهای پیشرفته دیگر، برخی شواهد بویژه دیواره سلولی از جنس پپتیدوگلیکان اطراف کلروپلاست گلوکوفیسه‌ها^۱ به عنوان رویدادهای همزیستی داخلی در تکامل کلروپلاست ثابت شد. این فرضیه تقریباً بعد از گذشت 75 سال از فرضیه اولیه ارائه شده توسط مرسچکوسکی پذیرفته شد. لی^۲ (1980) برای اولین بار، این فرضیه را در سیستم طبقه‌بندی خود پذیرفت. وی همچنین تئوری همزیستی داخلی را عنوان کرد و مطرح کرد که تکامل کلروپلاست در سه مسیر تکاملی صورت می‌پذیرد.

در مسیر اول تکامل به‌منظور توسعه کلروپلاست، یک سلول جلبک پروکاریوتی توسط یک پروتوزوای فاگوسیتوز کننده غیر فتوسنتزی به همراه یک وزیکول غذایی گرفته می‌شود. پروتوزوآها به جای هضم سلول‌های جلبک، ابتدا به‌عنوان همزیستی داخلی آن را حفظ می‌کنند. همزیست‌های داخلی از میزبان به‌عنوان پناهگاه استفاده می‌کنند. در مقابل میزبان، محصول فتوسنتزی حاصل از همزیستی درونی را استفاده می‌کند. در جریان تکامل، همزیست‌های درونی به اندامک سلولی فتوسنتزی و یا کلروپلاست تغییر می‌یابد که پروتوزوای فتوسنتز کننده را به سلول جلبک یوکاریوتی تغییر می‌دهد. در نهایت، در فرآیند تکامل، غشای پلاسمایی همزیست داخلی، به صورت غشای داخلی کلروپلاست درمی‌آید و غشای وزیکول غذایی میزبان به صورت غشای خارجی پوشش کلروپلاست در می‌آید (کلروپلاست Glaucophyta مراحل حد واسط را نشان می‌دهد). این فرایند به عنوان فرایند همزیستی داخلی اولیه نام گرفته است.

در مسیر دوم تکامل، یک کلروپلاست از یک جلبک یوکاریوتی توسط پروتوزوای فاگوسیتوز کننده به همراه یک واکوئل غذایی برداشته می‌شود. در نهایت، غشای وزیکول غذایی میزبان به صورت غشای واحد با شبکه آندوپلاسمی کلروپلاست در می‌آید که دو پوشش کلروپلاستی را احاطه می‌کند. این فرایند به عنوان درون همزیستی ثانویه نامیده می‌شود که در آن کلروپلاست دوغشایی با همزیستی داخلی اولیه و کلروپلاست سه غشایی جلبک با رویدادهای ثانویه تکامل می‌یابد (گروه سوم طبقه‌بندی لی).

در مسیر تکاملی سوم، پروتوزوآهای فاگوسیتوزی، یک جلبک قرمز را وارد وزیکول غذایی می‌کنند. هسته جلبک قرمز به شکل اندام هسته مانند کوچک نوکلئومورف^۳ کاهش می‌یابد. این پروتوزوآ همراه

1. glaucophycean

2. Lee

3. nucleomorph

با همزیست جلبکی‌اش توسط یک پروتوزوای فاگوستیوزکننده ثانویه به‌عنوان وزیکول غذایی گرفته می‌شود. هسته اولین پروتوزوا، عملکرد دستگاه سلولی را برعهده می‌گیرد و هسته پروتوزای دوم از بین می‌رود. همچنین غشای وزیکول غذایی پروتوزوای دوم و پوشش خارجی هسته پروتوزوای اول نیز از بین می‌روند. در نهایت کلروپلاست چهار غشایی تکامل می‌یابد. غشای خارجی شبکه آندوپلاسمی کلروپلاست، پلاسمای اولین پروتوزوا است و غشای داخلی شبکه آندوپلاسمی کلروپلاستی از غشای وزیکول غذایی اولین پروتوزوا مشتق شده است.

بنابراین لی (1980) برای اولین بار، تغییرات تکاملی را در طبقه‌بندی جلبک قرار داد و چهار گروه تکاملی مجزا را در جلبک بر مبنای ساختار سلولی (پروکاریوت و یوکاریوت) و فراساختار کلروپلاست مطرح کرد که توسط همگان مورد پذیرش قرار گرفت. طبقه‌بندی لی پس از آن چندین بار در سال‌های 1989، 1999 و 2008 مورد بازبینی قرار گرفت. برطبق این طبقه‌بندی، 4 گروه تکاملی مجزا وجود دارد. بر طبق طبقه‌بندی لی گروه‌بندی عمدتاً بر اساس الگوی تکاملی کلروپلاست و فراساختار تاژی جلبک صورت می‌گیرد و به 4 گروه اصلی زیر تقسیم می‌شوند:

اعضای گروه اول ماهیتاً پروکاریوت هستند و فاقد کلروپلاست غشادار می‌باشند و فقط دارای تیلاکوئیدهای آزاد در سیتوپلاسم هستند. همه سیانوباکتری‌ها در این گروه قرار می‌گیرند.

در گروه دوم، کلروپلاست‌ها ساختار پایه ای خود را دارند، یعنی پوشش کلروپلاست دو غشایی می‌باشد. اندامک‌ها در ماده زمینه ای استروما محصور شده و تیلاکوئیدهایی با ساختار غشایی کیسه مانند، درون آن جاسازی شده‌اند. این نوع از کلروپلاست‌ها در سه گروه جلبکی وجود دارند، یعنی *Glaucophyta*، *Rhodophyta* و *Chlorophyta* (گروه 2). برطبق، طبقه‌بندی لی، این گروه بندی اصولاً بر مبنای الگوی تکاملی کلروپلاست جلبکی و فراساختار تاژک انجام می‌شود و اصولاً به چهار گروه به صورت زیر تقسیم شده است. اعضای گروه اول، پروکاریوتی هستند و فاقد کلروپلاست با غشای محدود که تنها دارای تیلاکوئیدهای آزاد درون سیتوپلاسم می‌باشند. همه سیانوباکتری‌ها در این گروه قرار می‌گیرند. در گروه دوم، کلروپلاست‌ها با ساختار پایه، یعنی اندامک‌های محدود به غشای دوگانه (غشای کلروپلاست) قرار دارند. به طور خلاصه ساختار تیلاکوئیدی در سه شاخه از جلبک‌ها جاسازی شده : *Glaucophyta*، *Rhodophyta* و *Chlorophyta* (گروه II). این جلبک‌ها از طریق همزیستی درونی اولیه تکامل یافته اند. از میان جلبک‌های این سه شاخه تیلاکوئیدها در کلروپلاست‌های *Glaucophyta* با فاصله مساوی از هم در منطقه‌ی پیرامونی اطراف کلروپلاست مرتب

شده‌اند (مثل سلول سیانوباکتری)، شباهت‌هایی بین کلروپلاست‌های *Glaucomphyta* و سیانوباکتری‌ها به شرح زیر وجود دارد.

— آن‌ها اندازه‌ی یکسان دارند.

— در فتوسنتز اکسیژن آزاد می‌کنند.

— ریبوزومشان از نوع 70S است.

— DNA حلقوی پروکاریوتی بدون پروتئین پایه است.

— دیواره‌ی اطراف کلروپلاست پوشیده از پپتید و گلیکان است.

به همین دلیل کلروپلاست *Glaucomphyta* به‌عنوان سیانل‌ها¹ یا کلروپلاست اولیه نامیده می‌شود. همچنین کلروپلاست *Rhodophyta* (ردوپلاست) از دو غشا کلروپلاستی بدون شبکه اندوپلاسمی کلروپلاستی احاطه شده است. در داخل کلروپلاست تیلاکوئیدها مجزا هستند و مولکول DNA به-عنوان میکروفیبریل‌ها در آن واقع شده است رنگدانه‌های فیکوبیلین² درون فیکوبیلیزوم³ که روی سطح تیلاکوئید قرار گرفته است، متمرکز شده‌اند (شبیه به *Cyanophyceae*). کلروفیل *a* و *d* در داخل تیلاکوئیدها وجود دارد. از میان کاروتنوئیدها، زئزانترین⁴ به مقدار زیاد دیده می‌شود. فیکوبیلی پروتئین-ها⁵ شامل R فیکوسیانین⁶ و آلفوفیکوسیانین⁷ و سه فرم از فیکواریتین⁸ با بیشترین مقدار وجود دارد.

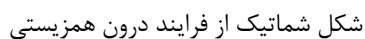
در *Chlorophyta* کلروپلاست همانند کلروپلاست گیاهان پیشرفته بسیار تکامل پیدا کرده است و کلروپلاستی با پوشش دولایه‌ای است. تیلاکوئید برای تشکیل گرانا روی هم چیده شده که در ماتریکس استروما قرار دارد. همچنین رنگدانه کلروپلاست شبیه به گیاهان عالی می‌باشد. دارای کلروفیل *a* و *b* و لوتئین کاروتنوئید اصلی است. گاهی اوقات کاروتنوئیدهای خارج از پلاستید هم وجود دارد (هماتو کروم). DNA کلروپلاستی تقریباً حلقوی و ریبوزوم از نوع 70S است. پیرونوئید موجود در کلروپلاست در تشکیل نشاسته نقش دارد. نشاسته آن شبیه به گیاهان عالی است که از آمیلوز و آمیلو پکتین تشکیل شده است. پیرونوئید یک منطقه‌ی متفاوت درون کلروپلاست است که از پلی پپتیدها با خواص آنزیمی ریبولوز 1و5 بیس فسفات کربوکسیلاز تشکیل شده که قادر به تثبیت دی‌اکسید کربن است.

-
1. Cyanelles
 2. phycobilin
 3. phycobilisomes
 4. zeaxanthin
 5. Phycobiliproteins
 6. R-phycocyanin
 7. allo phycocyanin
 8. phycoerythrin

ذخیره سازی محصولات غالباً وابسته به پیروئوئید است. پیروئوئید ممکن است چگال تر از استرومایی که اطرافش را احاطه می‌کند باشد یا ممکن است به وسیله‌ی تیلکوئید جابجا شود یا نشود. گروه III از کلروپلاست جلبک تقسیم می‌شود به *Dinophyta* و *Euglenophyta* و هاگداران که کلروپلاست آنها با غشای دو لایه احاطه شده‌است و یک غشای شبکه اندوپلاسمی کلروپلاست دارند که با غشای هسته پیوسته نیست. تیلکوئیدها در دسته‌های سه‌تایی گروه بندی می‌شوند: دارای پیگمان‌های اصلی کلروفیل a و b (در *Euglenophyta*)، کلروفیل a و c2 و پیریدینین به عنوان گزانتوفیل اصلی (در *Dinophyta*) و کلروپلاست ابتدایی (در هاگداران) می‌باشند. علاوه بر این، برخی کلروپلاست‌های کمکی در *Dinophyta* حضور دارند (که بیشتر ناشی از فرایند درون همزیستی بین سلول دینوفلاژله-ها^۱ و *Cyanophyta* یا *Bacillariophyceae* یا *Rhodophyta* می‌باشد) رنگ مشخصی را به سلول می‌دهد. غشاهای گروه چهارم تکاملی *Heterokontophyta* شامل کلروپلاستی با چهار غشا (دو غشای کلروپلاست و دو غشای شبکه اندوپلاسمی کلروپلاست) می‌باشد.

کلروپلاست در *Phaeophyta* مشهور به فائوپلاست^۲ است. فائوپلاست یک ساختار غشایی چهار قسمتی به همراه سه تیلکوئید در هر نوار و باند است. ساختارهای غشایی بین غشای کلروپلاست و شبکه اندوپلاسمی کلروپلاست حضور دارد. کلروپلاست محتوی کلروفیل a و c1 و c2 به همراه کاروتنوئید اصلی فوکوزانتین می‌باشد. پیروئوئیدها در جلبک های قهوه ای ساختاری ساقه مانند دارند که از بدنه اصلی کلروپلاست منشاء می‌گیرند و شامل مواد دانه‌دار می‌باشد که از تیلکوئیدها عبور نمی‌کند. در اطراف پیروئوئیدها یک ساختار کیسه مانند وجود دارد که شامل مواد غذایی ذخیره ای، عموماً به شکل لامینارین به عنوان مهمترین ترکیب، می‌باشد.

-
1. dinoflagellate
 2. Phaeoplast



در این سیستم طبقه‌بندی، تمام سلسله‌جایی به 4 گروه مشخص تقسیم می‌شود:

2- جلبک‌های یوکاریوتی با کلروپلاست دو غشایی

3- جلیک‌های یوکارپوتی، با کلروپلاستی با یک غشا شبکه اندوپلاسمی (در مجموع سه غشا)

4- جلبک‌های یوکاریوتی با کلروپلاستی با دو غشا شبکه اندوپلاسمی (در مجموع چهار غشا)

گروه 1:

Cyanobacteria (1)

گروه 2:

Glaucophyta (1)

Rhodophyta (2)

Chlorophyta (3)

گروه 3:

Euglenophyta (1)

Dinophyta (2)

Apicomplexa (3)

گروه 4:

Cryptophyta (1)

Heterokontophyta (2)

Prymnesiophyta (3)

سیانوباکتری‌ها (Cyanobacteria)

اعضای پروکاریوتی که دارای کلروفیل a و فیکوبیلی پروتئین‌ها هستند، برخی از اعضا حاوی کلروفیل b هستند و به عنوان سیانوباکتری‌های سبز شناخته می‌شوند (Prochlorophyta). دیواره سلولی به دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی مشابه است، حاوی لایه پپتیدوگلیکان در خارج از غشا سلولی است. DNA حلقوی بدون پوشش در بخش مرکزی سلول حضور دارد. دیگر اجزای سلولی شامل سیانوفیسین^۱، پلیمری از آرژنین^۲، آسپارتیک اسید^۳؛ کربوکسی‌زوم^۴؛ اجسام جسم پلی فسفات^۵

-
1. Cyanophycin
 2. polymer of arginine
 3. aspartic acid
 4. carboxysome
 5. polyphosphate bodies

و گرانول‌های پلی‌گلیکان^۱ است. واکوئل‌های گازی حاوی تعداد زیادی از وزیکول‌های گازی نیز حضور دارند.

Glaucomphyta

اعضای تک سلولی با کلروپلاست نوع ابتدایی، بسیاری از خصوصیات مشابه با سیانوباکتری‌های اجدادی را نشان می‌دهند و تحت عنوان سیانل^۲ شناخته شده‌اند. رنگدانه در این گروه مشابه با سیانو باکتری‌هاست، اعضا تک سلولی تاژک دار هستند.

Rhodophyta

هم در آب شیرین و هم در آب شور زندگی می‌کنند. شامل نمونه‌های تک یاخته ایی تا ریشه ای بزرگ هستند، به‌خصوص در جلبک‌های دریایی. یک تیلاکوئید در هر نوار کلروپلاست وجود دارد و فاقد شبکه آندوپلاسمی کلروپلاستی می‌باشند. دانه‌های نشاسته^۳ فلوریدین در سیتوپلاسم ساخته می‌شود. تاژک ندارد و دارای منافذ ارتباطی بین سلولی (pit) هستند. دستگاه تناسلی اسپرماتیا^۴ و کارپوگونیا^۵ است. تغییر پس از لقاح (در آن‌ها) بارز است. تنها رده آن Rhodophyceae است.

Chlorophyta

دارای کلروفیل **a** و **b** و فرم ذخیره ماده غذایی درون کلروپلاست نشاسته است. کلروپلاست تنها با دو غشا و تیلاکوئید به‌صورت گرانا می‌باشد، هم در آب شیرین و هم در آب شور زندگی می‌کنند. از نظر شکلی بسیار متنوع هستند. تاژک‌های نوع ایزوکنت^۵ به حالت موی نازک وجود دارند. ریشه‌های تاژکی به شکل صلیب یا به شکل یک طرفه هستند. لکه چشمی دارند. شامل چهار رده:

Prasinophyceae_
Charophyceae_
Ulvophyceae_
Chlorophyceae_

-
1. polyglucan
 2. cyanelle
 3. spermatia
 4. carpogonia
 5. isokont

Euglenophyta

تک سلولی و تاژک دارند که توسط پوسته^۱ احاطه شده است. کلروپلاست دو غشا کلروپلاستی و یک غشا شبکه اندوپلاسمی کلروپلاستی دارد. شامل کلروفیل a و b می‌باشند. وابسته به آب شور یا شیرین هستند. سیتوزوم یا ساختار کانال مانند در ناحیه قدامی سلول وجود دارد. تنها رده این شاخه: Euglenophyceae

Dinophyta

تک سلولی دارای دو نیمهٔ اپی‌کن و هیپوکن^۲ ساخته شده از صفحات تکا^۳، کلروپلاست با دو غشا کلروپلاستی و یک شبکه اندوپلاسمی کلروپلاست به همراه کلروفیل a و c2 و کاروتنوئید، پیریدینین^۴ و نئوپیریدینین^۵ به عنوان رنگدانه‌های اصلی، محصول ذخیره‌ای نشاسته است. دارای دو تاژک یکی به صورت طولی و یکی به صورت عرضی. تنها دارای یک رده: Dinophyceae

Apicomplexa (هاگداران)

تک یاخته دارای پلاستید بی رنگ ساده که اپیکوپلاست^۶ نامیده می‌شود. اپیکوپلاست و پلاستید های دو تاژکی از یک واقعه درون همزیستی از جلبک قرمز منشأ گرفته‌اند. کمپلکس راسی شامل یک حلقه قطبی و مخروطی شکل است که از میکروتوبول مارپیچی حلزونی تشکیل شده‌اند. هاگداران انگل های درون سلولی هستند که باعث بعضی از بیماری‌های بسیار مهم مناطق گرمسیری مثل مالاریا و اسهال می‌باشند. انگل به کمک بخش مخروطی بیرون زده به سلول میزبان می‌چسبد و یک بخش خنجر مانند برای اتصال محکم با سلول میزبان ایجاد می‌کند. سلول هاگداران در درون سلول میزبان به شکل یک واکوئل انگلی^۷ وجود دارد.

-
1. pellicle
 2. Epicone and hypocone
 3. thecal plates
 4. peridinin
 5. neoperidinin
 6. Apicoplast
 7. Parasitophorous vacuole

Cryptophyta

دارای کلروفیل a و c هستند. فیکوبیلی پروتئین‌ها و شبه هسته بین غشای داخلی و خارجی شبکه اندوپلاسمی کلروپلاست وجود دارند. دانه‌های ذخیره‌ای نشاسته بین غشای داخلی شبکه اندوپلاسمی کلروپلاست و غشای کلروپلاست وجود دارند. پری پلاست درون غشای پلاسمایی قرار دارد. موهای سه طرفه بر روی تاژک‌ها قرار دارند. تنها یک رده دارند: Cryptophyceae.

Heterokontophyta

سلول‌ها تاژک‌های قدامی مویی، سه طرفه و براق دارند. تاژک خلفی شلاقی شکل است. رنگدانه‌ها شامل کلروفیل a و c و فوکوزانتین است. محصول ذخیره‌ای معمولاً کریزولامینارین^۱ است که در وزیکول‌های سیتوپلاسمی وجود دارد. این گروه شامل 12 رده است:

1. Chrysophyceae
2. Synurophyceae
3. Eustigmatophyceae
4. Pinguiphyceae
5. Dictyochophyceae
6. Pelagophyceae
7. Bolidophyceae
8. Bacillariophyceae
9. Raphidophyceae
10. Xanthophyceae
11. Phaeothamniophyceae
12. Phaeophyceae

(Haptophytes) Prymnesiophyta

اعضای این گروه دارای دو تاژک شلاقی، هاپتونما^۲، کلروفیل a و c، فوکوزانتین و پولک‌های خارج سلولی هستند. محصولات ذخیره‌ای معمولاً کریزولامینارین در وزیکول‌های سیتوپلاسم است. تنها رده آن: Prymnesiophyceae

1. Chrysolaminarin
2. haptone

ام. سی. فادان^۱ در سال 2001 شاخه دیگری از جلبک‌ها را به طبقه‌بندی خود اضافه نمود که اعضای آن چهار غشا کلروپلاستی داشته و رنگدانه اصلی آنها کلروفیل **a** و **b** می‌باشد.

1-3-2-3- دیگر تقسیمات از جلبک‌ها

کلروپلاست مشتق شده از جلبک‌های سبز می‌باشد، دارای کلروفیل‌های **a** و **b** هستند، شبه هسته بین غشای داخلی و خارجی شبکه اندوپلاسمی کلروپلاست وجود دارد. کلروپلاست چهار غشا دارد، دو غشا کلروپلاستی و دو غشا شبکه اندوپلاسمی کلروپلاست، سلول رویشی برهنه، تک هسته‌ای و دارای بیرون‌زدگی‌های آمیبی شکل هستند، به‌عنوان مثال *Chlorarachnion*

برمر^۲ در سال 1981 Charophytes و Embryophytes را بر اساس خصوصیات مولکولی و فراساختاری در یک شاخه منفرد تحت‌عنوان Streptophyta ترکیب کرد. زیرا آن‌ها خصوصیات مشترک زیادی داشتند وی همچنین Charophytes را به‌عنوان اجداد گیاهان زمین در نظر گرفت. کوالیر^۳ در سال 1981 اصطلاح Viridiplantae را که در بر گیرنده گیاهان سبز حقیقی از جمله جلبک‌های سبز و گیاهان عالی به عنوان یک گروه قطعاً مونوفیلتیک^۴ بر پایه خصوصیات فراساختاری تاژک (ساختار ستاره مانند در منطقه انتقال تاژکی) و خصوصیات پلاستید (کلروفیل **a** و **b**) می‌باشد، پیشنهاد داد.

اعضایی از فیتوپلانکتون‌ها متعلق به گروه‌های مختلف جلبک‌ها و سیانوباکتری‌ها دارای انواع مختلف رنگدانه‌ها به صورت ترکیبات متفاوت هستند که در طبقه‌بندی جلبک‌ها مهم می‌باشد. این رنگدانه‌ها نقش مهمی را در تحقیقات اقیانوس‌شناسی ایفا می‌کنند که از جمله به‌عنوان ردیاب به منظور آشکار ساختن ترکیب و سرنوشت فیتوپلانکتون‌ها در اقیانوس به کار می‌روند. همچنین در ارتباط با چرخه های بیوژئوشیمیایی مهم مانند چرخه کربن نقش دارند. رنگدانه‌های فیتوپلانکتون‌ها اغلب رنگ آب را تغییر می‌دهند. این موضوع نشان‌دهنده سرعت رشد زیست‌توده^۵ می‌باشد که همچنین در تخمین میزان آن‌ها در محیط (In situ) در برنامه سنجش از دور استفاده می‌شود. با تجزیه و تحلیل این رنگدانه‌ها با استفاده از دستگاه‌های HPLC و یا HPTLC وجود یا عدم وجود پیکوپلانکتون‌ها را می‌توان تعیین نمود. این تکنیک‌ها اجازه شناسایی بسیاری از رنگدانه‌های جدید را فراهم می‌کنند. بنابراین تجزیه و

1. McFadden
2. Bremer
3. cavalir
4. monophyletic
5. biomass

تحلیل رنگدانه فیتوپلانکتون‌ها در تحقیقات مربوط به اقیانوس شناسی به خصوص برای اهداف رده‌بندی شیمیایی^۱ بسیار حائز اهمیت است. از سال 1997 به بعد طیف سنجی وابسته به HPLC^۲ برای تجزیه و تحلیل های پلانکتون‌های دریایی مورد استفاده قرار گرفت. زیست‌توده فیتوپلانکتون‌های اقیانوسی عموماً به‌وسیله‌ی اندازه‌گیری رنگ اقیانوس از فضا تعیین می‌شود. بنابراین اندازه‌گیری های رنگدانه در شرایط *in situ* برای تحقیقات اقیانوس شناسی دارای اولویت هستند (Jeffrey et al. 1997a ; Nair et al. 2008).

در سال‌های اخیر برای توسعه نقشه جمعیتی ریزجلبک‌ها، رنگدانه‌های اصلی هر گروه مشخص برای مطالعه میدانی در نظر گرفته می‌شود. بسیاری از جنس‌های جدید جلبک‌ها براساس ترکیب رنگدانه‌ها شناسایی شدند، به عنوان مثال اعضای *Herptophyton* (Zapata et al. 2004). آنها بسیاری از اعضای جدید خانواده‌های کلروفیل C و فوکوزانتین را از جنس‌های متفاوت فیتوپلانکتون‌ها باز شناسایی کردند. جفری^۳ و همکاران در سال 1997، کتاب بسیار مهمی را تحت‌عنوان "رنگدانه‌های فیتوپلانکتون‌ها در اقیانوس شناسی: راهنمای روش‌های مدرن (SOR-UNESCO volume)" به چاپ رسانید.

آنها 12 رده از ریزجلبک‌ها را به عنوان اعضای معمولی فیتوپلانکتون‌ها فهرست کردند. از جمله، diatoms (دیاتومه‌ها)، dinoflagellates (دینوفلاژله‌ها)، *Cryptophyta*, *Heptophyta*, *Rhodophyta*, *Raphidophytes*, *Cryptomonads*, *Chlorophytes*, *euglenophytes*, *eustigmatophytes*, *ciyanobacteria* (سیانوباکتری‌ها) و *prochlorophytes*. استفاده از HPLC و کروماتوگرافی مایع با کارایی فوق‌العاده بالا^۴ (UPLC) علاوه بر شناسایی تاکسون‌های متفاوت فیتوپلانکتون‌ها، به توصیف منابع کد و بانک ژنی کمک فراوانی کرد. سیستم جدید طبقه‌بندی یوکاریوت‌ها (فقط شامل گروه‌های ریزجلبکی فتوسنتز کننده) از منظر پروتئستایی توسط آدل و همکاران در سال 2005 پیشنهاد شده است که در نشریات اقیانوس شناسی عموماً استفاده شده است. بر طبق اظهارات آنها، سلسله‌های قدیمی تر مانند متازوا، قارچ‌ها و گیاهان به عنوان دودمان‌های مشتق شده از پروتئستای مونوفیلیک شناخته می‌شوند. مؤلفان مولکول‌های با منشاء گیاهی را در 6 خوشه به شرح زیر گروه‌بندی کرده‌اند:

-
1. Chemotaxonomic
 2. HPLC- linked mass spectrometry
 3. Jeffrey
 4. ultrahigh performance liquid chromatography

- 1-Opisthokonta: جانوران، قارچ‌ها، کوانوفلاژله‌ها^۱ و مزومايستوزوآ^۲
 2-Amoebozoa: آمیب‌های قدیمی، کپک‌های چسبنده^۳ و غیره
 3-Rhizaria: روزن‌داران، شعاعیان، تاژک‌داران هتروتروف و غیره
 4-Archaeplastida: جلبک‌های قرمز، جلبک‌های سبز، Glaucophyta و گیاهان

طبقه‌بندی آدل و همکاران (2005)

فوق‌گروه‌ها	سطح اول	(نمونه‌هایی از موجودات یوکاریوتی قنسترکننده) سطح دوم
Rhizaria	Cercozoa	Chlorarachniophyta, Paulinella
Archaeplastida	Glaucophyta	Glaucophyceae
	Rhodophyceae	Subdivisions uncertain according to Adl et al. (2005)
	Chloroplastida	Charophyta*, Chlorophyta, Mesostigma, Prasinophyta
Chromalveolata	Cryptophyceae	Cryptomonadales
	Haptophyta	Pavlovophyceae, Prymnesiophyceae
	Stramenopiles	Bacillariophyta, Bolidomonas, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatales, Pelagophyceae, Phaeophyceae*, Phaeothamniophyceae, Pinguichrysidales, Raphidophyceae, Synurales, Xanthophyceae
	Alveolata	Apicomplexa, Dinzoa
Excavata	Euglenozoa	Euglenida

خوشه‌های دارای گروه‌های پرسلولی: a:

4-1- طبقه‌بندی فیتوپلانکتون‌ها

4-1-1- بر اساس تغییرات اندازه

فیتوپلانکتون‌ها طیف وسیعی از تغییرات اندازه را نشان می‌دهند. قدیمی‌ترین فعالیت در طبقه‌بندی فیتوپلانکتون‌ها بر پایه تغییرات اندازه توسط شات^۴ (1892) پیشنهاد شد. در طی سال‌های 1950، پیشرفت انواع مختلف از شبکه‌ها، فیلترها و صفحات (توری‌های غربال) با اندازه‌های متفاوت از منفذ منجر به شناسایی میکرو-نانو و اولتراپلانکتون‌ها شد. پیکوپلانکتون‌ها کوچک‌ترین اندازه سلول با ضخامت 2-0/2 میکرومتر هستند، بعد از آن نانوپلانکتون‌ها 20-2 میکرومتر می‌باشند. میکروپلانکتون‌ها 20-200 میکرومتر، مزوپلانکتون‌ها 2-0/2 میلی‌متر و ماکروپلانکتون‌ها 20-2 میلی‌متر.

1. choanoflagellates
2. Mesomycetozoea
3. slime moulds
4. Shutt

متر هستند. جالب توجه آنکه، در مطالعات قدیمی‌تر پیکوپلانکتون‌ها تنها به «پیکوپلانکتون‌های هتروتروفیک اطلاق می‌شد که در حال حاضر به عنوان باکتریوپلانکتون‌ها شناخته می‌شوند (Sieburth, 1978)». در زمان‌های بعد، سیانوباکتری‌های کروکوکوئید^۱ در نمونه‌گیری‌های اقیانوسی به همراه دیگر یوکاریوت‌ها مشاهده شدند که اخیراً به عنوان «پیکوپلانکتون» نسبت داده می‌شوند (Li et al 1983, Johnson and Sieburth 1979). چندین واژه دیگر معرفی شده‌اند مثل (اولترا نانوپلانکتون) که به جلبک‌هایی که کمتر از 2 میکرومتر (Dussart and Roger 1966) هستند، نسبت داده می‌شود مثل (ولتراپلانکتون). استفاده از این واژه به طور عمده به نظرمؤلفان بستگی داشت و اندازه آن‌ها که از 0/5-15 میکرومتر متغیر بود (Reynold 1984, Hutchinson 1967). برخی از دانشمندان از واژه (نت پلانکتون)^۲ برای پلانکتون‌هایی که اندازه آنها از 45 میکرومتر بیشتر بود، استفاده کردند (Thronsdon 1978).

پیکوپلانکتون‌ها در اواخر قرن بیستم مورد توجه ویژه پلانکتون شناسان قرار گرفته‌اند. چندین مطالعه نشان داده‌اند که در آب‌های کم تولید^۳، پیکوپلانکتون‌ها جمعیت ابتدایی هستند که حدود 50 تا 70 درصد از کل تولیدات اکوسیستم‌های اقیانوسی را تشکیل می‌دهند (Caron et al. 1985). بنابراین، براساس ترکیب رنگدانه و تنوع ژنتیکی آن‌ها، پیکوپلانکتون‌ها به عنوان (پیکوسیانوباکتری‌های پروکاریوت) و (فتوتروف‌های یوکاریوت) طبقه‌بندی شده‌اند. متأسفانه شناسایی طبقه‌بندی پیکوپلانکتون‌ها براساس تغییرات ریخت‌شناسی خیلی دشوار محسوب می‌شود. بنابراین، برای شناسایی جمعیت‌های پیکوپلانکتون، ترکیبات رنگدانه‌ای و آنالیز، اغلب توسط روش‌های مولکولی به عنوان ابزارهای ممکن استفاده می‌شوند. جدول صفحه بعد طبقه‌بندی پلانکتون‌ها را بر اساس تغییرات اندازه آنها نشان می‌دهد.

-
1. chroococcoid cyanobacteria
 2. net plankton
 3. oligotrophic

جدول طبقه‌بندی پلانکتون‌ها بر اساس تغییرات اندازه آنها

گروه	محدوده اندازه	نمونه‌ها
Megaplankton	(20+ mm)	Metazoans, e.g. jellyfish, ctenophores, salps and pyrosomes (pelagic Tunicata), Cephalopoda
Macroplankton	(2–20 mm)	Copepods, amphipod, polychaete
Mesoplankton	(0.2–2 mm)	Protozoa, Foraminifera, Hydrozoa
Microplankton	(20–200 μm)	Dinoflagellates (e.g. <i>Dinophysis</i> , <i>Gymnodinium</i> , <i>Ceratium</i>), diatoms (e.g. <i>Biddulphia</i> , <i>Thalassiosira</i> , <i>Coscinodiscus</i>)
Nanoplankton	(2–20 μm)	Flagellates (<i>Distephanus</i> , <i>Thalassomonas</i> , <i>Tetraselmis</i>)
Picoplankton	(0.2–2 μm)	Cyanobacteria (<i>Synechococcus</i>)
Femtoplankton	(<0.2 μm)	Mostly viruses

1-4-2- بر اساس زیستگاه

فیتوپلانکتون‌ها در زیستگاه‌های آبی در سراسر جهان منتشر شده‌اند. آنها در آب‌های شیرین، لب شور و آب‌های شور، یخ، خاک مرطوب و مکان‌های نمناک زندگی می‌کنند. اکوسیستم‌های آب شیرین ساکن مثل دریاچه‌ها و استخرها را می‌توان به نواحی مختلف تقسیم نمود، شکل (1-1).

1- ناحیه فوق جزرومدیکه در بالای مرز ناحیه آبی واقع شده که تنها در موقع فعالیت‌های موج و پرتاب آب در فصول طوفانی مرطوب می‌شود. اینجا، جمعیت‌های جلبکی پراکنده باقی می‌مانند که به واسطه طبیعت خشک زیستگاه همراه دیگر عوامل بازدارنده مثل اثرات سایشی‌شن‌ها و سنگریزه‌ها می‌باشد.

2- ناحیه جزرومدی^۱ که تا حدود 6 متر عمق دارد که از سطح آب تا داخل آب گسترده دارد. این ناحیه، منطقه‌ای با تولیدات بالایی در سیستم‌های موج خیز^۲ است که حاصلخیزی آن اغلب به خاطر جلبک‌های سطح‌زی^۳ مثل دیاتومه‌ها و دسمیدها است.

3- ناحیه زیر جزرومدی^۴ که به سمت پایین تا نقطه جبران گسترش دارد.

4- ناحیه گودالی^۱ که ناحیه عمق زیر نقطه جبران را شامل می‌شود. جایی که جمعیت فیتوپلانکتونی اساساً متشکل از سلول‌های جلبکی هتروتروف بی‌رنگ و هاگ‌های ساکن جلبک‌های

1. The supralittoral zone

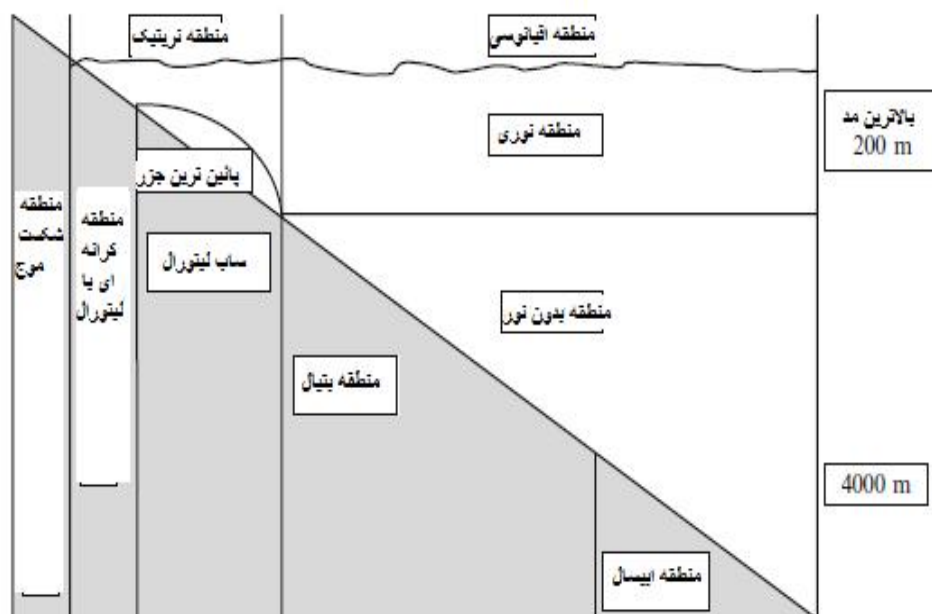
2. Lotice

3. periphytic

4. The sublittoral zone

فتوسنتزکننده هستند. در اکوسیستم‌های موج‌خیز مانند اقیانوس‌ها و دریاها، دو تقسیم‌بندی اصلی وجود دارد:

1- گونه‌های پلاژیک^۲ آنهایی هستند که تمام یا بخش اعظمی از چرخه زندگی خود را نزدیک سطح اقیانوس زندگی می‌کنند. دیاتومه‌های پلاژیک خودشان به انواع اقیانوسی و ساحلی تقسیم می‌شوند. (a) گونه‌های اقیانوسی^۳ آنهایی هستند که کاملاً توانایی زندگی و تولیدمثل را در آب‌های باز اقیانوسی دارند. گروه‌های اقیانوسی در عمق بالغ بر 200 متر گزارش شده‌اند. بنابراین منطقه اقیانوسی را می‌توان به 2 ناحیه مجزا تقسیم بندی کرد:



شکل 1-1: طبقه‌بندی اکوسیستم دریایی

1. The profundal zone
2. Pelagic species
3. Oceanic species

- (i) منطقه نوری یا سطحی^۱ که از سطح تا عمق 200 متر گسترش دارد، فعالیت های فتوسنتزی عموماً در قسمت بالایی این ناحیه انجام می‌شود.
- (ii) منطقه بدون نور^۲ (تاریک) که از عمق 200 متر به پایین گسترده است، در اینجا نور برای فعالیت فتوسنتزی پلانکتون‌ها کافی نیست.
- (b) گونه‌های ساحلی آنهایی هستند که منشاء نزدیک به ساحل دارند و تولیدمثل آنها بیشتر تحت تاثیر شرایط ساحلی است، ولی تمایز کامل بین گونه‌های اقیانوسی و ساحلی آسان نیست.
- 2- محیط کف (بستر)^۳ که نشان‌دهنده کف اقیانوس است، این محیط را می‌توان به قسمت های بیشتر طبقه‌بندی کرد.
- (a) ناحیه جزرومدی یا کرانه‌ای^۴ که از منطقه بالای جزرومدی تا پایین جزرومدی گسترش دارد.
- (b) ناحیه عمیق دریا^۵ که تمام کف دریا را از مرز پایین جزرومدی شامل می‌شود، این منطقه می‌تواند به 3 زیر بخش تقسیم شود:
- (i) ناحیه زیر جزرومدی^۶ که از مرز پایین جزرومدی تا عمق 200 متر گسترش دارد، این ناحیه عموماً متشکل از جلبک‌های دریایی بزرگ است که متعلق به شاخه جلبک های قرمز و جلبک های قهوه‌ای هستند، وجود این جلبک‌های دریایی در عمق‌های مختلف به کدورت و نفوذ نور در طول ستون آبی بستگی دارد.
- (ii) ناحیه عمیق دریا^۷ که از عمق 200-4000 متر گسترش دارد، این منطقه به شیب قاره ارتباط دارد، منطقه ای ژئومورفیک به سمت فلات قاره.
- (iii) ناحیه بسیار عمیق^۸ که از عمق 4000 متر به بعد را شامل می‌شود.
- گونه‌های اقیانوسی و ساحلی هر دو می‌توانند مطابق با عرض جغرافیایی که معمولاً در آن حضور دارند یا از آن منشاء گرفته‌اند، به 3 گروه اصلی تقسیم شوند، بنابراین، ما از گونه‌های اقیانوسی قطبی، گونه‌های اقیانوسی معتدله و گونه‌های اقیانوسی استوایی، همچنین گونه‌های ساحلی قطبی، گونه‌های ساحلی معتدله و گونه‌های ساحلی استوایی صحبت می‌کنیم. اینها دوباره به قسمت های جزئی‌تر

-
1. Euphotic or epipelagic
 2. Aphotic zone
 3. Benthic environment
 4. Littoral region
 5. Deep-sea region
 6. Sublittoral zone
 7. Bathyal zone
 8. Abyssal zone

تقسیم می‌شوند، ما گونه‌های شمالی^۱ (گونه‌های شمالی اما نه گونه‌های قطب شمال)، گونه‌های معتدله شمالی، گونه‌های معتدل جنوبی و گونه‌های زیر استوایی داریم. برخی گونه‌ها در همه جا وجود دارند، برخی دیگر در نواحی نسبتاً مشخص محدود شده‌اند. تعدادی از گونه‌ها، هنوز قرار دادن آنها در گروه مشخصی امکان پذیر نیست. مرزها نواحی متغیرند و گیاهان (فلور) هر منطقه‌ای به طور متناوب با تغییرات فصلی و جریانات آبی در حال تغییر است. بیشتر گونه‌های نریتیک و ساحلی، سازگاری ویژه‌ای دارند، هاگ‌های خفته^۲، که به عنوان حفاظی در برابر شرایط در حال تغییر عمل می‌کنند (مثلاً در دیاتومه‌ها). هاگ‌ها به داخل آب‌های عمیق سقوط می‌کنند و ممکن است به مدت چندین ماه بعد از آنکه این گونه‌ها از سطح ناپدید شدند در آنجا یافت شوند. اکثر آن‌ها در بستر آب‌های ساحلی کم عمق باقی می‌مانند تا شرایط برای جوانه زنی آنها مساعد شود (Gross 1937). هاگ‌های خفته باید ابزاری باشند در کنار آن دسته از گونه‌هایی که در آب‌های ساحلی در مقابله با شرایط بسیار متغیر آنجا نسبت به اقیانوس آزاد به زندگی خود ادامه می‌دهند. ممکن است شرایط برای دیاتومه‌ها فقط در بخش محدودی از هر سال مناسب شود (اعضای راسته Biddulphiales).

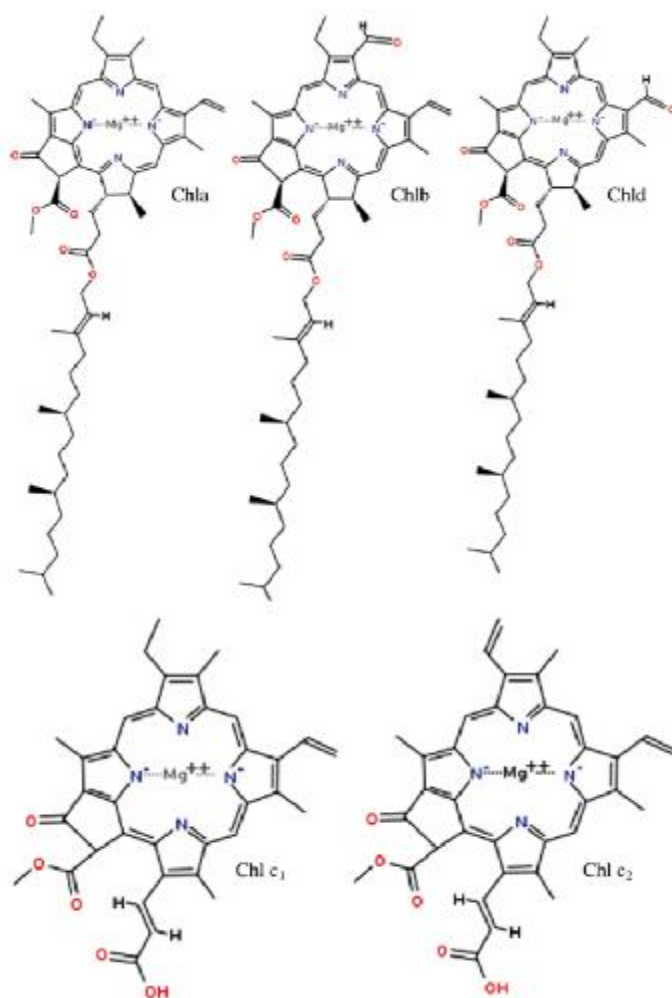
1-5- رنگدانه‌های جلبکی:

جلبک‌ها موجودات فتوسنتز کننده هستند و آن‌ها در کلروپلاست‌های خود کلروفیل دارند. اولین رنگدانه فتوسنتز کننده جلبک‌ها، کلروفیل می‌باشد و گیرنده نور در فتوسیستم نوری I از واکنش نوری است. انواع مختلفی از کلروفیل شامل کلروفیل a, b, c (c1 و c2) و d و e در سلول‌های جلبکی وجود دارند. در بین آنها کلروفیل a فراگیر بوده و در همه اعضای جلبک‌های تولید کننده (به استثنای تعداد کمی از جلبک‌های مصرف کننده) وجود دارد. به واسطه حضور کلروفیل a، جلبک شناسان اعضای سیانوباکتری‌ها را اغلب به عنوان جلبک‌های پروکاریوتی توصیف می‌کنند. کلروفیل a در الکل، دی اتیل اتر، بنزین و استون محلول، اما در آب غیرمحلول است. کلروفیل متشکل از یک سیستم حلقوی پورفیرین می‌باشد که خیلی شبیه به هموگلوبین است، اما در مرکز آن یک اتم منیزیم به جای اتم آهن وجود دارد. محتوی کلروفیل 0/3 درصد از وزن خشک را در بین جنس‌های مختلف جلبک از رده‌های متفاوت در بردارد. کلروفیل 2 باند اصلی جذب نوری دارد. یکی در طیف نور قرمز در 663 نانومتر و دیگری 430 نانومتر. برخلاف کلروفیل a، انواع دیگر کلروفیل انتشار کمتری دارند و به عنوان رنگدانه‌های فرعی یا

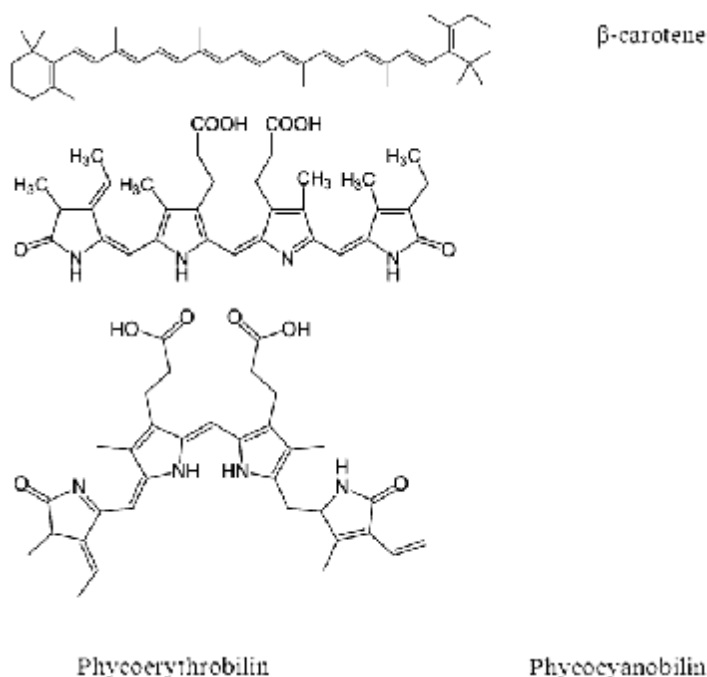
1. Boreal species

2. Spores resting

کمکی در فتوسنتز عمل می‌کنند. کلروفیل b در Chlorophyta، Euglenophyta و Chlorarachniophyta یافت می‌شود. کلروفیل b به عنوان رنگدانه‌ای عمل می‌کند که نور را دریافت کرده سپس انرژی نور جذب شده را به کلروفیل a انتقال می‌دهد. کلروفیل b دو بیشینه جذب اصلی در استون یا متانول دارد، یکی در 645 نانومتر و دیگری در 435 نانومتر. کلروفیل c دو قسمت دارد که از لحاظ طیف جذبی متفاوتند، کلروفیل c1 و c2. نسبت کلروفیل a به c از 2 تا 1/2 تا 5:1 متغیر است. کلروفیل c احتمالاً به‌عنوان رنگدانه فرعی در فتوسیستم II عمل می‌کنند. کلروفیل c در اتر، استون، متانول و اتیل استات محلول است، اما در آب و اترهای نفتی نامحلول می‌باشد. کلروفیل c1 بیشینه جذب اصلی را در 583، 634 و 440 نانومتر در متانول دارد. در حالی که کلروفیل c2 بیشینه جذب را در 586.635 و 452 نانومتر دارد. کلروفیل d یک عضو کوچک حاضر در بیشتر اعضای Rhodophyta است. این کلروفیل در اتر، استون، الکل و بنزین محلول است و انحلال خیلی کمی در اترهای نفتی دارد. 3 باند جذب اصلی را در 456، 696 و 400 نانومتر دارد. کاروتنوئیدها¹، هیدروکربن‌های زرد، نارنجی یا قرمز در اعضای جلبکی هستند که به‌عنوان رنگدانه‌های فرعی و معمولاً داخل پلاستید واقع می‌شوند، اما در موارد معینی ممکن است در بیرون باشند. کاروتنوئیدها می‌توانند به دو دسته تقسیم شوند: 1- هیدروکربن‌های بدون اکسیژن، کاروتنوئیدها و 2- مشتقات اکسیژن دار آنها، گزانتوفیل‌ها. عمومی‌ترین کاروتن جلبکی، بتا کاروتن است.



ترکیب شیمیایی رنگدانه‌های جلبکی



ترکیب شیمیایی تعدادی از رنگدانه‌های مهم در جلبک‌ها

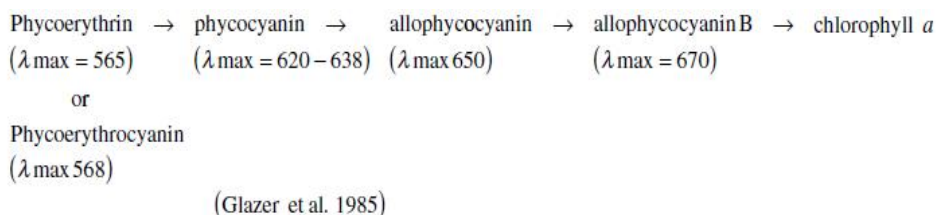
تعداد زیادی زانتوفیل متفاوت در گروه‌های مختلف جلبک‌ها وجود دارد. فوکوگزانتین، زانتوفیل اصلی در جلبک‌های قهوه‌ای-طلایی (Chrysophyta، Bacillariophyta، Prymnesiophyta و Phaeophyta) است که علت اصلی رنگ ویژه این جلبک‌ها می‌باشد. مثل کلروفیل، کارتنوئیدها هم رنگریزه محلول در چربی‌اند که در الکل، بنزین و استون حل می‌شوند، اما در آب نامحلول هستند. در میان تمام رنگریزه‌های جلبکی، فیکوبیلی‌پروتئین که در سیانوباکتری‌ها، Rhodophyta و Cryptophyta دیده می‌شود، رنگریزه قرمز یا آبی رنگ محلول در آب است. این رنگدانه در جلبک‌های Rhodophyta و Cyanophyta بر روی تیلاکوئیدهای کلروپلاست قرار دارد، ولی در جلبک‌های Cryptophyta در درون تیلاکوئیدها قرار گرفته‌اند. آنها با پروتئین‌های ماکرومولکول مجتمع می‌-

شوند و به‌عنوان کروموپروتئین^۱ شناخته می‌شوند (پروتئین‌های رنگی)، آن‌ها دارای گروه پروستیتک^۲ (قسمت غیرپروتئینی مولکول) یا کروموفور^۳ هستند.

کروموفور یک تتراپیرول^۴ (رنگدانه صفرا) است که به‌عنوان فیکوبیلین^۵ شناخته می‌شود و دارای اتصالات کوالانسی سخت با آپوپروتئین^۶ (قسمت پروتئینی مولکول) خود می‌باشد. از آنجا که رنگیزه دارای پیوند سختی با آپوپروتئین است، از اصطلاح فیکوبیلی پروتئین استفاده می‌شود. آپوپروتئین‌ها خود دارای دونوع α و β می‌باشند که با یکدیگر واحد پایه فیکوبیلی پروتئین را می‌سازند. کروموفور اصلی آبی رنگ را فیکوسیانیوبیلین می‌نامند و در فیکوسیانیین و آلفو فیکوسیانیین مشاهده شده و کروموفور اصلی قرمز رنگ را فیکواریتروبیلیلین می‌نامند که به‌صورت غالب در فیکواریترین مشاهده شده است. هر فیکوبیلی پروتئین معمولاً حاوی اجتماع پایه‌ای از ۳ مولکول آلفا آپوپروتئین، ۳ مولکول بتا آپوپروتئین و کروموفورهای متصل شده به آپوپروتئین‌ها می‌باشد. اجتماع پایه به صورت $(\alpha\beta)_3$ طراحی می‌شود. در بعضی موارد اجتماع پایه شامل دو تا از این‌ها همراه با یک پلی پپتید پیوند دهنده می‌باشد و می‌توانند به صورت $(\alpha\beta)_6$ طراحی شود. پلی پپتیدهای پیوند دهنده متفاوت با فیکوبیلی پروتئین‌های مشابه تعامل دارند که باعث تشکیل کمپلکسی با ویژگی‌های فیزیکی می‌شود که توسط پیوندهای پلی پپتیدی قابل تشخیص است (Yu et al. 1981). سومین آپوپروتئین γ در فیکواریترین B و R نشان داده شده است، هسته فیکوبیلی زوم احتمالاً از آلفو فیکوسیانیین با میله‌های محیطی (پیرامونی) شامل فیکوسیانیین و فیکواریترین تشکیل شده است. طول میله‌های محیطی (پیرامونی) متغیر است، این موضوع بستگی دارد به طول موج نوری که سلول‌ها تحت آن رشد می‌کنند. این پدیده طبیعی حالتی از سازگاری وابسته به طیف رنگی می‌باشد (Bryant 1994). دو رده از فیکوبیلی زوم‌ها وجود دارد: فیکوبیلی زوم‌های نیمه بیضی و فیکوبیلی زوم‌های نیمه صفحه‌ای در جلبک‌های قرمز، جلبک‌های سبز-آبی و سیانل‌ها (جلبک‌های سبز-آبی همزیست داخلی).

عقیده بر این است که انرژی نورانی طی فتوسنتز در مسیر زیر منتقل می‌شود: Glazer and et al (1985)

-
1. chromoprotein
 2. Prosthetic group
 3. Chromophor
 4. Tetrapyrrole
 5. ficobilin
 6. Apoprotein



بازده انتقال انرژی از فیکوبیلی زوم تا کلروفیل *a* در تیلاکوئید، بالغ بر 90% در سلول‌های سالم می‌باشد (Porter et al. 1978).

جدول زیر ترکیبات رنگی‌های گروه‌های مختلف جلبک‌ها به همراه سازماندهی ریشه‌ی (تالوس)^۱ آن‌ها را نشان می‌دهد:

دسته/رده	سازماندهی بدنه‌ی جاندار	رنگدانه‌ها
Cyanobacteria	اعضای سیانوباکتری‌ها به صورت تک‌سلولی یا کلنی‌هایی تا سایز 2 میلی‌متر هستند. اشکال پیکوپلانکتونی 1-2 میکرومتر قطر دارند، اشکال رشته‌ای فاقد انشعاب، یا دارای انشعابات کاذب و یا منشعب هستند.	کلروفیل <i>a</i> ، کلروفیل <i>b</i> (در Prochlorophyta، که در حال حاضر سیانوباکتری‌های سبز نامیده می‌شوند و بقایای MgDVP نیز در اعضای این رده وجود دارد. فیکوبیلین‌ها: فیکوسیانین، فیکواریترین، آلفوفیکوسیانین
		کارتئونیدها: β -کاروتن، میکسوزانتوفیل، زئازانتین، اِکینهنون ^۲ ، سانتازانتین ^۳ ، اُسیلازانتین ^۴ ، نوستوزانتین ^۵ ، آفانیزوفیل ^۶ ، 4-کتو-میکسوزانتوفیل ^۷ . جفری و رایت ^۸ در سال 2006 این رده را به پنج نوع ترکیب رنگدانه‌ای مختلف به نام‌های سیانو 1-5 طبقه‌بندی کرده‌اند.
Glaucomphyta	تک‌سلولی‌های دو تازگی، کشیده یا کروی، پشتی شکمی، دارای 10-30	کلروفیل <i>a</i>
		کارتئونیدها: β -کاروتن، زئازانتین، β -کریپتوزانتین

1. Thallos
2. echinenone
3. canthaxanthin
4. oscillaxanthin
5. nostoxanthin
6. aphanizophyll
7. 4-keto-myxoxanthophyll
8. Jefferey and Wright

	میکرومتر قطر، همچنین در مرحله‌ی پالموئید ^۱ هستند.	بیلی پروتئین‌ها: فیکوسیاینین، آلفوفیکوسیاینین
Rhodophyta	تک‌سلولی‌های کروی، رشته‌ای، ساده یا پلی‌سیفونی ^۲ ، ریشه‌ای ^۳ و برگ-مانند هستند.	کلروفیل a
		کارتنوئیدها: β -کاروتن، زئزانترین
		بیلی پروتئین‌ها: فیکواریترین، فیکوسیاینین، (به مقدار کمتری آلفوفیکوسیاینین)
Chlorophyta	تازکده‌های سبز کوچک، برهنه، یا به اشکال بیضوی، با 10-40 میلی‌متر قطر، به صورت تک‌سلولی، کروی، کلنی، رشته‌ای-ساده بدنال هم تا اشکال منشعب هستند.	کلروفیل‌های a و b، MgDVP؛ کارتنوئیدها ^۴ : لوتئین ^۵ ، ویولزانترین ^۶ ، نتوزانتین ^۷ ، آنترزانترین ^۸ ، β -کاروتن، $e\beta$ -کاروتن، زئزانترین، $\Psi\beta$ -کاروتن (بقایای آن)، آستازانتین ^۹ و دو نوع رنگیزه‌ی دیگر تشخیص داده شده به نام‌های CHLORO-1 و CHLORO-2 (Egeland and Jeffrey, 2008).
Euglenophyta	تک‌سلولی، بیضوی یا دوکی‌شکل؛ اکثر گونه‌ها دارای لایه‌ی پلیکل ^{۱۰} ؛ انعطاف‌پذیرند که با تغییر شکل آن امکان حرکت را فراهم می‌کند؛ سایر گونه‌ها دارای لایه‌ی لوریکا ^{۱۱} سختی هستند.	کلروفیل‌های a و b، MgDVP؛ کارتنوئیدها: اوترپتیه-لانن ^{۱۲} ، دیادینوزانتین ^{۱۱} ، دیاتوکسانتین ^{۱۲} ، 9-سیس-نتوزانتین ^{۱۳} ، β -کاروتن، $e\beta$ -کاروتن (Wright and Jeffrey, 1997)
Dinophyta	اکثراً تک‌سلولی (5-200 میکرومتری) هستند، دورتادورشان دارای شیار عرضی است که بخش	کلروفیل‌ها: کلروفیل‌های a و c2، MgDVP؛ کارتنوئیدها: پیریدینین، دیادینوزانتین ^{۱۶} ، دیاتوزانتین ^{۱۷}

1. Palmelloid: جلبک‌هایی که از تعدادی سلول غیرمتحرک درون ماتریکسی ژلاتینی یا موسیلاژینی تشکیل شده‌اند

2. Polysiphonous دارای چند ستا (تار)، رشته یا لوله (مترجم)

3. thalloid
4. carotenoids
5. Lutein
6. violaxanthin
7. neoxanthin
8. antheraxanthin
9. astaxanthin
10. eutreptiellanone
11. diadinoxanthin
12. diatoxanthin
13. 9'-cis-neoxanthin
14. Pellicle
15. Lorica
16. diadinoxanthin
17. diatoxanthin

	بالایی را شیار فوقانی ^۲ و بخش پایینی را شیار زیرین ^۳ می‌نامند؛ بدون زره یا دارای زرهی از صفحات سلولزی است.	داینوزانتین ^۱ ، پیریدینینول ^۲ و پیروزانتین ^۳ و β -کاروتن
		پنج ترکیب از رنگیزه‌ها وجود دارد: عمده‌ی کارتنوئید داینوفلاژها پیریدینین حاوی DINO-1 یا با رنگیزه-های اندوزیمبیوتی ^۴ است مثلاً هاپتوفیت‌ها دارای رنگیزه‌ی (DINO-2)، دیاتومه‌ها (DINO-3)، کریپتوفیت‌ها (DINO-4) یا پرازینوفیت‌ها ^۵ (DINO-) هستند. (Wright and Jeffrey 2006)
Heterokontophyta (Bacillariophyceae diatoms)	به صورت تک‌سلولی یا در اشکال کلنی هستند.	کلروفیل‌ها: سه ترکیب رنگیزه‌ای بر اساس مشتقات کلروفیل c تشخیص داده شده است (Zeffry et al., 2011).
		DIATOM-1: کلروفیل a، کلروفیل c1، کلروفیل c2، MgDVP،
		DIATOM-2: کلروفیل a، کلروفیل c2، کلروفیل c3، MgDVP،
		DIATOM-3: کلروفیل a، کلروفیل c1، کلروفیل c2c2، کلروفیل c3، MgDVP،
		کارتنوئیدها: فوکوزانتین، دیادینوزانتین، دیاتوزانتین، β -کاروتن، 19'-بوتانویلوکسی‌فوکوزانتین ^۹ ، ویولازانتین، آنترازانتین، زه‌آزانتین
Bolidophyceae	دارای سلول‌های پیکوپلانکتونی، گرد یا قلبی شکل	کلروفیل a و c3
Chrysophyceae	کلنی‌هایی با سلول‌های کروی یا بیضی، تاژکدار یا آمیبی شکل هستند.	کلروفیل a، c1 و c2
		کارتنوئیدها: β -کاروتن، فوکوزانتین، ویولازانتین، آنترازانتین، زه‌آزانتین
Dictyochophyceae	پیکوپلانکتونی یا بزرگتر، تک‌سلولی، برهنه یا درون یک اسکلت سیلیسی	کلروفیل a، c2 و c3
		کارتنوئیدها: β -کاروتن، فوکوزانتین، دیاتوزانتین،

1. dinoxanthin
2. peridininol
3. pyrrhoxanthin
4. Epicingulum
5. Hypocingulum
6. endosymbiont pigment
7. prasinophytes
8. Two-sides
9. 19-butanoyloxyfucoxanthin-

	هستند.	دیادینوزانتین
Eustigmatophyceae	تک‌سلولی، کروی یا بیضوی، تاژکدار	کلروفیل a, MgDVP
		کاروتنوئیدها: β -کاروتن، آنترازانترین، وائوکری-زانترین ^۱ ، ویولازانتین، زنازانترین
Pelagophyceae	به صورت تک‌سلولی یا کلنی هستند. سلول‌ها کروی یا بیضوی، رشته‌ای، پالموئید هستند.	کلروفیل a, c2
		کاروتنوئیدها: دیادینوزانتین، دیاتوزانتین، فوکوزانتین، بتا-کاروتن، ژیروزانتین دی‌استر ^۲
Haptophyta	تک‌سلولی، 5-20 میکرومتر قطر، اکثراً تاژکدار هستند، سلول‌ها کشیده و دراز هستند.	HAPTO-1
		کلروفیل‌ها: کلروفیل‌های a, c1, c2 و MgDVP
		کارتنوئیدها: فوکوزانتین، دیادینوزانتین، دیاتوزانتین، β -کاروتن
		HAPTO-2
		کلروفیل‌ها: کلروفیل‌های a, c1, c2 و MgDVP
		کارتنوئیدها: فوکوزانتین، دیادینوزانتین، دیاتوزانتین، β -کاروتن
Cryptophyta	تک‌سلولی‌هایی با تقارن بیضوی (6-20 میکرومتر)، و اغلب پهن هستند پوششی منحصربه‌فرد یا لایه‌ی پلیکل دارند که از روکش سختی روی پری‌پلاست و بر روی یک لایه‌ی داخلی از صفحات نازک پروتئینی ساخته شده است؛ هیچ اسکلت سلولی میکروتوبولاری وجود ندارد.	کلروفیل‌ها: کلروفیل‌های a, c2 و MgDVP
		کارتنوئیدها: آلوزانتین، کروکوزانتین، مونادوزانتین ^۳ ، لیپوپروتئین‌های β -e-کاروتن، فیکوبیلی‌روبین‌های قرمز یا آبی
3-8 دی‌وینیل - فنوپورفیرین α مونومتیل استر MgDVP:Mg		

1-6- اهمیت اکولوژیکی

فیتوپلانکتون‌ها نقش مهمی در اکوسیستم آبی ایفا می‌کنند، در هر دو محیط آب شیرین و آب دریا وجود دارند. آن‌ها موجودات تولید کننده اولیه هستند، بنابراین موجب حمایت و پشتیبانی از زئوپلانکتون‌ها، ماهی‌ها و سایر جانداران محیط آبی هستند. بنابراین، جایگاه آن‌ها در پایه غذایی و یا در پایین ترین سطح شبکه غذایی آب است. همچنین فیتوپلانکتون نقش اصلی را در تثبیت دی

1. vaucheriaxanthin
2. gyroxanthin diester
3. monadoxanthin

اکسیدکربن جهانی ایفا می‌کند. در محیط دریایی آن‌ها تقریباً 48 پیکوگرم کربن در سال¹ (هر پیکوگرم معادل 10^{15} گرم) را تثبیت می‌کنند که تقریباً 48% از کل کربن تثبیت شده بر روی سطح کره زمین است (Geider et al. 1997). فیتوپلانکتون‌ها همچنین سطح اکسیژن پیکره آبی را حفظ می‌کنند، که این مورد با میزان اکسیژن حل شده یا DO² تعیین می‌شود. جمعیت فیتوپلانکتونی، چرخه زندگی هریک از گونه‌ها را کنترل می‌کند که این موضوع همچنین توسط فاکتورهای گوناگونی مانند دسترسی به مواد مغذی، درجه لایه‌بندی دمایی، حرکات جلبکی وابسته به جریان آب، تغذیه زئوپلانکتون، رقابت داخلی بین جلبک‌ها و انگل‌های پروتوزوایی، قارچی، باکتریایی یا ویروسی نیز کنترل می‌شود. مشاهده شده است که در بعضی مکان‌ها جلبک‌های chlorophyte، cryptophyte، euglenophyte و crysophyte اغلب غالب هستند و در اوج (پیک) تابستان شکل می‌گیرند که این موضوع به توانایی آنها در تغذیه از سطوح پایین مواد مغذی و حفظ موقعیت خود به وسیله شنا کردن مربوط می‌شود. آن‌ها همچنین در بعضی دریاچه‌ها زیر منطقه ترموکلاین و اعماق بیشتر وجود دارند. دسته دیگری از فیتوپلانکتون‌ها استراتژی متفاوتی برای غلبه بر کمبود غذا و چرا به کار می‌برند. آن‌ها عموماً انواع مختلفی از آنزیم‌ها را تولید می‌کنند، بعضی از آنها به طور مستقیم غذا را دریافت می‌کنند و بعضی دیگر مسئول ترشح کلاتور³ یا سایدرופور⁴ هستند که فرمی از کمپلکس همراه با مواد غذایی می‌باشد و دریافت غذا را برای آنها ممکن می‌سازد. متناسب با شکوفایی دیاتومه‌ها سطح مواد مغذی به خصوص سیلیس (SiO₂) به اتمام می‌رسد. این ماده برای رشد پوسته⁵ دیاتومه‌ها لازم است. فیتوپلانکتون‌ها می‌توانند به طور مستقیم حرکت کنند یا در جریان آب شناور شوند، جابجایی توسط شنا کردن یا تغییر در چگالی سلول ممکن است به آنها اجازه دهد تا به منبع غذایی جدید به صورت فعال یا غیر فعال دست یابند. در شرایط محیطی ناسازگار بعضی از جلبک‌ها اسپور خفته تولید می‌کنند، که در محل اتصال دو منطقه آبی لیمنیون و هایپولیمنیون از ناحیه ترموکلاین فعال باقی می‌مانند. پلانکتون‌ها اغلب برای حفاظت از خود در برابر خورده شدن، بعضی اسپور محافظتی یا پوشش ژلاتینی تولید می‌کنند یا سریع رشد می‌کنند تا جمعیت زیادی ایجاد کنند. سرعت تغذیه زئوپلانکتون‌ها می

1. 48 Pg C. year⁻¹
 2. dissolved oxygen
 3. chelator
 4. siderophores
 5. frustule

تواند براساس تراکم رشد جلبک یا گاهی براساس تولید گونه‌های ناخوشایند مانند جلبک‌های سبز-آبی کاهش یابد.

1-6-1- شکوفایی فیتوپلانکتون

افزایش سریع و یا انباشته شدن جمعیت جلبک‌ها (معمولاً انواع میکروسکوپی) در سیستم آبی به‌عنوان شکوفایی جلبکی¹ در نظر گرفته می‌شود. بعضی از جنس‌های پلانکتونی شکوفا می‌شوند. جمعیت فیتوپلانکتون‌ها عموماً در ردیفی (رشته‌ای) از جهش‌های جمعیتی یا شکوفایی‌ها رشد می‌کند. شکوفایی‌ها وقتی تشکیل می‌شوند که تعداد سلول‌ها از میانگین سالیانه تجاوز کند و یا تراکم جمعیتی زمینه چند برابر شود و یا وقتی که افزایش قابل توجهی در تعداد سلول‌ها حاصل می‌شود، برای مثال: 5×10^6 سلول در لیتر. شکوفایی می‌تواند آب را رنگی کند. در مناطق معتدله اولین شکوفایی در فصل بهار به علت افزایش نور خورشید، شروع به تشکیل شدن می‌کند. متعاقباً در پاییز وقتی نور در آب کاهش می‌یابد رشد به پایان می‌رسد.

از سوی دیگر در نواحی استوایی، وقتی که مواد غذایی کافی در دسترس باشد، رشد ممکن است تقریباً به‌صورت پیوسته ادامه یابد. در نواحی قطبی اساساً تنها یک دوره کوتاه رشد دیاتومه‌ها را می‌توان مشاهده کرد، زیرا که دوره تابش نور خورشید و آب شدن یخ‌ها بسیار مختصر و کوتاه است. در دریاچه‌های تولیدکننده در مناطق معتدله، هولوپلانکتون‌هایی مانند جلبک‌ها که همیشه در حالت پلانکتونی باقی می‌مانند، در طول فصل بهار بیشتر شکوفا می‌شوند، مثل جنس دیاتومه *Asterionella* و *Fragilaria* که تشکیل شکوفایی‌های بهاری را می‌دهند. رشد مفرط قارچ *chytrid*، تغذیه توسط زئوپلانکتون یا مداخله‌ی پروتوزوآها ممکن است برروی شکوفایی جلبک‌ها تاثیرگذار باشد. جنس مروپلانکتونی *Melosira*، که تنها گاهی در حالت پلانکتونیک است، به تعداد زیاد در زمستان ظاهر می‌شود. در واقع توقف مجدد سلول‌های زنده *Melosira* یعنی جوانه زنی اسپور خفته از رسوبات در فصول مساعد، باعث تغییراتی در الگوی جمعیتی و بروز شکوفایی‌ها می‌شوند. *Melosira* سرعت رشد پایینی دارد، اما قادر به استفاده از مواد مغذی در غلظت‌های بالا و در شرایط رقابت و تغذیه‌ی ضعیف می‌باشد.

1. Algal bloom

سایر تاکسون‌های¹ سیانوباکتری‌های مروپلانکتونی مثل *Anabaena*، *Aphanizomenon* و *Microcystis* در دریاچه‌های آب گرم در تابستان و پاییز بیشتر رشد و گسترش می‌یابند، اما دیاتومه‌ها در مناطق استوایی و گرمسیری در زمستان رشد سریع‌تری دارند. این دسته از سیانوباکتری‌ها در طول زمستان اسپورهای خفته یا سلول‌هایی با دیواره ضخیم تولید می‌کنند تا در مقابل شرایط نامساعد فصلی مقاومت داشته باشند. علاوه بر این سیانوباکتری‌ها می‌توانند حالت شناوری و غوطه‌وری‌شان در آب را به وسیلهٔ وزیکول‌های گازی کوچک‌شان تنظیم کنند که این امر موجب می‌شود آن‌ها بتوانند خودشان را در فصل‌های مختلف در عمق‌های مختلفی از لایه‌ی ترموکلاین آب قرار دهند. بسیاری از سیانوباکتری‌ها و جلبک‌های یوکاریوتی توانایی جذب مواد مغذی مثل فسفات و آمونیاک را در سطوح پایین دارند. تعداد کمی از آن‌ها همچنین می‌توانند نیتروژن گازی اتمسفری را تثبیت کنند. سایر گروه‌های جلبکی همین‌طور بسیاری دیگر از سیانوباکتری‌ها فاقد چنین توانایی هستند. بنابراین شکوفایی سیانوباکتریایی در شرایطی که سطح مواد مغذی پایین باشد، یا حتی فاقد نیتروژن باشد نیز می‌تواند رشد کنند. از میان شاخه‌های جلبکی، این اعضای سیانوباکتری‌ها و دینوفلاژله‌ها هستند که قادرند در شرایط اکولوژیکی مختلف شکوفایی بسیاری تولید کنند و از نظر اکولوژیکی نیز مهم هستند.

1-6-2- شکوفایی سیانوباکتریایی

سیانوباکتری‌ها به فراوانی رشد کرده، تجمع می‌یابند و آب دریاچه‌ها را مانند سوپی رنگین می‌سازند. این پدیده شکوفایی سیانوباکتریایی نامیده می‌شود. به علت رشد بسیار زیاد سیانوباکتری‌های شناور، آب دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها به حالت رنگی درآمده و آب شفاف به ناگهان ظاهری مانند سوپ پیدا کرده و اغلب به آبی روشن، خاکستری، قهوه‌ای مایل به زرد یا حتی قرمز تغییر رنگ پیدا می‌کند. در کل تولید کلروفیل این توده‌ها 10 میلی‌گرم بر میکرومتر مربع است (20000 سلول بر میلی‌لیتر آب). تشکیل شکوفایی اساساً تابع محیط است؛ هر دو نوع اکوسیستم آب شیرین و سطح اقیانوس‌ها برای تشکیل شکوفایی سیانوباکتریایی مناسب است. سیانوباکتری‌های پلانکتونی دریایی چرخه‌ی بیوشیمیایی و وضعیت غذایی محیط دریایی را کنترل می‌کنند. آن‌ها تولید دریایی و چرخه‌ی غذایی را به دو روش اصلی کنترل می‌کنند: اولاً دی اکسیدکربن را به میزان بسیار بیشتری در شرایط شکوفایی تثبیت می‌کنند. بنابراین چرخه‌ی کربن را کنترل می‌کنند و ثانیاً بعضی از سیانوباکتری‌ها می‌توانند نیتروژن

1. Taxon واحدهای طبقه‌بندی و رده‌بندی جانداران (مترجم)

مولکولی اتمسفری را تثبیت کنند؛ در نتیجه سطح نیتروژن محلول در دسترس، در آب اقیانوس افزایش می‌یابد. سیانوباکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن عموماً شکوفایی‌های سطحی تشکیل می‌دهند و نیتروژن را در آب‌های فاقد نیتروژن اقیانوسی تأمین می‌کنند. آب اقیانوسی عموماً بی‌حاصل است و می‌توان آن را در طبیعت کم تولید^۱ نامید. در گذشته اعتقاد بر این بود که سیانوباکتری‌های دریایی از نظر تعداد بسیار کم هستند. اما از دهه ۱۹۷۰ میلادی با پیدایش میکروسکپ‌های فلورسنت دارای قدرت تفکیک بالا^۲، میکروسکپ الکترونی^۳، و HPTLC و غیره ثابت شده است که تولید اقیانوسی اولیه اساساً به وسیله سیانوباکتری‌های پیکوپلانکتونی (کوچکتر از ۵ میکرومتر) و نانوپلانکتونی (۲۰-۵ میکرومتر) و به میزان کمتری توسط سیانوباکتری‌های میکروپلانکتونی (بزرگتر از ۲۰ میکرومتر) انجام می‌شود. سیانوباکتری‌های پلانکتونی دریایی به صورت تک‌سلولی (*Prochlorococcus*, *Synechococcus*, *Aphanothece*, *Synechocystis*)، به صورت کلنی (*Merismopedia*)، به صورت رشته‌ای غیرهتروسیت (*Trichodesmium*, *Spirulina*, *Phormidium*, *Oscillatoria*, *Lyngbya*) و یا به صورت تاکسون‌های هتروسیت (*Richelia*, *Nodularia*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*) هستند. سرده‌های پیکوپلانکتونی *Synechococcus* و *Prochlorococcus* و *Synechocystis* ۳۰-۵۰٪ از زیست‌توده^۴ فیتوپلانکتونی را تشکیل می‌دهند و بنابراین تولید اولیه را از طریق تثبیت دی‌اکسیدکربن کنترل می‌کنند. تاکسون‌های سیانوباکتری‌ها در شرایط اکولوژیکی مختلفی رشد کرده و توده تشکیل می‌دهند. گونه‌ی شناور و آزاد *Trichodesmium erythraeum* که یکی از تاکسون‌های غیرهتروسیت است، کلنی متراکمی تشکیل می‌دهد که با یک غلاف پلی-ساکاریدی پوشیده شده است و بنابراین یک میکرومحیط^۵ عاری از اکسیژن روی سطح دریا ایجاد می‌کند و نیتروژن مولکولی اتمسفر را تثبیت می‌کند. از دیگر سرده‌های رشته‌ای تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن *Richelia* است که درون دیاتومه‌ای به نام *Rhizosolenia* رشد پیدا می‌کند و نیتروژن مولکولی اتمسفری را در آب‌های اقیانوسی تثبیت می‌کند. سرده‌های هتروسیتی پلانکتونی *Nodularia*، *Aphanizomenon* و غیره در محیط‌های جزرومدی انتروپیک رشد می‌کنند و مقادیر قابل توجهی نیتروژن اتمسفری را تثبیت می‌کنند. تاکسون‌های سیانوباکتریایی دارای وزیکول گازی مثل پلانکتون

-
1. Oligotrophic
 2. High-resolution fluorescence microscope
 3. SEM
 4. Biomass
 5. Microenvironment

رشته‌ای *Anabaena* و *Aphanizomenon* یا پلانکتون‌های کلنی شکل *Microcystis* و غیره شکوفایی‌های سطحی تشکیل می‌دهند. شکوفایی سیانوباکتریایی با مصرف کربوهیدرات درون‌شان در شب، موجب تشکیل کفاب‌های سطحی در اوایل صبح می‌شوند. در طول روز هنگامی که سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد و کربوهیدرات درون سلول تجمع می‌یابد، وزیکول‌های گازی به علت افزایش فشار تورگور^۱ متلاشی می‌شوند. در نتیجه‌ی این امر، ارگانیس‌م‌ها از کفاب و رویه‌ی سطحی فرو می‌روند و شکوفایی ناپدید می‌شود. سپس دوباره در صبح بعدی هنگامی که کربوهیدرات ذخیره شده مصرف می‌شود، ظاهر می‌شوند. به علت بعضی آسیب‌های فیزیولوژیکی مثل مهارنوری، فتواکسیداسیون و دهیدراسیون، شکوفایی‌های سطحی دائمی می‌توانند ظاهر شوند که نشان‌دهنده‌ی از بین رفتن قابلیت تنظیم شناوری این جلبک‌هاست. بر طبق نظر پرل و استاش^۲ (1982)، شکوفایی‌های سطحی قسمتی از یک استراتژی اکولوژیکی برای استفاده‌ی اختیاری تابش فعال فتوسنتتیکی و دی‌اکسیدکربن اتمسفری است. شکوفایی سطحی همچنین بر نفوذ نور از میان ستون آب، نه تنها از طریق پوشاندن سطح آب، بلکه از طریق پراکنده‌سازی نور بوسیله‌ی وزیکول‌های گازی، تأثیرگذار است. به علت پراکنده‌سازی نور توسط وزیکول‌های گازی سیانوباکتری‌ها، پلانکتون‌های ناحیه‌ی نوری، این امتیاز را دارند که می‌توانند نور بیشتری را دریافت کنند.

1-2-6-1- کنترل شکوفایی سیانوباکتریایی

وقوع شکوفایی می‌تواند به وسیله غلظت مواد مغذی و/یا کنترل نور و دما تنظیم شود. مخلوط شدن پدیده دیگری است که بوسیله‌ی محیط متلاطم دریاچه‌ها یا جریان‌های آبی می‌تواند آغاز شود که بر پدیده‌ی طبیعی تشکیل شکوفایی مؤثر است. مواردی که در ادامه می‌آید، تعدادی از روش‌های امتحان‌شده‌ای است که به وسیله‌ی آن شکوفایی را می‌توان کنترل کرد:

1- به وسیله متلاشی کردن وزیکول‌های گازی: تا به این ترتیب بتوان مانع از شناورسازی آن‌ها شد، اگر جمعیت سیانوباکتری‌ها در معرض فشار هیدروستاتیکی به اندازه‌ی 0/4 MPa قرار بگیرد، نسبت قابل توجهی از وزیکول‌های گازی آن‌ها متلاشی خواهند شد و بنابراین شکوفایی سیانوباکتریایی ناپدید خواهد شد. گردش آب حاوی کفاب سطحی سیانوباکتری‌ها تا عمق 90 متری می‌تواند وزیکول‌های گازی را متلاشی کند، بنابراین آب سطحی می‌تواند عاری از کفاب سیانوباکتری‌ها شود.

1. turgor pressure
2. Pearl and Ustach

- 2- مخلوط کردن مصنوعی: اعضای سیانوباکتری‌ها ستون آبی پایداری که سطح نیترات و فسفات آن بالا باشد را برای تشکیل شکوفایی ترجیح می‌دهند. مخلوط کردن مصنوعی ستون آبی پروسه‌ای موثر برای کنترل شکوفایی سیانوباکتریایی است. پس از حذف سیانوباکتری‌ها، سایر اعضای دیاتومه‌ها یا دینوفلاژله‌ها ممکن است در شرایط تشکیل شکوفایی در محیط متلاطم دارای سطوح بالای مواد مغذی ظاهر شوند.
- 3- کاربرد کنترل زیستی: تلقیح سیانوفازها (ویروسی که سلول سیانوباکتریایی را آلوده می‌کند) برای کنترل شکوفایی سیانوباکتریایی، پدیده‌ای معمول است.
- 4- استفاده از جلبک‌کش‌های مختلفی مثل سولفات مس برای کنترل شکوفایی، پدیده‌ای رایجی است که معمولاً توسط مردم مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما اثرات سمی مواد شیمیایی، توازن اکولوژیکی کلی را به هم می‌زند. کاربرد CaCO_3 در آبگیرهای ماهی برای کنترل شکوفایی جلبکی یک روش معمول است.
- 5- سپر نوری: نور فاکتور اصلی برای تشکیل شکوفایی است. پس ایجاد سپر نوری راه آسانی برای کنترل شکوفایی است. ایجاد سپر می‌تواند بوسیله‌ی پوشش با بعضی صفحات تیره یا بوسیله‌ی گیاهان نهاندانه‌ای مثل *Eischnoria* و *Lemna* صورت پذیرد.

1-6-3- شکوفایی دینوفلاژله‌ای

هر از چند گاهی جمعیت‌های بزرگی از دینوفلاژله‌ها یعنی همان شکوفایی دینوفلاژله‌ای بر سطح دریاچه‌ها، خورها (مصب‌ها) و اقیانوس‌ها به صورت پوششی قرمز رنگ ظاهر می‌شوند که با چشم غیرمسلح نیز قابل مشاهده‌اند. شکوفایی دینوفلاژله‌ای معمولاً به عنوان کشند قرمز شناخته می‌شوند، به عنوان مثال شکوفایی *Peridinium* در دریاچه‌ی کوه‌های بلند آلپ. اکثر اعضای دینوفلاژله‌ها می‌توانند به سرعت موقعیت‌شان را بوسیله‌ی شنا کردن تنظیم کنند. آن‌ها نسبتاً بزرگتر هستند و می‌توانند سریع حرکت کنند و در طبیعت فتوتاکتیک^۱ هستند. دینوفلاژله‌ها عموماً صبح برای فتوسنتز به سمت سطح آب شنا می‌کنند و سپس در اواخر بعد از ظهر دوباره به سمت زیر آب می‌روند. بعضی از اعضای دینوفلاژله‌ها مثل *Peridinium* و *Ceratium* عموماً در تابستان و پاییز رشد سریعی دارند و کاملاً قادرند فعالانه شنا کنند تا موقعیت‌هایی با نور و مواد مغذی مطلوب را بتوانند کسب کنند. جلبک‌ها به صورت فتوتاکتیک مثبت هستند و می‌توانند قطعاتی روی سطح آب و به رنگ قرمز-قهوه‌ای به نام کشنده‌های قرمز تشکیل

1. Phototactic

دهند. نیازمندی‌های غذایی اعضای دینوفلاژله‌ها پیچیده است و می‌تواند شامل مواد آلی باشد که به علت نوع تغذیه‌یشان است که هتروتروف می‌باشد. جمعیت دینوفلاژله‌ها ممکن است کاهش یابد که به علت روش تغذیه‌ای زئوپلانکتونی سنگین‌شان در رقابت با سایر جلبک‌هاست که احتمالاً نتیجه‌ی آن مصرف و تقلیل مواد مغذی است. چرخه‌های رشد جلبک‌های مختلف در حقیقت وابسته به فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی می‌باشد و بنابراین پدیده پیچیده‌ای است. کلنی‌های بزرگ سریع‌تر از اشکال رشته‌ای یا تک سلولی به سمت بالا می‌توانند حرکت کنند یا در آب فرو روند. سایز بزرگ و ناخوشایند بودن آن‌ها مانع از این می‌شود که خیلی مورد تغذیه‌ی زئوپلانکتون‌ها قرار بگیرند.

به‌تازگی شکوفایی جلبکی مضر (HAB)¹ موجب ایجاد نگرانی شده‌اند که به علت طبیعت سمی‌شان است و اساساً متشکل از اعضای دینوفلاژله‌ها و تعداد کمی از سایر جلبک‌ها مثلاً سیانوباکتری‌ها هستند. شکوفایی جلبکی مضر، شکوفایی جلبکی است که موجب تأثیرات منفی بر سایر جانداران می‌شود و این کار را از طریق تولید بیش از حد مجاز سموم طبیعی، آسیب مکانیکی به سایر جانداران یا سایر روش‌ها انجام می‌دهند. شکوفایی جلبکی مضر اغلب در ارتباط با پدیده‌ی مرگ جانداران دریایی در مقیاس وسیع هستند. همچنین حضور آن‌ها مرتبط با انواع مختلف مسمومیت‌ها در نرم‌تنان است. مشاهده شده است که شکوفایی جلبکی مضر باعث اثرات شدیدی بر گونه‌های مختلف پستانداران دریایی و لاک‌پشت‌های دریایی شده‌اند و در هر یک موجب کاهش قابلیت‌های تولیدمثلی، ایمنولوژیکی، عصبی و رشدی شده است که این علائم همگی بوسیله‌ی سمیت ناشی از شکوفایی جلبکی مضر القا شده‌اند. دینوفلاژله‌ها تقریباً 50% همه‌ی گونه‌های کشنده قرمز و 75% از کل گونه‌های شکوفایی جلبکی مضر را تشکیل می‌دهند (Sournia 1973؛ Smayda 1997) بنابراین پژوهش پیرامون اکولوژی دینوفلاژله‌ها برای درک کشنده قرمز و پدیده‌ی شکوفایی جلبکی مضر ضروری است. کشنده قرمز فلوریدا نمونه‌ی شناخته شده‌ای است که در خلیج مکزیک رخ می‌دهد. این شکوفایی جلبکی مضر توسط گونه‌ی *Karenia brevis* ایجاد می‌شود که سمی به نام Brevetoxin را تولید می‌کند که باعث مسمومیت عصبی نرم‌تنان می‌شود. شکوفایی جلبکی *Karenia brevis* پدیده‌ای است که به کرات در منطقه‌ی فلات غرب فلوریدا² نیز رخ می‌دهد. این افزایش در جمعیت این جلبک‌ها اساساً ناشی از آب‌های کم تولید (الیگوتروف) فرا دریایی است که بوسیله‌ی بادها و جزرومد دریایی به فلات غرب فلوریدا منتقل می‌شوند (and Haddad 1981 Steidinger). این حوضه‌های دمایی نه تنها به عنوان سد عمل می‌کنند، بلکه مکانیسم انتقال به جمعیت متراکم *Karenia brevis* در آب‌های فلات نیز هستند. بنابراین شکوفایی حاصل نه به علت

1. Harmful algal bloom

2. West Florida Shelf

تولیدمثل فراوان، بلکه به علت فرآیند متراکم شدن است. در مطالعه‌ای که در مورد این پدیده از اکتبر 1998 تا ژانویه 2002 انجام شد، نشان داده شد که چگالی سلولی از 1 تا 5/4 میلیون سلول بر میلی‌لیتر تحت شرایط نیتروژن محدود ولی غنی از فسفر است (Vargo et al. 2001). گزارش شده است که در طی این دوره‌ها، مخلوط شدن آب‌ها به وسیله باد همچنین حرکت فرچاهنده¹ آب‌های سرد و مغذی دریاها و بادهای مطلوب امکان جابجایی آب‌های ساحلی را فراهم می‌کند. این امر راه انتقال آب‌های کشندی به ناحیه‌ی ساحلی محسوب می‌شود که منجر به شکست لایه‌بندی عمودی و افزایش لایه‌بندی افقی با تشکیل حوضه‌های شور و دمایی می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که رشد و گسترش شکوفایی‌ها نه تنها پدیده‌ی تنظیم مواد مغذی، بلکه فرآیندهای فیزیکی را نیز درگیر می‌کند.

شکوفایی جلبکی مشابه به همان شکلی که در محیط‌های دریایی بوجود می‌آیند، در آب‌های شیرین نیز ایجاد می‌شوند. به صورت معمول تنها یک یا تعداد کمی از گونه‌های فیتوپلانکتونی در تشکیل شکوفایی شرکت می‌کنند و بعضی از شکوفایی ممکن است موجب تغییر رنگ مشخص آب شوند که نتیجه‌ی چگالی بالای سلول‌های دارای رنگدانه است. اگر شکوفایی جلبکی در غلظت‌های به اندازه‌ی کافی بالایی بوجود آید، آب تغییر رنگ پیدا می‌کند که این رنگ از بنفش تا تقریباً صورتی متغیر است، اما به صورت نرمال به رنگ قرمز یا سبز است (شکل 1-2).

شکوفایی جلبکی مضر در نواحی بسیار زیادی در جهان و در ایالات متحده‌ی آمریکا رخ می‌دهند، این پدیده در نواحی جغرافیایی چندگانه‌ای مکرراً رخ می‌دهد. در خلیج Maine تجربه‌ی شکوفایی دینوفلاژله‌ای گونه‌ی *Alexandrium fundyense* به کررات رخ داده است که سمی به نام ساکسی توکسین² را تولید می‌کند که نورو توکسین مسئول مسمومیت فلجی³ نرمتنان است. آب‌های ساحلی کالیفرنیا نیز شکوفایی‌های فصلی را تجربه کرده است که دیاتومه‌ای است که دومیئیک اسید⁴ تولید می‌کند که مسئول مسمومیت همراه با از دست رفتن حافظه‌ی نرمتنان⁵ است. در نزدیکی سواحل غربی کشور آفریقای جنوبی، شکوفایی جلبکی مضر که بوسیله‌ی گونه‌ی *Alexandrium catanella* بوجود می‌آیند، در هر بهار ایجاد می‌شوند. این شکوفایی معمولاً باعث مسمومیت شدید نرمتنانی می‌شود که به صورت فیلتری تغذیه می‌کنند، در نتیجه کل زنجیره‌ی غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (شکل 1-3).

1. upwelling

2. Saxitoxin

3. Paralytic

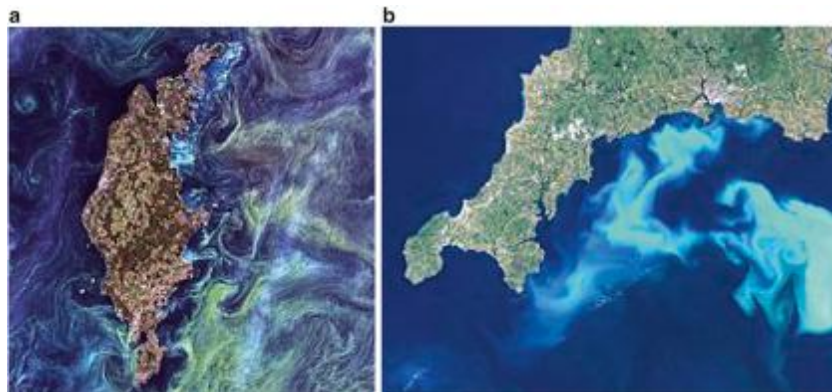
4. Domoic acid

5. Amnestic shellfish poisoning

در پایان فصل رشد، زیست‌توده‌ی پلانکتونی مرده و تجزیه شده، اکسیژن آب را تقلیل داده و مواد آلی موجود در آب را افزایش می‌دهد. این امر موجب مرگ وسیع جانوران آبی به علت کمبود اکسیژن و مسمومیت می‌شود که نهایتاً منطقه‌ی مرده را ایجاد می‌کند. مناطق مرده نواحی دارای هیپوکسی (کمبود اکسیژن) در اقیانوس‌های جهان هستند که طبق مشاهدات اقیانوس شناسان تعداد موارد ثبت‌شده‌ی آن‌ها از دهه‌ی 1970 میلادی رو به افزایش گذاشته است. چنین اتفاقی نزدیک به خطوط ساحلی مسکونی رخ می‌دهد که حیات آبی در آن‌ها بسیار متمرکز و زیاد است.



شکل 1-2: یک کشند قرمز در ساحل لاجولا سان‌دیگوی کالیفرنیا^۱ (منبع: www.wikipedia.com).



شکل 1-3: (a) تصویر ماهواره‌ای از فیتوپلانکتون شناور اطراف سوئد جزیره‌ی گوتلند^۲ در دریای بالتیک در سال 2005 (b) شکوفایی جلبکی از ساحل جنوبی دیوون و کورن وال^۱ در انگلیس در سال 1999 (منبع: www.wikipedia.com)

1. La Jolla, San Diego, California
2. Gotland

در ماه مارس 2004 وقتی تازه برنامه زیست محیطی UN تأسیس شده بود، اولین سالنامه چشم انداز جهانی محیط زیست منتشر شد (GEO Year Book 2003). این کتاب 146 منطقه مرده را در اقیانوس‌های جهان گزارش کرد جایی که زندگی دریایی به دلیل لایه‌های فاقد اکسیژن نمی‌توانست حمایت شود. بعضی از این مناطق به کوچکی یک کیلومتر مربع (0/4 مایل مربع) بودند، اما بزرگ‌ترین منطقه مرده 70000 کیلومتر مربع را می‌پوشاند در یک مطالعه ی اخیر 405 منطقه ی مرده در سرتاسر جهان شمارش شد.

1-6-4- سموم جلبکی

سمیت برخی از جنس‌های جلبک‌ها شامل سیانوباکتری از زمان‌های دور معروف بوده است. اکثر این گروه‌ها که پلانکتونی هستند، موجب تأثیرات زیانباری روی جانوران و گیاهان آب شیرین و دریا می‌شوند. عموماً غلظت این سموم مثلاً سیانوتوکسین و زهر فلج کننده حلزون‌ها (PSP) یا دوموئیک اکسید (DA)^۳ زمانی افزایش می‌یابد که تاکسون‌های ترشح کننده در وضعیت در حال شکوفایی ظاهر شوند و موجب مسمومیت یا مرگ موجودات دیگر به ویژه پستانداران شوند

1-4-6-1- سیانوتوکسین

سموم ترشح شده به وسیله سیانوباکتری‌ها یا سیانوتوکسین‌ها، متداول‌ترین سموم در دو محل دریا و آب شیرین هستند. انواع مختلفی از سیانوتوکسین‌ها با ساختارهای شیمیایی متفاوت گزارش شده‌اند. معمول‌ترین سم‌های موجود عبارتند از آناتوکسین ^a، ساکسی‌توکسین^۴، میکروسیستین^۶، سیتوفیسین^۷، سیانوباکترین^۸، لینگبیاتوکسین^۹ و غیره. بستگی به اثر سمی سیانوتوکسین‌ها، آنها را می‌توان به انواع مختلفی تقسیم کرد مثل نوروپاتوکسین‌ها^{۱۰}، هپاتوتوکسین‌ها^{۱۱} و سیتوتوکسین‌ها^۱.

-
1. Devon and Cornwall
 2. Paralytic shelfish poison(PSP)
 3. Domoic acid(DA)
 4. anatoxin-a
 5. saxitoxin
 6. microcystin
 7. scytophycin
 8. cyanobactrin
 9. lyngbyatoxin
 10. neurotoxins
 11. hepatotoxins

نوروتوکسین‌ها ترکیبات شیمیایی نیتروژن دار با وزن مولکولی پایین هستند. برای مثال آناتوکسین و ساکسی توکسین، این سموم عموماً انتقال سیگنال را از نورون به نورون و یا از نورون به ماهیچه‌ها مسدود می‌کنند.

آمینو اسید نوروتوکسیک L-Beta-N-methylamin-l-alanine توسط تاکسون‌های متفاوتی از سیانوباکتری‌ها تولید می‌شود. این سم در مسمومیت حاد ممکن است که به علت قطع تنفسی کشنده باشد. تاکسون‌های سیانوباکتریایی مثل *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria* و *Trichodesmium* نوروتوکسین تولید می‌کنند. متداول‌ترین هپاتوکسین‌ها، میکروسیستین ترشح شده به وسیله *Microcystis aeruginosa* است. این سم یک پپتید کبدی با ساختار شیمیایی حلقوی است. یک مجموعه از 7 پپتید برای تشکیل ساختار یک میکروسیستین درگیر هستند و فرمول مولکولی آن به صورت (2S,3S, 8S,9S,4E,6E)-3-amino-9-methoxy-2,6,8-trimethyl-10-phenyl-4,6-decadienoic acid می‌باشد. که شامل دی آلانین (D-ala) و دی متیل-آسپاراتات (Masp) است. سمیت گونه *Microcystis* sp. اولین بار در حدود 1000 سال قبل در جنوب چین گزارش شد، وقتی که چینی‌ها مرگ سربازانی را گزارش کردند که از آب سبز رنگ یک رودخانه نوشیده بودند. هپاتوکسین بعدی نودولارین است که توسط تاکسون سیانوباکتریایی دیگری بنام *Nodularia* ترشح شده است. تعداد زیادی از تاکسون‌های سیانوباکتریایی ترکیبات سیتوتوکسیک تولید می‌کنند که بر علیه رده‌های سلولی فعال هستند و فعالیت‌های ضدتوموری دارند.

1-4-6-2- سموم دینوفلاژله‌ها

سموم تولیدشده به‌وسیله‌ی دینوفلاژله‌های دریایی به عنوان قوی‌ترین مواد کشنده غیرپروتئینی شناخته می‌شوند. از معروف‌ترین سم‌های دینوفلاژله‌ها، نوروتوکسین‌ها هستند. این سم‌ها هم به‌عنوان عوامل دیلاریزه‌کننده و هم به‌عنوان عوامل غیر دیلاریزه‌کننده در غشای سلول‌های قابل تحریک عمل می‌کنند. سم‌های دینوفلاژله‌ها موضوع نگرانی سلامت عمومی هستند، زیرا که آن‌ها فرآورده‌های دریایی زیادی را خصوصاً در خلال تشکیل کشتند قرمز وارد زنجیره‌ی غذایی می‌کنند. سموم محلول در

آب، ساکسیتوکسین‌ها به وسیله‌ی اعضای *Gonyoulax* تولید می‌شود، یک تتراهیدروپورین متشکل از 2 بخش گوانیدینیومی¹ مساوی است این سم ها به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

(1) نئوساکسی توکسین² - 1 (N) هیدروکسی ساکسی توکسین³ (کلاس 1-زهر فلج کننده ی حلزون ها)

(2) سولفات 11 هیدروکسیل⁴ جانشین (کلاس 2) گونی اتوکسین‌های⁵ 1,2,3 و 4

(3) ترکیب N-سولفور روی موقعیت کرپامیل (کلاس 3) - گونی اتوکسین‌های 5 و 6.

(4) ترکیب دی سولفور در موقعیت های 11 هیدروکسیل و کرپامیل (کلاس 4) سموم محلول در چربی (سم کشند قرمز فلوریدا) به وسیله عوامل زیر تولید شدند:

- (1) سم پروتوکسین⁶ - ناشی از *Ptychodiscus brevis*
- (2) سم سیگواتوکسین⁷ ناشی از *Gymnothora javanicus*
- (3) سم اکادائیک اسید⁸ ناشی از *Prorocentrum lima*
- (4) سم متیل اکادائیک اسید⁹ ناشی از *Dinophysis fortii*

سموم دینوفلاژله عمدتاً به وسیله‌ی تغییر انتقال کاتیون‌ها از خلال غشا، در درجه اول سدیم، عمل می‌کنند. تنها میتوتوکسین‌ها¹⁰ به صورت شیوه‌ی غیر وابسته به سدیم عمل می‌کنند. آن‌ها جریان داخلی یون‌های سدیم به سمت داخل را بدون تأثیر بر کانال‌های پتاسیمی متوقف می‌کنند. سیگواتوکسین جریان یون‌های سدیم به سمت داخل سلول را افزایش می‌دهد، ساکسی توکسین به رسپتورهای خاصی در غشای عصب متصل می‌شود، در حالی که میتوتوکسین‌ها باعث انتقال وابسته به کلسیم ویژه می‌شود.

-
1. Guanidinium
 2. Neosaxitoxin
 3. Hydroxysaxitaxin
 4. hydroxyl 11solfat
 5. gonyautoxins
 6. brevetoxins
 7. ciguatoxin
 8. okadaic acid
 9. methyl okadaic acid
 10. Mititoxine

7-1- جلبک در تالاب‌ها

تالاب‌ها اکوسیستم‌های پرآب با یک نوسان متناوب در عمق آب هستند. بیشتر تالاب‌ها عمقی کمتر از 2 متر دارند. تالاب‌ها در هر اقلیمی جز قطب جنوب واقع می‌شوند. مطابق اظهارات میتسچ و گوسلینک¹ در سال 1993، تالاب‌ها بیش از 6% از مساحت خشکی جهان را شامل می‌شود. همچنین گزارش شد که 14% از مساحت سرزمین کانادا تالاب است که بیشتر به تالاب‌های شمالی محدود شده‌اند. اهمیت تالاب‌ها به خاطر حاصلخیزی بالایشان می‌باشد، به طوری که به عنوان گودال‌های مواد مغذی در نظر گرفته می‌شوند (Dolan *et al.*, 1981 ; Reeder 1994). تالاب‌ها، مناطق کنترل سیلاب و مناطق تولیدمثل جانوران مختلف آبی مانند پرندگان آبی و دیگر موجودات هستند (Batt *et al.*, 1989). تحقیق در مورد تالاب‌ها در کشورهای مختلفی به وسیله‌ی دانشمندان مختلف انجام شده است (Barica *et al.*, 1980 ; Hanson and Butler 1994 ; Moss, 1983).

1-7-1- نقش فیتوپلانکتون‌ها در تالاب‌ها

در اکوسیستم تالاب، فیتوپلانکتون‌ها یکی از بازیگران اصلی فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی هستند که مشخصه‌ی اکوسیستم‌های تالاب می‌باشند. آنها اکثراً به عنوان تولیدکننده‌های اولیه عمل می‌کنند، بنابراین در شبکه غذایی تالاب جا گرفته‌اند. زینگمارک و پینکنی² در سال 1993 تولید اولیه نسبی انواع مختلفی از جمعیت‌های جلبکی تالاب‌ها را برآورد کردند و مقادیری به اندازه 22 تا 38 درصد از جلبک‌های سطح‌زی، 10 تا 17 درصد برای جلبک‌های بزرگ و 30 تا 59 درصد برای گیاهان آوندی به دست آمد. میانگین سرعت تثبیت کربن (c) در فیتوپلانکتون‌های باتلاقی آب شیرین طبق تخمین‌های مولفان مختلف، از 3 تا 16 $\mu\text{L}^{-1}\text{h}^{-1}$ متفاوت است. (Kotak and Robinson 1991 ; Mitsch and Reeder 1991). در حالی که در گیاهان باتلاقی³ این میزان بین 5 تا 32 $\mu\text{L}^{-1}\text{h}^{-1}$ بود. (Henebry and Cairna 1984). در باتلاق‌های نمکی⁴ به اندازه 100 $\text{gm}^{-2}\text{year}^{-1}$ ثبت شد (Vernberg 1993) و در دریاچه‌های توندرا در کمترین سطح یعنی 0/6-0/9 $\text{gm}^{-2}\text{year}^{-1}$ قرار دارد (Stanley 1976). اهمیت فیتوپلانکتون‌های تالاب به عنوان یک منبع غذایی برای گیاه خواران بستگی به دسترسی آن‌ها در طول سال دارد. تنوع آن‌ها در اندازه، ترکیب گونه‌ای و تولید،

1. Mitsch and Goselink
2. Zingmark and Pinckney
3. peat bogs
4. salt marsh

ژئوپلانکتون‌ها و سایر جانوران آبی را به عنوان منبع غذایی مستمر، پشتیبانی می‌کند. معمولاً در طول دوره شکوفایی سیانوباکتری‌ها، سطوح کلروفیل فیتوپلانکتون در تالاب‌ها از 50 تا بیش از 200 $\mu\text{g L}^{-1}$ متغیر است (Barica 1975).

1-7-2- وضعیت مواد مغذی در اکوسیستم تالاب

در اکوسیستم تالاب، مواد مغذی از منابع مختلف برای غنی کردن سطوح غذایی، جریان دارند. بنابراین شرایطی با آنتروپی بالا باعث ایجاد شکوفایی‌های فیتوپلانکتونی دوره ای می‌شود. جریان مواد مغذی از رسوبات یک منبع اصلی ورود مواد مغذی به ستون آب است. ورود قابل توجه آب دریاچه‌های مجاور، رودخانه‌ها یا روان آب‌ها، منابع اصلی غذا و تلقیح جلبکی^۱ برای ساحل دریاچه و تالاب‌های کنار رودخانه هستند. جریان مواد مغذی به علت فاکتورهای متنوع عوامل انسانی، از منابع دیگر ورود مواد مغذی به تالاب هستند. آب‌های زاید ناشی از منابع مختلف مانند زباله‌های صنعتی و شهری نیز سطوح مواد مغذی را در اکوسیستم تالاب، به‌ویژه در تالاب‌های راکد افزایش می‌دهند.

متخصصین لیمنولوژی بر این عقیده هستند که تالاب‌های آب شیرین عموماً توسط عنصر فسفر محدود می‌شوند. اگر چه استثنائاتی نیز وجود دارد. در تالاب معتدله شمالی در آمریکای شمالی نسبت نیتروژن به فسفر (N/P) در ستون آب اغلب بیشتر از 10 می‌باشد (Barica 1990). کمبود مواد مغذی در تالاب‌های شمالی به علت تنوع در جمعیت فیتوپلانکتونی آنجا است. مورکین^۲ و همکاران (1991) فعالیت فسفاتاز قلیایی، نرخ جذب آمونیاک و نسبت‌های N-C، N-P و P-CL و نرخ ترکیب کلروفیل C را تخمین زدند و کاهش شدید نیتروژن و فسفر را در تابستان به دست آوردند که علت آن بارگذاری ناکافی مواد مغذی بود. اما تالاب‌های دیگر که به‌وسیله فضولات گله گاو (پساب گاو پروری) غنی شده بودند، علائم کمبود مواد مغذی را نشان ندادند. کمپیو^۳ و همکاران (1994) اثرات بوم‌شناختی افزایش N و P به باتلاق فقیر از نظر مواد مغذی را مطالعه کردند و ایجاد تحریک در زیست‌توده تولیدی از فیتوپلانکتون‌ها همراه با اپیفیتون‌ها^۴ و متافیتون^۵ ولی بدون اپیپلون^۶ را مشاهده کردند. عموماً فیتوپلانکتون‌ها در تالاب‌های کم عمق غالب می‌شوند (Barica et al. 1980). اما در برخی تالاب‌ها با سطوح عمیق‌تر آب، غالبیت با ماکروفیت‌ها و اپیفیت‌های وابسته می‌باشد.

1. algal inocula
2. Murkin
3. Campeau
4. Epiphyton
5. Metaphyton
6. Epipelton

پارامترهای فیزیکوشیمیایی و اثرات آلودگی از موجودات مختلف نیز نقش عمده‌ای در اکولوژی تالاب و فراوانی فیتوپلانتکتون به همراه عمق آب ایفا می‌کنند. گاهی اوقات نوسانات عمق آب، نقش مستقیمی روی وضعیت مواد مغذی تالاب دارد. اخیراً گزارش شده که قرار گرفتن در معرض رسوبات در طول خشکسالی سبب افزایش تجزیه ی ماده ی آلی می‌شود و مواد مغذی در طول جاری شدن سیلاب بعدی رها شده‌اند (Kadlec 1986 : Schoenberg and oliver 1998).

ون در واک¹ (1994) گزارش داد که در مرحله آخر جاری شدن سیل، ماکروفیت‌ها توسط فشار سیلاب از بین می‌روند و زیست‌توده ی تجزیه شده ی آنها P و N آزاد می‌کند (Murkin and et al. 1989). علاوه بر این، جلبک و گیاهان عالی اکوسیستم تالاب، در طول رشد و تجزیه شان، انواع متنوعی از مواد آلی محلول را در ستون آب آزاد می‌کنند (Hall and fisher 1985, Briggs et al. 1993). بنابراین، به علت فراوانی ترکیبات آلی N و P، اجتماع جلبک‌ها ممکن است تغذیه‌ی هتروتروفی‌شان را ادامه دهند. پپ و رابینسون² (1982) با مخلوط نشاندار گلوکز، فروکتوز و ساکارز آزمایش کردند و مشاهده نمودند که بیشتر جنس‌های جلبک از جمله سیانوباکتری‌ها نیز می‌توانند از منابع کربن آلی استفاده کنند.

عوامل فیزیکی موثر بر اکوسیستم تالاب: 1. نور: نفوذ نور در ستون آب تالاب‌های کم عمق تا حد زیادی توسط وقفه‌ی رسوب گذاری ناشی از باد که حاصلخیزی تالاب‌های کم عمق را نیز افزایش می‌دهد، تحت تاثیر قرار گرفته است (Klarer and 1992 Millie). رسوبات بستر نیز توسط ماهی-های کپور (*Cyprinus carpio*) و دیگر ماکروفیت‌ها در معرض اختلالات منظم قرار گرفته است (Meijer et al. 1990). گاهی عدسک آبی یا لمنا³ نفوذ نور را مختل می‌کند، بنابراین حاصلخیزی جمعیت کل گیاهان تالاب تا حد زیادی تحت تاثیر محدودیت نوری است تا محدودیت غذایی.

2. دما: در اکوسیستم تالاب تفاوت‌ها در دما نسبت به عمق، جزئی هستند، چرا که تالاب‌ها کم عمق هستند و اختلاط ناشی از باد، شیب دمایی ستون آب تالاب را به حداقل می‌رساند. گاهی اوقات تشک جلبکی ضخیم یا حصیر شناور شده‌ای از جلبک دریایی ممکن است در ستون آبی که دما را کاهش می‌دهد اختلاف دما را افزایش دهد.

1. Van der Valk

2. Pip and Robinson

3. lemna

1-7-3- انواع تالاب‌ها

متخصصین لیمنولوژی، انواع تالاب‌ها را بسته به عمق، استمرار وضعیت سنگینی (گرانروی) و فلور جلبکی تالاب، به انواع مختلفی رده بندی کردند.

حالت خشک:

در تالاب‌های حالت خشک، سطح آب بعد از یک دوره طولانی خشکی به سطح خیلی پایین می‌رسد، یعنی پایین آمدن سطح آب در تالاب فعلی یا سطح پایین آب توسط طغیان زودهنگام یک تالاب جدید ایجاد شده باشد. در این نوع تالاب‌ها جلبک‌های اپی‌پلیک^۱ به شکل یک پوسته روی رسوبات بستر، غالب می‌شوند.

حالت باز:

تالاب با حالت باز، ستون آب آشفته و عمیق دارد. این نوع از تالاب ممکن است توسط دو شیوه به وجود بیاید: توسط پر کردن تدریجی تالاب حالت خشک یا توسط دستکاری زیستی فیتوپلانکتون‌های غالب تالاب دریاچه‌ای. در تالاب‌های حالت باز ماکروفیت‌ها با زیست‌توده فراوان اپی‌فیتون فراوان مربوط به اپی‌فیتون بر روی آن‌ها غالبیت دارند، در مقایسه فیتوپلانکتون‌ها و جلبک‌های اپی‌پلیک تقریباً کمتر هستند.

حالت پناهگاهی:

در بعضی از مناطق تالابی، بار مواد مغذی بسیار بالاست، اما منطقه به دلیل هم مرز بودن با پوشش گیاهی و رشد بیش از حد ماکروفیت‌ها سایه دار است. این متافیت‌ها تحت پوشش رشد اپی‌فیتیک باقی می‌مانند. این تشک‌های جلبکی اپی‌فیتیک گاهی اوقات از بسترشان جدا می‌شوند و روی سطح آب به عنوان متافیتون شناور می‌شوند. ویتون^۲ (1970) وضعیت مواد مغذی زیاد، تابش نور زیاد، pH قلیایی، کلسیم بالا و نسبت پایین N-P را به عنوان کمک کننده‌هایی برای رشد متافیتون گزارش کرد. حالت دریاچه‌ای:

تالاب‌های حالت دریاچه توسط سطوح بالای ستون آب و مواد مغذی شناسایی شده‌اند، بنابراین برای رشد فیتوپلانکتون ایده‌آل است. به دلیل عمق زیاد آب، رشد ماکروفیت همراه رشد متافیتون و اپی‌فیتیک با هم بررسی می‌شود. ستون آب به دلیل رشد فیتوپلانکتون کدر است. تالاب حالت دریاچه ممکن است توسط ورودی سریع آب به انواع دیگر تالاب‌ها یا فرایند طبیعی یا توسط دستکاری‌های

1. epipellic algae

2. Whitton

انسانی توسعه یابد، این امر موجب مرگ ماکروفیت‌ها و اپیفیتون‌ها می‌شود که در نهایت باعث رشد تالاب دریاچه‌ای می‌شود.

8-1- کلید شناسایی جنس‌های فیتوپلانکتونی معمول

8-1-1- شاخه جلبک‌های سبزآبی: سیانوباکتری‌ها (Cyanobacteria)

سلول‌های کوچکتر، به رنگ سبز آبی، سلول‌ها فاقد غشای دور اندامک‌های سلولی، رنگیزه‌ها در میان بخش پیرامونی پروتوپلاست پخش شده است. رنگیزه‌های محلول در آب مثل فیکوسیانیین و فیکواریتین حضور دارند، محصولات ذخیره‌ای فتوسنتز گلیکوژن و گلیکوپروتئین هستند. فاقد هسته و کروموزوم مشخص هستند، حالت موسیلاژی آشکار دارند، واکوئل‌های گازی هیدروستاتیک دارند، تولید مثل توسط شکافت و تکه تکه شدن انجام می‌شود، فاقد تولید مثل جنسی هستند.

8-1-1-1- رده Cyanophyceae

تک سلولی یا چند سلولی، بدون هسته ی واقعی یا کروماتوفور، کلروفیل a و فیکوبیلی پروتئین‌ها رنگیزه‌های اصلی هستند که شامل آلفیکوسیانیین فیکوسیانیین و فیکواریتین می‌باشند. محصول فتوسنتز گلیکوژن و گلیکوزید است، نه نشاسته؛ تولید مثل از طریق تقسیم شدن یا بواسطه‌ی تکه تکه شدن ریشه است، اسپور داخلی (اندوسپور)^۱، اسپور خارجی (اگزوسپور)^۲، هورموگن‌ها^۳ و سلول‌های متحرک تاژکی ندارند، تقریباً فاقد تولیدمثل جنسی هستند.

8-1-2- کلید شناسایی راسته‌ها

ریشه تک سلولی یا کلنی، گاهی به شکل کلنی رشته ای کاذب^۴ هستند، بدون هیچ ساختار تریکوم و بدون هیچ تمایز یافتگی در پایه و راس می‌باشند، اندوسپورها در اسپورانژیوم تشکیل نشده‌اند، اگزوسپوری ندارند، نانوسیت‌ها حضور دارند، راسته Chroococcales.

8-1-3- کلید شناسایی خانواده

سلول‌ها تک یاخته یا به شکل کلنی در می‌آیند، رشد شبه فیلامنتی (رشته‌ای) ندارند، خانواده Chroococcaceae.

1. endospore

2. exospores

3. hormogones

4. pseudofilamentous

1-8-1-4- کلید شناسایی جنس

مشخصات و شماره مربوط به آن‌ها

2	1. سلول‌ها تکی هستند یا ندرتاً با هم و به صورت کلنی‌های بدون شکل هستند.
8	1. تعداد زیادی سلول در یک کلنی قرار دارند.
3	2. سلول‌های کروی
3	3. سلول‌های دراز و کشیده
<i>Synechocystis</i>	3. فاقد پوشش موسیلاژی
4	3. دارای پوشش مشخص
<i>Gloeocapsa</i>	4. دارای غلاف وزیکولی
<i>Gloeocapsa</i>	5. تقسیم عرضی سلول، دارای یک غلاف وزیکولی محکم
6	5. تقسیم عرضی سلول، فاقد غلاف مذکور
7	6. سلول‌های بیضوی یا استوانه‌ای با انتهای گرد
<i>Synechococcus</i>	7. سلول‌های تکی یا 2-4 سلول با هم، عمودی و فاقد موسیلاژ معمول
9	8. سلول‌ها فاقد هر گونه ترتیب قرارگیری مشخص و ثابتی هستند.
14	8. سلول‌ها دارای ترتیب قرارگیری مشخصی به صورت کلنی‌های مجزا هستند.
10	9. سلول‌ها درون یک موسیلاژ بی‌شکل کلی قرار دارند، فاقد غلاف هستند یا تعداد کمی از آن‌ها دارای غلاف‌های مشخصی بدور سلول‌های منفرد هستند.
12	9. سلول‌ها دارای پوشش یا غلافی منفرد هستند، موسیلاژ کلنی‌ها هم‌وزن و یکنواخت نیست.
<i>Microcystis</i>	10. سلول‌ها عموماً درون کلنی‌های میکروسفیری دارای شکل مشخص به هم فشرده شده‌اند، اغلب پلانکتونی هستند.
11	10. سلول‌ها آزادانه در کنار هم قرار گرفته‌اند، اکثراً پلانکتونی نیستند، کلنی‌های ماکروسکوپی تشکیل می‌دهند
<i>Aphanocapsa</i>	11. سلول‌های کروی
<i>Aphanocapsa</i>	11. سلول‌ها بیضوی تا استوانه‌ای شکل هستند
13	12. دارای غلاف‌های منفرد وزیکولی و گسترده هستند و درون یکدیگر تشکیل شده‌اند
<i>Chroococcus</i>	12. غلاف‌های منفرد وزیکولی نیستند، سلول‌ها کروی هستند
<i>Gloeocapsa</i>	13. سلول‌ها کروی هستند
<i>Gloeocapsa</i>	13. سلول‌ها کروی تا استوانه‌ای هستند

15	14. کلنی‌ها دارای سلول‌هایی هستند که به صورت تخت یا مکعبی یا کلنی سه بعدی در کنار هم مرتب شده‌اند.
16	14. کلنی به صورت یک کره‌ی توخالی است و سلول‌ها به صورت یکنواخت حول این کره قرار گرفته‌اند.
<i>Merismopedia</i>	15. سلول‌ها در ردیف‌های منظم عرضی و طولی قرار دارند، کلنی‌ها تیوبولار یا پهن هستند.
<i>Coelosphaerium</i>	16. سلول‌ها کروی، به صورت کلنی‌های موسیلاژی همگن و یکنواخت هستند.
<i>Gomphosphaeria</i>	16. سلول‌ها گلابی شکل یا به سختی می‌توان گفت کروی شکل هستند، به صورت کلنی‌های موسیلاژی غیرهمگن هستند، سلول‌ها دارای غلاف‌های مشخص موسیلاژی هستند.

2-8-1- شاخه جلبک‌های سبز: Chlorophyta

کلروپلاست‌هایی مشابه گیاهان سبز دارند، اغلب با پیرونیوئیدها، نشاسته ذخیره ای مواد مغذی، دیواره سلولی متشکل از ترکیبات سلولز و پکتیک همراه است.

1-2-8-1- رده: Chlorophyceae

تک سلولی هستند، (گاهی متحرک)، کلنی‌های ساده یا به خوبی سازماندهی شده دارند، رشته‌های ساده یا منشعب، کوئنوسیت‌های¹ جزء بندی شده و کوئنوسیت‌های واقعی (رشته‌های بدون دیواره‌های عرضی) دارند، دارای هر دو نوع تولید مثل جنسی و غیر جنسی هستند.

2-2-8-1- کلید شناسایی راسته

مشخصات و شماره مربوط به آنها

Volvocales	1. در شرایط رویشی متحرک هستند؛ 2 یا 4 تاژک، ندرتاً 8 تا، طولشان یکسان است؛ ارگانیزم به صورت تک‌سلولی یا کلنی است.
2	1. در شرایط رویشی فاقد تحرک است.
Tetrasporales	2. سلول‌ها در موسیلاژ فراوانی قرار می‌گیرند (که همگن یا لایه لایه است)، درون کلنی‌هایی بدون شکل مشخص قرار دارند یا رشته‌های ژلاتینی تشکیل می‌دهند (رشته‌های کاذب) یا پوشش موسیلاژی دارند،

1. coenocyte

	برخی از آن‌ها تک‌سلولی هستند یا کلنی‌های درخت مانندی تشکیل می‌دهند که اپی‌فیتیک یا اپی‌زوئیک هستند، سلول‌ها اغلب دارای تاژک کاذب (تحت عنوان pseudociliates) هستند که باعث می‌شود به شرایط متحرک بازگردند بدون اینکه در مرحله‌ی تکثیری باشند.
3	2. سلول‌ها درون موسیلاژ قرار ندارند
4	3. بدنه‌ی رشته‌ای دارند، متشکل از سلول‌هایی هستند که انتها به انتها هم متصل شده‌اند و سری‌های مشخصی را تشکیل می‌دهند، گاهی نیز این سری‌ها از بین رفته‌اند.
15	1. بدنه از سلول‌هایی که به صورت رشته‌ای کنار هم قرار گرفته‌اند تشکیل نشده است؛ تک‌سلولی یا به صورت کلنی هستند؛ یا اگر به صورت رشته‌ای هستند به شکل کوئنوسیت‌هایی با دیواره‌های عرضی هستند.
5	4. به صورت رشته‌های فاقد انشعاب هستند؛ به صورت متصل و چسبیده یا شناور و غوطه‌ور هستند.
6	4. به صورت رشته‌های دارای انشعاب هستند انشعاب‌ها گاهی بسیار به هم فشرده‌اند، تشکیل توده‌های پارانشیمی کاذب را می‌دهد.
6	5. رشته‌ها متشکل از یک سری سلول هستند.
12	5. رشته‌ها متشکل از بیش از یک سری سلول هستند؛ سلول‌ها به هم چسبیده‌اند؛ بدنه یک لوله‌ی توخالی را تشکیل می‌دهد یا به صورت گسترش‌های روبانی/برگ مانند هستند.
Zygnematales	6. دارای یک تا چند کلروپلاست بزرگ به فرم نوارهای مارپیچی، توده‌های ستاره مانند یا صفحات پهن هستند؛ پیروئوئیدها مشخص هستند، تکثیرشان از طریق الحاق است.
Chlorococcales	7. ریشه به صورت تک‌سلولی یا کلنی‌هایی به شکل مشخص یا نامشخص است؛ سلول‌ها دارای اشکال مختلفی هستند از کروی، هرمی گرفته تا چندگوشه؛ تکثیر رویشی ندارند، تکثیرشان از طریق اتواسپور ¹ ، زئوسپور یا ایزوگامت‌ها صورت می‌گیرد.

1-8-3- راسته: Volvocales

هر دو سلول‌های رویشی و زایشی متحرک هستند، دارای 2، 4 و یا به ندرت 8 تاژک، به طور کلی دارای یک لکه‌ی چشمی آشکار، دارای کلروپلاست‌های جداری فنجانی شکل، تکثیر توسط تقسیم سلولی، توسط زئوسپور، توسط ایزوگامت‌ها، یا توسط هتروگامت‌ها.

1. autospore

1-3-8-1- کلید شناسایی خانواده

مشخصات و شماره مربوط به آنها

2	1. سلول‌ها دارای دیواره‌ی مشخص و گاهی اوقات غلاف موسیلاژی هستند؛ منفرد یا در کلنی‌های به هم متصل قرار دارند.
3	2. سلول‌های منفرد
3	2. سلول‌های متصل به هم به صورت کلنی
4	3. دیواره‌ی سلولی دو قسمتی نیست، مسطح و پهن نیست.
Haematococcaceae (در بخشی از آن)	4. سلول‌ها دارای پروتوپلاست‌هایی است که با کمی فاصله درون دیواره‌ی سلولی قرار گرفته است و از طریق رشته‌های سیتوپلاسمی شعاعی به دیواره‌ی سلولی متصل شده است.
Chlamydomonadaceae	4. سلول‌ها فاقد رشته‌های سیتوپلاسمی شعاعی هستند
Volvocaceae	5. سلول‌ها به فرم کلنی‌های پهن یا کروی به هم متصل شده‌اند، توزیع یکنواخت دارند، هرچند گاهی درون موسیلاژ خیلی نزدیک به هم در کلنی قرار گرفته‌اند.

1-4-8-4- راسته : Chlorococcales

تک سلول یا کلنی‌هایی با اشکال مشخص، سلول‌ها ممکن است به یکدیگر متصل شده باشند یا تنها توسط پوشش چسبنده ی کلنیایی محصور شده باشند، بدون هیچ تقسیم سلولی در حالت رویشی، تولیدمثل غیرجنسی با تشکیل زئوسپور، تولید مثل جنسی از نوع ایزوگامی^۱ است.

1-4-8-1- کلید شناسایی خانواده

مشخصات و شماره مربوط به آنها

2	1. به‌صورت تک‌سلولی یا کلنی هستند؛ سلول‌ها در شکل مختلف هستند اما نامنظم نیستند؛ دیواره ضخامت یکنواختی دارد اما لایه لایه نیست؛ زندگی آزاد دارند یا متصل می‌باشند، به ندرت در قسمت سطحی خاک ^۲ هستند.
3	2. به صورت آزاد و شناور یا متصل به خاک هستند
Hydrodictyaceae	3. سلول‌ها استوانه‌ای هستند و یک شبکه‌ی ماکروسکوپی یا سه‌گوشه‌ای یا چندوجهی را تشکیل می‌دهند و به هم متصل می‌شوند و سنوبیوم ^۳ ‌های پهن و گرد یا کروی (کلنی) را بوجود می‌آورند.
4	3. سلول‌ها استوانه‌ای نیستند و کلنی‌هایی که در بالا اشاره شد را بوجود

1. isogamy

2. subaerial

3. senobiom

نمی‌آورند.	
Chlorococcaceae	4. به صورت تک‌سلولی، منفرد یا گاهی گروهی هستند، آزاد و شناور هستند (اگر متصل باشند معمولاً روی خاک مرطوب هستند)، تکثیرشان از طریق زئوسپور انجام می‌شود (به ندرت آپلانوسپور ¹) که به یکدیگر متصل نیستند اما جدا و آزاد از سلول والد هستند.
5	4. به صورت کلنی یا منفرد هستند، از طریق زئوسپورها تکثیر نمی‌شوند.
6	5. بدنه کروی نیست، به صورت سنوبیوم توخالی است.
7	6. سلول‌ها ترتیب قرارگیری محیطی ندارند و فاقد موسیلاژ رنگی هستند.
Oocystaceae	7. سلول‌ها به صورت منفرد یا کلنی‌هایی با شکل مشخص یا نامشخص هستند؛ شکل سلول‌ها متغیر است (کروی، بیضوی، هلالی شکل، چندوجهی و غیره)، به یکدیگر متصل نیستند؛ تکثیر بوسیله‌ی اتوسپور صورت می‌گیرد
Scenedesmaceae	8. 2-8 سلول به یکدیگر متصل شده‌اند یا به هم چسبیده‌اند تا طرح مشخصی را ایجاد کنند (یک سری خطی، ستاره مانند یا صلیبی‌شکل)؛ تکثیر از طریق تشکیل اتوکلنی‌هایی درون سلول‌های سنوبیوم والد

1-8-5 – شاخه دیاتومه‌ها: Bacillariophyta

1-8-5-1- Centrale: راسته

کفه‌هایی با نقوش شعاعی شکل یا متحدالمرکز اطراف یک نقطه یا چند نقطه، به صورت مرکزی یا جانبی، بدون شیار رافه یا رافه کاذب. سلول‌ها دایره‌ای، تخم‌مرغی یا بیضوی شکل، گاهی اوقات چندضلعی، به ندرت هلالی شکل یا دوکی شکل هستند.

I. زیر راسته : Discoideae

سلول‌ها دیسک شکل یا استوانه‌ای اند. دارای کفه‌های گرد، سطح صاف یا محدب، گاهی اوقات نیمکره‌ای. دارای تعداد زیادی خار. بدون شاخ یا برآمدگی هستند، در صورت وجود نیز، کوچک هستند.

1. کفه‌های دایره‌ای، توسط نوارها، اشعه‌ها و بخش‌های موج دار به قسمت‌های واضح و مشخص تقسیم نشده اند، نقوش روی کفه‌ها گاهی اوقات در دسته‌هایی مرتب شده‌اند، خارهای بلند اغلب حضور دارند.

خانواده – Coscinodiscaceae

1. aplanospores

(a) سلول‌ها به شکل عدسی، دایره‌ای یا استوانه‌ای درآمده‌اند و معمولا به صورت زنجیره‌های معمولی کم و بیش بلند متحد شده‌اند. نوارهای میانی (بینابینی) اغلب دارای نقوش شده‌اند. پوشش کفه‌ها معمولا به شدت گسترش یافته است.

زیر خانواده Melosirinae

جنس‌های معمولی – *Melosira*, *Stephanopyxis*

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها گرد، بیضوی یا استوانه‌ای شکل هستند. در زنجیره‌های مستقیم دانه تسبیحی توسط مراکز کفه‌ها نزدیک به هم قرار گرفته اند. کفه‌ها یا به صورت ساده نقطه نقطه هستند یا کاملا نقطه نقطه هستند و یا هاله‌ای شکل هستند. نوارهای میانی (بینابینی) یا وجود ندارند، یا زیاد و باریک هستند *Melosira*.

سلول‌ها مستطیلی، تخم مرغی یا تقریبا دایره ای شکل هستند. با هاله‌های شش ضلعی. معمولا در زنجیره های کوتاه *Stephanopyxis*.

(b) سلول‌ها کوتاه یا استوانه‌ای کشیده. توسط برآمدگی‌های سیلیسی ظریف یا رشته‌های ژلاتینی درون رشته‌های تنگ محدود شده‌اند. دیواره سلولی معمولا به صورت ضعیف سیلیسی شده است.

زیر خانواده Skeletoneminae -

جنس‌های معمول – *Skeletonema*, *Thalassiosira*

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها دایره‌ای، عدسی شکل، مستطیل، یا استوانه‌ای هستند. کفه‌ها دایره‌ای، بعضی جاها قوسی شکل، بدون ساختار مشخص، با یک ردیف از خارهای ظریف در لبه‌ی کفه، موازی با محور طولی دیسکی^۱. خارها فواصل بین سلول‌های مجاور و یک شکل را به صورت زنجیره‌ای به هم پیوند می‌دهند *Skeletonema*.

سلول‌ها شبیه به سلول‌های *Conscinodiscus* هستند. معمولا طبل یا دیسک شکل هستند و در زنجیره‌های انعطاف‌پذیری توسط رشته‌های سیتوپلاسمی یا ژلاتینی متحد شده‌اند. یا در توده‌های ژلاتینی بی‌شکل و یا به ندرت انفرادی زندگی می‌کنند. یک یا چند نوار اضافی برای هر کفه وجود دارد. کفه‌ها ردیف‌های شعاعی ظریف یا هاله‌ای شکل از نقوش نقطه‌ای دارند. ساختارها اغلب به راحتی دیده نمی‌شوند. کپسول حاشیه‌ای یا خارهای کوچک وجود دارند و معمولا مجزا هستند *Thalassiosira*.

1. perivalvar

(c) سلول‌ها منفرد دیسکی یا طبلی شکل، سطح کفه کمی محدب، گاهی اوقات تقریباً مسطح و یا کمی مقعر است. با شکل‌های برجسته (عموماً شش ضلعی). نوارهای میانی (بینابینی) شفاف یا به ندرت با شکل‌های بسیار ظریف. پوشش کفه به خوبی توسعه نیافته است.

زیرخانواده *Coscinodiscinae*

جنس‌های رایج - *Cyclotella*, *Planktoniella*, *Coscinodiscus*

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها به شکل دیسک یا جعبه، منفرد هستند یا بلافاصله پس از تقسیم سلولی به شکل زنجیر قرار می‌گیرند. کفه‌های گرد (مدور)، بدون گره یا برآمدگی‌های بزرگ، با هاله شش ضلعی که به روش‌های مختلف و به خوبی اطراف یک نقطه مرتب شده‌اند *Coscinodiscus*.

سلول‌های منفرد، دیسکی شکل، با یک گستره بال مانند شفاف که در سرتاسر حفره‌های خارج سلولی، توسط اشعه‌های شعاعی تقویت شده است. گستره بال مانند به طور خفیف سیلیسی شده است و اندامی جهت شناوری محسوب می‌شود. کفه‌ها به صورت هاله هستند، مانند آنچه در *Coscinodiscus excentricus* دیده می‌شود *Planktoniella*.

2. کفه‌ها گرد که به وسیله نوارهای شعاعی یا موجی شکل یا توسط اشعه‌های شفاف پهن از یک جسم مرکزی مشخص که به بخش‌های مجزای کامل و یا ناقص تقسیم شده، ساخته شده است و بدون شاخ یا برآمدگی‌های برجسته هستند.

خانواده *Actinodisceae*

(a) کفه‌ها توسط مرزهای شعاعی به صورت یکپارچه از حاشیه تا بخش شفاف مرکزی به قسمت‌های کاملاً مشخص تقسیم شده‌اند. خارهای کوچک، اما مشخص معمولاً در انتهای این مرزها وجود دارند. معمولاً بخش‌های متناوب، فشردگی دارند (فشردگی از بالا به پایین - مترجم)

زیرخانواده *Actinoptychinae*

جنس رایج - *Actinoptychus*

کلید شناسایی جنس

سلول‌های دیسکی شکل، منفرد، کفه‌ها به بخش‌هایی که به طور متناوب برجسته و فشرده هستند، تقسیم شده‌اند. ناحیه مرکزی صاف. بدون نوارهای میانی (بینابینی). دیواره سلولی معمولاً از چندین لایه تشکیل شده است. غشاهای منحصر به فرد نشانه‌گذاری شده است، نشانه‌ها به صورت نقطه نقطه در عرض خطوط و کم و بیش به شدت هاله مانند هستند *Actinoptychus*.

3. کفه‌ها معمولاً به صورت شعاعی حالت موجی دارد، چشم‌ها یا گره‌ها روی برآمدگی‌ها یا کفه‌ها مسطح هستند و سپس به صورت برآمدگی‌های زگیل مانند یا حلقه‌های سوزنی و جداگانه قرار می‌گیرند.

خانواده Eupodiscae

(a) کفه‌ها برآمدگی‌هایی دارند، تنها یک جنس دارد.

زیر خانواده Aulacodiscinae

جنس رایج Aulacodiscus

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها صفحه مانند یا جعبه ای شکل کفه‌ها با یک طرح دایره‌ای مسطح یا کمی پایین تر در قسمت میانی یا محدب هستند، با چهار عدد یا بیشتر زایده مخروطی متقارن که در نزدیکی حاشیه مرتب شده‌اند، هاله مانند، نوارهای میانی وجود دارند Aulacodiscus.

II. زیر راسته Solenoideae

کفه‌ها در برش عرضی بیضوی یا گرد هستند، سلول‌های دراز، استوانه‌ای یا نیمه استوانه‌ای شکل با نوارهای میانی (بینابینی) متعدد بدون دیواره داخلی هستند، ساختار کفه نسبت به یک قطب غیرمرکزی مرتب شده است، سلول‌ها درون زنجیره‌ها به وسیله کفه‌هایشان مجتمع شده‌اند.

خانواده Solenieae

(a) کفه‌های مسطح یا بالا آمده دارای خارهای حاشیه‌ای یا فاقد آن، برآمدگی‌های بیرون از مرکز یا غیر متقارن وجود ندارد.

زیر خانواده Lauderinae

جنس‌های رایج Corethron, Leptocylindrus

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها به صورت منفرد زندگی می‌کنند، سلول‌های استوانه‌ای با کفه‌های گردی که دارای تاجی از خارهای بلند نازک یا تارچه در حاشیه هستند که جهت آن‌ها از یک زاویه به سمت بالا می‌باشد، نوارهای میانی (بینابینی) متعدد، فلس مانند و اغلب بسیار نامشخص وجود دارند (Corethron). سلول‌ها کشیده، استوانه‌ای که توسط کل سطح کفه درون زنجیر مجتمع شده کفه‌ها مسطح بدون برآمدگی یا زایده Leptocylindrus.

(b) کفه‌ها اغلب دارای یک برآمدگی یا خار بسیار کوتاه هستند که معمولاً به طور غیر طبیعی قرار می‌گیرند، بنابراین موجب از بین رفتن تقارن سلول می‌شوند، کفه‌ها مسطح یا محدب‌اند.

زیر خانواده Rhizosoleniinae

جنس معمول: Rhizosolenia

کلیدشناسایی جنس

سلول‌ها استوانه‌ای، با محور طولی کاملاً کشیده هستند. زندگی انفرادی یا به صورت زنجیره‌های فشرده یا نامتراکم دارند. سلول‌ها معمولاً راست یا به ندرت خمیده‌اند و زنجیره‌های فنری پیچ خورده تشکیل می‌دهند. مقطع عرضی بیضی شکل یا مدور دارند Rhizosolenia.

III. زیر راسته فرعی: Biddulphioideae

سلول‌های جعبه‌ای شکل. معمولاً محور طولی کوتاه‌تری دارند، گاهی اوقات، کمی بلندتر از محور ولوار^۱ کفه‌ها معمولاً تخم مرغی شکل (بیضی‌اند). گاهی اوقات چندگوشه‌ای، گرد و یا نیم دایره، تک قطبی، دوقطبی یا چند قطبی هستند، هر قطب توسط یک زاویه، برآمدگی (یا شاخ) و خار و یا هر دو نشان داده می‌شوند، کفه‌ها تار بلند دارند. بلندتر از سلول. سلول‌ها توسط بخش قاعده‌ای تارها به صورت زنجیره مجتمع می‌شوند و به ندرت به صورت انفرادی زندگی می‌کنند. نوارهای میانی (بینابینی) به ندرت وجود دارند. کفه‌ها گرد یا بیضی شکل اند، همه‌ی گونه‌ها سطح زی هستند.

خانواده Chaetocerotaceae

جنس‌های معمول: Chaetoceros, Bacteriastrum

کلید شناسایی جنس

سلول‌های استوانه‌ای، در برش عرضی، مدور هستند. توسط اتصال تارهای کم و بیش متعدد که در اطراف حاشیه سلول به صورت منظم مرتب شده‌اند، در زنجیره‌های غیر فشرده دیده می‌شوند. تارهای دو سلول مجاور در یک فاصله معین از پایه، با هم یکی شده‌اند و کمی دورتر دوباره از هم جدا می‌شوند

Bacteriastrum

سلول‌ها از دید کفه‌ای (دید بالایی)، بیضی شکل، تقریباً یا به ندرت کاملاً دایره‌ای هستند. در دید کمربندی، چهارگوش با کناره‌های مستقیم و نقاط انتهایی محدب، مسطح یا کمی مقعر هستند. کفه، سطح انتهایی کم و بیش مسطح دارد یا سطح کفه و بخش استوانه‌ای یا پوشش کفه بدون درز یا شکاف به یکدیگر متصل‌اند Chaetoceros.

شاخ‌ها کوتاه و ضخیم هستند یا به صورت شاخ‌های بلند همراه با چنگال‌هایی در انتهای آن‌ها می‌باشند. سلول‌ها توسط انتهای شاخ‌ها به صورت زنجیره متحد شده‌اند. صفحه کفه‌ای مدور یا بیضوی، معمولاً با یک تا چند قطب و چندین زاویه یا گوشه می‌باشد. نوارهای میانی (بینابینی) و سپتوم^۲، اغلب

1. valvar

2. septa

وجود دارند. عمدتاً به صورت پلانکتونی هستند تا حدودی در منطقه ساحلی حضور دارند ولی اکثر گونه‌ها دریایی اند.

خانواده Biddulphiaceae

(i) برآمدگی ها و شاخ ها، بدون چنگال در انتهای کفه‌های دوقطبی قرار دارند. دیواره سلولی، به صورت ضعیف سیلیسی است. به فرم های پلانکتونی وجود دارند.

خانواده فرعی (زیر خانواده) Eucampiinae

جنس معمول Eucampia

کلید شناسایی جنس

کفه‌های بیضوی، از نظر دید (بالایی) سطحی با دو زایده دارای لبه ضخیم و بدون خار و تار. نوارهای میانی (بینابینی) متعدد هستند، در آب به سختی قابل مشاهده‌اند. زنجیرها منحنی و مارپیچی اند. روزنه

های بزرگ بین سلول‌ها وجود دارند *Eucampia*

کفه‌های سه قطبی تا چند قطبی، گاهی اوقات با انواع دو قطبی هستند. زاویه‌ها (گوشه ها)، برآمدگی گنبد مانند یا شاخ ندارند. نوارهای میانی اغلب وجود دارند. فرم‌های دریایی، معمولاً در ناحیه ساحلی، تعداد کمی سطح زی (پلاژیک).

زیر خانواده Triceratiinae

جنس‌های معمول - *Triceratium* , *Lithodesmium* , *Ditylum*

کلید شناسایی جنس

سلول‌های کشیده، منشوری تا جعبه‌ای شکل هستند. غیر از مرحلهٔ بلافاصله بعد از زمان تقسیم شدن، در بقیه مراحل به صورت منفرد دیده می‌شوند. کفه ها، سه تا چهار گوشه هستند. به ندرت دوقطبی با خارهای قوی میان تهی، مرکزی و از جنس سیلیس و یک برآمدگی حاشیه ای که توسط نوارهایی تقویت شده است *Ditylum*.

سلول‌ها معمولاً در زنجیره های مستقیم و طویل با روزنه های پنهان^۱، متحد شده‌اند. کفه ها سه گوشه ای هستند. کفه‌ها دارای حاشیه‌ی طولی هستند - غشای جهت دار که به وسیله آن سلول‌های مجاور به یکدیگر متصل شده‌اند. خارهای بلند، نازک و میان تهی در مرکز کفه وجود دارد. نوارهای میانی موجودند و یقه مانند هستند *Lithodesmium*.

1. concealed apertures

کفه‌ها، دو قطبی، سه قطبی یا چند قطبی هستند. هر زاویه دارای یک برآمدگی گنبد مانند^۱ و یا یک شاخ می باشد. معمولاً به شدت سیلیسی شده و به فرم زنجیر هستند. عمدتاً در منطقه ساحلی دیده می‌شوند، اما گاهی اوقات سطح زی اند. تعداد کمی از گونه‌ها هستند که به‌طور معمول پلانکتونی اند و پس از آن به صورت بسیار ضعیف تر سیلیسی هستند.

زیر خانواده - Biddulphiinae

جنس رایج *Biddulphia*

کلیدشناسایی جنس

سلول‌های جعبه ای شکل یا استوانه ای. کفه بیضوی با دو قطب و سه یا چهار (به ندرت پنج) پهلوی. در گوشه ها و یا در انتهای محور راسی، زائده‌ها یا شاخ های کم و بیش توسعه یافته ممکن است وجود داشته باشد (*Biddulphia*).

کفه‌ها تک قطبی. سلول‌ها در نمای پهن کمر بندی، لوزی شکل یا دوزنقه‌ای هستند. به اشکال دریایی بزرگ تا بسیار بزرگ و تنومند هستند. ساحلی‌اند.

زیر خانواده Isthmiinae

جنس معروف (رایج) - *Isthmia*

کلید شناسایی جنس

سلول‌های استوانه‌ای - جعبه‌ای شکل با سطح کفه بیضوی و معمولاً محور طولی طویل تر است. نوارهای میانی وجود ندارد (*Isthmia*).

(ii) شاخ‌ها با پنجه هایی در انتهای کفه-های دو قطبی، سه قطبی یا چهار قطبی هستند. هر زاویه یک شاخ عمودی بلند با انتهای پنجه دار دارد.

خانواده - Hemiaulineae

جنس‌های معروف *Hemiaulus*, *Cerataulina*

کلید شناسایی جنس

سلول‌های استوانه‌ای، معمولاً به‌صورت زنجیره‌ای. کفه‌ها کمی قوس‌دار با دو برآمدگی یا زائده بدون نوک در نزدیکی حاشیه که خود به‌وسیله یک زائده مو مانند نرم (ریز)، کوچک، خمیده که متناسب با کفه سلول مجاور است، به سلول مجاور متصل می‌شود. نوارهای میانی حلقوی زیاد هستند *Cerataulina*.

1. domelike

سلول‌ها منفرد یا به‌صورت زنجیره‌ای، کفه‌ها در برش عرضی، بیضوی هستند با دو زائده باریک، تیز و کم و بیش طویل در انتهای محور راسی به موازات محور طولی *Hemiaulus*. سلول‌ها بدون شاخ هستند، کفه‌ها فاقد سپتوم داخلی می‌باشند. کفه‌های نیم‌دایره‌ای که عرض بیشتری از طول دارند. نوارهای میانی (بینابینی) ، خیلی به ندرت وجود دارند. سلول‌ها در دید کمربندی، شمشیر مانند^۱ هستند.

خانواده - Euodidae

جنس رایج - *Hemidiscus*

کلید شناسایی جنس

سلول به صورت بخشی از یک کره شکل گرفته است، در دید کمربندی گوه‌ای شکل هستند که از سمت پشتی به سمت شکمی باریک می‌شود. کفه به شکل نیم دایره تا بیضی نامتقارن است. کفه‌ها مسطح با پوشش کفه‌ای کوچک هستند. نوارهای میانی و سپتوم وجود ندارد، محور طولی به‌صورت مشخص طویل نشده است *Hemidiscus*.

1-8-5-2- Pennales : راسته

کفه‌های طویل و دارای تقارن دوطرفه هستند. نمای کلی به شکل قایق یا میله‌ای شکل است. گاهی اوقات بیضی شکل، میخی (گوه‌ای)، هلالی شکل یا سیگموئید هستند، نشانه گذاری‌ها به طور کلی پرشکل (پینتی)^۲ و یا عرضی (مقاطع) هستند. رافه حقیقی، یا خط شفاف میانی (رافه کاذب) یا رافه پنهان شده توسط بال‌های جانبی یا کیل^۳ (رافه پنهان)^۴ همیشه وجود دارد. زائده‌ها وجود ندارند. اگر رافه حقیقی وجود داشته باشد، سلول توانایی حرکت خودبخودی را دارد.

1. رافه وجود ندارد. معمولاً رافه کاذب وجود دارد

زیر راسته Araphidineae

سلول‌ها به طور کلی به شکل میله ای تا تخته ای منشوری (بلوری)، از دید کفه‌ای معمولاً کم و بیش خطی، به ندرت گریزی شکل هستند. از دید کمربندی از خطی تا مستطیلی تخته‌ای. نوارهای میانی (بینابینی) و سپتا معمولاً موجود است. کفه‌ها با نوارها یا شیارهای پیش راسی^۵ ، بعضاً هاله‌ای-

1. cuneate

2. pinnate

3. keel

4. cryptoraphe

5. transapical

نقطه‌ای، اغلب با خلل و فرج لعاب دار می‌باشند. فاقد رافه حقیقی ولی معمولاً دارای یک رافه کاذب میانی هستند. کروماتوفورها معمولاً کم و بیش به صورت تعداد زیادی صفحات کوچک هستند. ندرتاً به صورت یک صفحه بزرگ دیده می‌شوند.

خانواده Fragilarioideae

سلول‌ها از دید کفه‌ای معمولاً به صورت خطی و به ندرت به شکل گوه هستند. معمولاً با تورم یا انقباضات پیش راسی، در دید کمربندی معمولاً به صورت خطی تا تخته‌ای و به ندرت گوه‌ای شکل هستند. نوارهای میانی (بینابینی) و سپتا^۱ همیشه وجود دارد و کاملاً واضح و مشخص هستند. صفحه کفه‌ای در مسیر پیش کفه‌ای خم نشده است. دو کفه‌ی یک سلول معمولاً کاملاً شبیه هم هستند. سلول‌ها معمولاً به شکل نوار متحد شده‌اند. دارای اشکال دریازی و آب شیرین‌زی هستند.

زیر خانواده Tabellariceae

جنس‌های معمول *Rhabdonema*, *Grammatophora*

کلید شناسایی جنس‌ها

سلول‌ها در دید کمربندی، مستطیلی شکل با گوشه‌های گرد هستند و معمولاً به صورت زنجیره‌های زیگزاگی گرد هم آمده‌اند (*Grammatophora*).

سلول‌ها با قطب‌های نامشابه محور راسی، در دید کمربندی همانند دید کفه‌ای، گوه‌ای شکل هستند. نوارهای میانی (بینابینی) و سپتا وجود دارد. سلول‌ها تاردار و معمولاً به صورت کلنی‌های منشعب قوی متحد می‌شوند. دریازی هستند.

زیر خانواده‌ی Licmophorinae

جنس معمول *Licmophora*

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها در دید کمربندی گوه‌ای شکل و در دید کفه‌ای گوه‌ای یا چماقی شکل هستند. دو نوارهای میانی در سلول‌های خفته^۲ با یک تیغه^۳ کم و بیش نفوذ پذیر در قطب سر. کفه‌ها دارای شیارهای پیش راسی نقطه دار، ندرتاً دارای شیارهای ضعیف پیش راسی و فضای میانی بسیار دقیق نقطه‌دار می‌باشند.

Licmophora

-
1. septa
 2. resting cells
 3. Septum

سلول‌ها معمولاً میله‌ای شکل هستند. معمولاً هم از دید کفه‌ای و هم از دید کمربندی، خطی هستند. به ندرت گوه‌ای شکل یا دارای شکل تخته‌ای در دید کمربندی می‌باشند. گاهی نوارهای میانی وجود دارند، اما همیشه فاقد سپتا هستند یا دارای سپتای بسیار ابتدایی هستند.

زیر خانواده Fragilariidae

جنس‌های معمول: *Fragilaria*, *Synedra*, *Thalassionema*, *Thalassiothrix*, *Asterionella*

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها به همراه تمام کناره‌های کفه، به صورت نوارهای کم و بیش بلند متحد شده‌اند. گاهی دارای روزنه‌های معمولی بین سلول‌ها می‌باشند. ارتباط بین سلول‌ها با یکدیگر معمولاً با کمک خارهای کوچک بر روی حاشیه کفه انجام می‌شود *Fragilaria*.

سلول‌ها منفرد یا بصورت کلنی‌های پنکه‌ای شکل یا خوشه‌ای ستاره‌ای مجتمع شده‌اند. ندرتاً دارای نوارهای کوتاه. به طور کلی دارای محور راسی طویل شده میله‌ای شکل که بعضی اوقات در جهت محور راسی خم شده است *Synedra*.

سلول‌ها نوارهای زیگزاگ یا کلنی‌های ستاره‌ای شکل تشکیل می‌دهند. سلول‌های مجاور به کمک اجسام بالش مانند^۱ ژلاتینی کوچک در یک انتهای سلول با هم تجمع می‌یابند. در دید کمربندی خطی هستند *Thalassionema*.

سلول‌ها به صورت منفرد زندگی می‌کنند یا تشکیل کلنی‌های ستاره‌ای شکل، نوارهای زیگزاگ یا خوشه‌ای^۲ می‌دهند که با اجسام بالش مانند ژلاتینی در انتهای سلول با هم تجمع می‌یابند. از دید کمربندی خطی هستند *Thalassiothrix*.

سلول‌ها در یک انتها (انتها بزرگتر) به صورت کلنی‌های ستاره‌ای شکل و یا با انحنای مارپیچی و گاهی به صورت نوارهای صاف یا نوارهای شانهای شکل تجمع یافته‌اند *Asterionella*.

کفه‌ها با شیارهای پیش راسی که با این حال یا به یکی از کفه‌های سلول و یا به یک شیار میانی منفرد محدود می‌شوند، دارای اشکال آب شیرین زی یا دریازی هستند. سلول‌ها به طور معمول به صورت نوارهای بسته یا زیگزاگ متحد شده‌اند.

زیر خانواده Diatominae

جنس معمول: *Diatoma*

1. cushions

2. bunches

2- یکی از کفه‌های سلول همیشه همراه با رافه زورقی شکل¹ دیگری فاقد رافه همراه یک گره رافه ابتدایی می‌باشد. دو کفه یک سلول معمولاً به طور قابل توجهی با توجه به ساختار و همچنین توسعه رافه، متفاوت هستند.

زیر راسته Monoraphideae

سلول‌ها دارای صفحه کفه‌ای خطی، نیزه مانند یا بیضوی هستند و کم و بیش مشخصاً حول محور راسی یا فراراسی خم شده‌اند. کفه‌ها گاهی دارای سپتای کاذب قطبی هستند. غشای میان ردیف‌های پیش راسی قوی‌تر است و معمولاً ضخیم شده و شیاری شکل است. دو کفه سلول به طور معمول نسبت به ساختار و نیز تکامل و نمو رافه بطور قابل توجهی تمایز یافته اند.

خانواده Achnanthoideae

سلول‌ها اطراف محور فرا راسی خم شده‌اند. گاهی اوقات نیز در اطراف محور راسی خم می‌شوند. کفه‌ی دارای رافه مقعر است و کفه بدون رافه محدب. یکی از کفه‌ها همیشه دارای یک رافه تکامل یافته دیگری فاقد آن (رافه ی تکامل یافته) می‌باشد. ندرتاً دارای یک گره رافه بسیار کوتاه یا یک رافه ابتدایی هستند. پیرامون کفه معمولاً به صورت خطی نیزه‌ای ندرتاً بیضی شکل. گاهی اوقات نوارهای میانی وجود دارد، سپتاهای حقیقی وجود ندارند.

زیرخانواده Achnanthaceae

کلید شناسایی جنس‌ها

سلول‌ها منفرد یا بصورت نوارهای روبانی شکل مجتمع شده‌اند. دارای پایه‌های ژلاتینی برای نگهداری زنجیره‌ها به لایه اصلی یا فاقد آن هستند. ندرتاً دریازی‌اند. کفه‌ها معمولاً خطی - نیزه ای شکل هستند. ندرتاً بیضوی شکل‌اند. از دید کناری یا کمربندی² بطور کلی مستطیلی شکل هستند. اما کم و بیش قویاً در طول محور فرا راسی شکسته اند *Achnanthes*.

سلول‌ها بیضوی تا تقریباً مدور هستند، کفه فاقد رافه با شیارهای فرا راسی کمی شعاعی می‌باشد. رافه کاذب باریک است، کفه دارای رافه با شیارهای شعاعی نقطه دار می‌باشد.

زیر خانواده Cocconeideae

هر دو کفه دارای رافه تکامل یافته هستند.

زیر راسته Birapnideae

1. Navicula-like

2. girdle view

سلول‌ها با توجه به ساختار غشا، اجزای سلولی و شکل کلی‌شان دارای انواع مختلف هستند. همه اشکال دارای سیستم رافه ویژه و مشابه (شکاف‌های خارجی و داخلی به همراه گره‌های انتهایی و مرکزی) هستند. گره‌ها غالباً بطور گسترده‌ای کاهش یافته و یا در بسیاری گونه‌ها فقط کمی توسعه یافته است. شکاف‌های داخلی و خارجی غالباً به سختی از هم قابل تشخیص‌اند. رافه معمولاً در صفحه‌ی کفه‌ای، به‌طور کلی متمایز، ولی به‌عنوان یک رافه کانالی توسعه نیافته است. معمولاً فاقد ستونک یا بال‌های خیلی توسعه یافته هستند، اما در صورت وجود، همیشه فاقد کانال حاشیه‌ای و ستونک نقطه دار است.

خانواده Naviculoideae

سلول‌ها معمولاً دارای ساختار متقارن، محور فرا راسی تنها، به ندرت با پایانه‌های نامشابه می‌باشند. از دید کمربندی معمولاً مستطیلی شکل هستند. کفه‌ها بیضوی، خطی یا نیزه مانند، غالباً S شکل، ندرتاً گریزی شکل یا هلالی شکل. رافه معمولاً در صفحه کفه‌ای، سلول‌ها معمولاً تکی، گاهی درون لوله‌های ژلاتینی یا روی یک پایه ژلاتینی قرار دارد.

زیر خانواده Naviculaeae

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها معمولاً آزاد و متحرک هستند. در گونه‌های پلانکتون معمولاً به صورت زنجیره‌های روبانی شکل تجمع یافته‌اند. کفه‌های خطی تا بیضوی با پایانه‌های گرد، راسی یا نوک دار *Navicula*.

کفه‌های خطی تا نیزه‌ای معمولاً S (سیگموئید) شکل. ناحیه محوری خیلی باریک. ناحیه مرکزی خیلی کوچک. شیارهای دانه‌دار، در ردیف‌های متقاطع یا طولی *Gyrosigma*.

کفه‌ها از خطی تا نیزه ای معمولاً S (سیگموئید) شکل، رافه معمولاً (سیگموئید) مرکزی یا غیر مرکزی. شیارها به خوبی در خطوط مورب و متقاطع دانه دار هستند. گره‌های مرکزی معمولاً کوچک و گرد هستند *Pleurosigma*.

رافه روی یک ستونک یا بال که معمولاً در خط میانی کفه قرار می‌گیرند. سلول‌ها معمولاً حول محور راسی پیچیده‌اند.

زیر خانواده Amphiproroideae

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها به‌صورت منفرد یا در زنجیره‌های روبان مانند هستند. سلول‌ها در وسط جمع شده‌اند. کفه‌ها نیزه‌ای، محدب، دارای رافه، گره مرکزی و یک ستونک سیگموئیدی شکل هستند. یک نیمه‌ی ستونک

روی کناره هر محور زنجیره قرار دارد. گره‌های انتهایی نیز موجودند *Amphiprora*.

ستونک دارای رافه کانالی که در سطح کفه‌ها قرار دارد. اغلب به‌صورت فرا راسی نسبت به حاشیه‌ی کفه جابجا می‌شوند. هر دوی کفه‌ها دارای رافه‌های کانالی و ستونک دارای دانه هستند.

Nitzschiaceae خانواده

شیار رافه توسط ستونک (keel) حاشیه‌ای دانه‌دار پنهان شده است. تزئینات^۱ همیشه به‌صورت عرضی هستند.

Nitzschiaae خانواده

کلید شناسایی جنس

سلول‌ها دوکی شکل، منفرد یا تجمع یافته به‌صورت کلنی می‌باشند. کفه‌ها ستونک‌دار هستند. ستونک دارای یک رافه پنهان است. معمولاً به‌صورت مورب در مقابل هم به‌صورت مرکزی و هم غیر مرکزی. مثال:

Nitzschia

منابع

Adl, S. M., Simpson, A. G. B., Farmer, M. A., Andersen, R. A., Anderson, O. R., Barta, J. R., Bowser, S. S., Brugerolle, G., Fensome, R. A., Fredericq, S., James, T. Y., Karpov, S., Kugreens, P., Krug, J., Lane, C. E., Lewis, L. A., Lodge, J., Lynn, D. H., Mann, D. G., McCourt, R. M., Mendoza, L., Moestrup, O., MozleStandridge, S. E., Nerad, T. A., Shearer, C. A., Smirnov, A. V., Spiegel, F. W., Max, F., & Taylor, J. R. (2005). The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *The Journal of Eukaryotic Microbiology*, 52, 399–451.

Agassiz, L. (1850). *Lake superior: Its physical character, vegetation and animals* (428 pp). Boston: Gould, Kendal and Lincoln.

Batt, B. D. J., Anderson, M. G., Anderson, C. D., & Caswell, F. D. (1989). The use of prairie potholes by North American ducks. In A. van der Valk (Ed.), *Northern Prairie wetlands* (204–227pp.). Ames: Iowa State University Press.

Barica, J. (1975). Collapses of algal blooms in prairie pothole lakes: Their mechanism and ecological impact. *Verh. – Int. Thoor. Angew, Limnol.*, 19, 606–615.

Barica, J. (1990). Seasonal variability of N : P ratios in eutrophic lakes. *Hydrobiologia*, 191, 97–103.

1. Markings

- Barica, J., Kling, H., & Gibson, J. (1980). Experimental manipulation of algal bloom composition by nitrogen addition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 1175–1183.
- Bold, H. C., & Wynne, M. J. (1985). *Introduction to the algae*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Bremer, K. (1985). Summary of green plant phylogeny and classification. *Cladistics*, 1, 369–385.
- Briggs, S. V., Maher, M. T., & Tongway, D. J. (1993). Dissolved and particulate organic carbon in two wetlands in southwestern New South Wales, Australia. *Hydrobiologia*, 264, 13–19.
- Bryant, D. A. (1994). *The molecular biology of cyanobacteria*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Campeau, S., Murkin, H. R., & Titman, R. D. (1994). Relative importance of algae and emergent plant litter to freshwater marsh invertebrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51, 681–692.
- Caron, J. M., Jones, A. L., Rall, L. B., & Kirschner, M. W. (1985). Autoregulation of tubulin synthesis in enucleated cells. *Nature*, 317, 648–651.
- Cavalier, S. T. (1981). Eukaryote kingdoms: Seven or nine? *Bio Systems*, 14, 461–481.
- Dolan, T. J., Bayley, S. E., Zoltek, J., Jr., & Hermann, A. J. (1981). Phosphorus dynamics of a Florida freshwater marsh receiving treated wastewater. *Journal of Applied Ecology*, 18, 205–219.
- Dussart, B., & Roger, G. (1966). Faune planctonique du lac Tchad: 1. Crustacés copepods. *Cashiers ORSTOM Serie Oceanographie*, 4 (3), 77–91.
- Eichler, A. N. (1886). *Syllabus der Vorlesungen iiber specielle and medicinisch pharmaceutische Botanik* (4th ed., 68 pp). Berlin.
- Fritsch, F. E. (1935). *Structure and reproduction of the algae* (Vols. I and II). Cambridge: Cambridge University Press.
- Geider, R. J., Mac Intyre, H. L., & Kana, T. M. (1997). Dynamic model of phytoplankton growth and acclimation: Responses of the balanced growth rate and the chlorophyll a: Carbon ratio to light, nutrient-limitation and temperature. *Marine Ecology Progress Series*, 148, 187–200.
- Gross, F. (1937). Notes on the culture of some marine plankton organisms. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (New Series)*, 21 (02), 753–768.

Glazer, A. N., Yeh, S. W., Webb, S. P., & Clark, J. H. (1985). Disk to disk transfer as the rate limiting step for energy flow in phycobilisomes. *Science*, 227 , 419–423.

Hall, S. L., & Fisher, F. M. (1985). Annual productivity and extracellular release of dissolved organic compounds by the epibenthic algal community of a brackish marsh.

Journal of Phycology, 21 , 277–281.

Hanson, M. A., & Butler, M. G. (1994). Responses to food web manipulation in a shallow waterfowl lake. *Hydrobiologia*, 279–280 , 457–466.

Henebry, M. S., & Cairna, J., Jr. (1984). Protozoan colonization rates and trophic status of some freshwater wetland lakes. *Journal of Protozoology*, 31 , 456–467.

Hutchinson, G. E. (1957). *A treatise on limnology* (1015 pp). New York: Wiley.

Hutchinson, G. E. (1967). *A treatise on limnology* (Vol. II, 1115 pp). New York: Wiley.

Jeffrey, S. W., & Egeland, E. S. (2008). Pigments of green and red forms of *Dunaliella*, and related chlorophytes. In A. Ben-Amotz, J. E. W. Polle, & D. V. Subba Rao (Eds.), *The alga Dunaliella: Biodiversity, physiology, genomics and biotechnology* (pp. 111–145). Enfield: Science Publishers.

Jeffrey, S. W., & Wright, S. W. (1997). Qualitative and quantitative HPLC analysis of SCOR reference algal cultures. In S. W. Jeffrey, R. F. C. Mantoura, & S. W. Wright (Eds.), *Phytoplankton pigments in oceanography: Guidelines to modern methods* (pp. 343–360). Paris: UNESCO Publishing.

Jeffrey, S. W., & Wright, S. W. (2006). *Photosynthetic*

pigments in marine microalgae: Insights from cultures and the sea. In D. V. Subba Rao (Ed.), *Algal cultures, analogues of blooms and applications* (pp. 33–90). Enfield: Science Publishers.

Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. C., & Bjørnland, T. (1997a). Data for the identification of 47 key phytoplankton pigments. In S. W. Jeffrey, R. F. C. Mantoura, & S. W. Wright (Eds.), *Phytoplankton pigments in oceanography: Guidelines to modern methods* (pp. 449–559). Paris: UNESCO Publishing.

Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. C., & Wright, S. W. (Eds.). (1997b). *Phytoplankton pigments in oceanography: Guidelines to modern methods*. Paris: UNESCO Publishing.

Johnson, P. W., & Sieburth, J. M. N. (1979). Chroococcoid cyanobacteria in the sea: A ubiquitous and diverse phototrophic biomass. *Limnology and Oceanography*, 24 , 928–935.

Lee, R. E. (1980, 1989, 1999, 2008). *Phycology* . Cambridge: Cambridge University Press.

Li, W. K. W., Subba Rao, D. V., Harrison, W. G., Smith, J. C., Cullen, J. J., Irwin, B., & Platt, T. (1983). Autotrophic pico- plankton in the tropical ocean. *Science*, 219 , 292–295.

Kadlec, J. A. (1986). Effects of fl ooding on dissolved and suspended nutrients in small diked marshes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43 , 1999–2008.

Klarer, D. M., & Millie, D. F. (1992). Aquatic macrophytes and algae at Old Woman Creek estuary and other Great Lakes coastal wetlands. *Journal of Great Lakes Research*, 18 , 622–633.

Kotak, B. G., & Robinson, G. G. C. (1991). Artificiallyinduced water turbulence and the physical and biological features within small enclosures. *Archives of Hydrobiology*, 122 , 335–349.

McFadden, G. I. (2001). Primary and secondary endosymbiosis and the origin of plastids. *Journal of Phycology*, 37 , 951–959.

Meijer, M. A., deHaan, M. W., Breukelaar, A. W., & Buiteveld, H. (1990). Is reduction of the benthivorous fi sh as important cause of high transparency following biomanipulation in shallow lakes? *Hydrobiologia*, 200–201 , 303–315.

Mereschkowski, K. (1905). Über Natur und ursprung der chromatophoren im pfl anzenreiche. *Biologisches Centralblatt*, 25 , 593–604, 689–691.

Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (1993). *Wetlands* (2nd ed.). New York: Van Nostrand- Reinhold.

Mitsch, W. J., & Reeder, B. C. (1991). Modelling nutrient retention of a freshwater coastal wetland: Estimating the roles of primary productivity, sedimentation resuspension

and hydrology. *Ecological Modelling*, 54 , 151–187.

Moss, B. (1983). The Norfolk Broadland: Experiments in the restoration of a complex wetland. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 58 , 521–561.

Murkin, H. R., van der Walk, A. G., & Davis, C. B. (1989). Decomposition of four dominant macrophytes in the Delta Marsh, Manitoba. *Wildlife Society Bulletin*, 17 , 215–221.

- Murkin, H. R., Stainton, M. P., Boughen, J. A., Pollard, J. B., & Titman, R. D. (1991). Nutrient status of wetlands in the interlake region of Manitoba, Canada. *Wetlands*, 11 , 105–122.
- Nair, A., Sathyendranath, S., Platt, T., Morales, J., Stuart, V., Forget, M. H., Devred, E., & Bouman, H. (2008). Remote sensing of phytoplankton functional types. *Remote Sensing of Environment*, 112 , 3366–3375.
- Pearl, H. W., & Ustach, J. F. (1982). Blue green algae scums: An explanation for their occurrence during freshwater blooms. *Limnology and Oceanography*, 27 , 212–217.
- Pickett-Heaps, J. D. (1967). Ultrastructure and differentiation in Chara sp. II. Mitosis. *Australian Journal of Biological Sciences*, 20 , 883–894.
- Pickett-Heaps, J. D. (1969). The evolution of the mitotic apparatus: An attempt at comparative ultrastructural cytology in dividing plant cells. *Cytobios*, 1 , 257–280.
- Pickett-Heaps, J. D. (1972a). Variation in mitosis and cytokinesis in plant cells: Its significance in the phylogeny and evolution of ultrastructural systems. *Cytobios*, 5 , 59–77.
- Pickett-Heaps, J. D. (1972b). Cell division in *Klebsormidium subtilissimum* (formerly *Ulothrix subtilissima*) and its possible phylogenetic significance. *Cytobios*, 6 , 167–184.
- Pickett-Heaps, J. D. (1975). *Green algae – Structure, reproduction and evolution in selected genera* . Sunderland: Sinauer.
- Pinckney, J., & Zingmark, R. G. (1993). Photophysiological responses of intertidal benthic microalgal communities to in situ light environments: Methodological considerations. *Limnology and Oceanography*, 38 , 1373–1383.
- Porter, G., Tredwell, C. J., Searl, G. F. W., & Barber, I. (1978). Picosecond time – Resolved energy transfer in *Phormidium cruentum*. *Biochimica et Biophysica Acta*, 501 , 232–245.
- Prescott, G. W. (1984). *The algae – Review* . Koenigstein: Otto-Koeltz Science Publishers.
- Reeder, B. C. (1994). Estimating the role of autotrophs in nonpoint source phosphorus retention in a Laurentian Great Lakes coastal wetland. *Ecological Engineering*, 3 , 161–169.
- Reynolds, C. S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton* (pp. 1–396). Cambridge: Cambridge University Press.

- Ruttner, F. (1953). *Fundamentals of limnology* (242p.). Toronto: University of Toronto Press.
- Schütt, F. (1892). Das Pfl anzenleben der Hochsee. *Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung, 1A*, 243–324.
- Sieburth, J. (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23 (6), 1256–1263.
- Smayda, T. J. (1997). Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. Part 2: The ecology and oceanography of harmful algal blooms. *Limnology and Oceanography*, 42 (5), 1137–1153.
- Smith, G. M. (1950). *Fresh water algae of the United States*. New York/Toronto/London: McGraw-Hill.
- Sournia, A. (1973). La production primaire planctonique en Mediterranee, Essai de mise en jour. *Bulletin Etude en Commun de la Méditerranée*, 5 (no sp.), 128pp.
- Stanley, D. W. (1976). Productivity of epipelagic algae in tundra ponds and a lake near Barrow, Alaska. *Ecology*, 57, 1015–1024.
- Steidinger, K. A., & Haddad, K. D. (1981). Biologie and hydrographic aspects of red tides. *Bioscience*, 31 (11), 814–819.
- Stewart, K. D., & Mattox, K. R. (1975). Comparative cytology, evolution and classification of the green algae with some consideration of the origin of other organisms with chlorophylls a and b. *The Botanical Review*, 41, 104–135.
- Thronsen, J. (1978). Productivity and abundance of ultraand nanoplankton. *Oslofjorden*, 63 (4), 273–284.
- Van der Valk, A. G. (1994). Effects of prolonged flooding on the distribution and biomass of emergent species along a freshwater wetland coenocline. *Vegetatio*, 110, 185–196.
- Vargo, G. A., Heil, C. A., Spence, D., Neely, M. B., Merkt, R., Lester, K., Weisberg, R. H., Walsh, J. J., & Fanning, K. (2001). In: G. M. Hallegraeff, S. I. Blackburn, C. Bolch, & R. J. Lewis (Eds.), *IOC of UNESCO* (pp. 157–160).
- Vernberg, F. J. (1993). Salt-marsh processes: A review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12, 2167–2165.

von Meyer, H. A., & Möbius, K. (1865–1872). *Fauna der Kieler bucht* . Leipzig: W. Engelmann. Whittaker, R. H. (1969).

Whitton, B. (1970). Biology of Cladophora in freshwaters. *Water Research*, 4 , 457–476.

Yu, M. H., Glazer, A. N., & William, R. C. (1981). Cyanobacterial phycobilisome. Phycocyanin assembly in the rod substructure of *Anabaena variabilis* phycobilisomes. *Journal of Biological Chemistry*, 256 , 13130–13136.

Zapata, M., Jeffrey, S. W., Wright, S. W., Rodriguez, F., Garrido, J. L., & Clementson, L. (2004). Photosynthetic pigments in 37 species (65 strains) of Haptophyta: Implications for oceanography and chemotaxonomy. *Marine Ecology Progress Series*, 270 , 83–102.

فصل دوم: محیط فیزیکی و شیمیایی اکوسیستم آبی

تأثیر محیط فیزیکی و شیمیایی یک پیکره آبی به همراه الگوی رشد افراد آن، نقش مهمی در حرکت و پویایی فیتوپلانکتون‌ها ایفا می‌کند.

2-1- عوامل فیزیکی

در میان فاکتورهای فیزیکی، نور و دما فاکتورهای اساسی هستند که رشد فیتوپلانکتون‌ها را کنترل می‌کنند.

2-1-1- نور و دما

اکوسیستم‌های پلاژیک تحت تسلط جمعیت پلانکتونی هستند که 70% سطح جهان را پوشش می‌دهند (Reynolds 2006). فالکووسکی¹ در سال 1995 نیز اظهار نظر کرد که 45% فتوسنتز روی کره زمین توسط جمعیت فیتوپلانکتون‌های جهان انجام می‌شود. توانایی جذب نور جمعیت‌های پلانکتونی مستقیماً به قابلیت طیف نور قابل برداشت توسط مولکول‌های رنگیزه موجود در جمعیت فیتوپلانکتون‌ها مربوط می‌شود (Bergmann et al 2006). در میان زیست‌شناسان گیاهی این امر به خوبی شناخته شده است که حداکثر جذب نور توسط کلروفیل در ناحیه طیف نوری آبی-بنفش و قرمز حاصل می‌شود، در حالی که رنگیزه‌های کمکی مثل کارتنوئیدها و زانتوفیل‌ها عمدتاً در ناحیه طیف نوری آبی-سبز جذب می‌کنند و فیکوبیلی‌پروتئین‌ها حداکثر بازده جذب را در ناحیه طیف نوری زرد-قرمز نشان می‌دهد. کاهش نمایی شدت نور با عمق می‌تواند به جذب و انعکاس نسبت داده شود. پدیده‌ای که به عنوان تضعیف عمودی نور می‌تواند به صورت ریاضی به شکل زیر بیان می‌شود:

$$E_d(z) = E_d(0) \cdot e^{-k_d z} \quad \text{(قانون بیر-لمبرت)² :}$$

که در این رابطه $E_d(0)$ و $E_d(z)$ به ترتیب شدت نور در سطح و در عمق z هستند. نور و دما گسترده‌ترین پارامترهای محیطی مورد مطالعه هستند که هم در مطالعات محیطی و هم آزمایشگاهی روی رشد جلبک‌ها، تأثیر می‌گذارد. آب‌های سطحی اکوسیستم‌های مختلف از تشعشع خورشیدی به سطح زمین، نور و گرما می‌گیرند و در نتیجه نواحی عمودی متمایز ایجاد می‌شوند. در واقع نور خورشید به درون آب اقیانوس‌ها و یا دریاچه‌ها وارد می‌شود و به گرما تبدیل می‌شود و در نتیجه این امر «ناحیه

1. Falkowski

2. Beer Lambert s Law

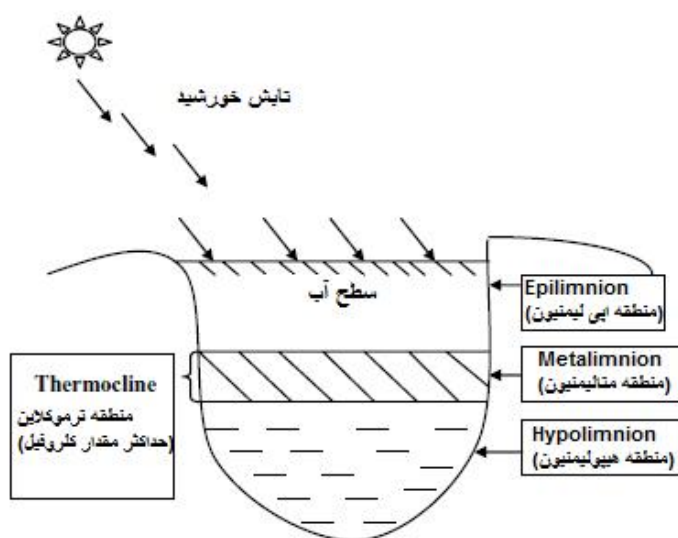
نوری^۱ آب ایجاد می‌شود. در یک اکوسیستم آبی عمقی که تا آنجا نور نفوذ می‌کند، ناحیه نوری نامیده می‌شود. این عمق، عمقی محسوب می‌شود که تا آنجا 1% از تابش نور سطح به ستون آب برسد. کدورت ستون آب می‌تواند نقش یک تنظیم‌کننده مهم در دسترسی به نور در ستون آب یک اکوسیستم آبی را ایفا کند. افزایش کدورت اساساً به دلیل حضور SPM^۲ (ذرات معلق) و مواد کلوییدی در ستون آب شامل مواد غیرطبیعی (مثل ذرات رسوبی پراکنده^۳) و مواد طبیعی (مانند فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها) ایجاد می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت که یک کاهش نمایی در دسترسی به نور در عمق به میزانی که وابسته به محتویات ذره‌ای ستون آب باشد، ایجاد می‌شود. بنابراین ناحیه لایه نوری آب ممکن است در آب‌های سطحی و مصبی به چند متر و در مرکز حلقه‌های^۴ دریای مدیترانه و اقیانوس آرام به بیش از 100 متر هم برسد. تعداد زیادی از پلانکتون‌شناسان این عمق را به عنوان پایین‌ترین عمقی که سلول‌های پلانکتون از فعالیت فتوسنتز ناتوان می‌شوند در نظر گرفته‌اند. به‌ویژه گزارشاتی وجود دارد که اشکال پیکوپلانکتونی مثل *Prochlorococcus* می‌تواند با دسترسی به 0/01% درصد از تابش نور سطحی، فتوسنتز کند (Goerivke et al 2000)

با افزایش عمق در دسترس بودن نور کاهش می‌یابد و طیف نوری به باریکه‌ای از رنگ آبی محدود می‌شود، زیرا که طول موج نور آبی حداقل کاهش را در ستون آب دارد. پس می‌تواند این‌طور گفته شود که سلول‌های فیتوپلانکتونی قادرند از طریق افزایش محتوای رنگیزه و تغییر ترکیبات رنگیزه‌ای خود با عمق و نور قابل دسترس سازش یابند (مانند *Prochlorococcus* که توانایی افزایش نسبت کلروفیل b به کلروفیل a را دارد زیرا که کلروفیل b امواج بهینه نور آبی را جذب می‌کند). تحت تابش بالا (بالای 20 متر در آب‌های کم تولید)، فعالیت فتوسنتزی فیتوپلانکتون‌ها به ممانعت نوری تبدیل می‌شود که دلیل آن آسیب پروتئین‌های مرکزی فتوسیستم توسط اشعه UV است. سلول‌ها این اثرات مضر را توسط افزایش رنگدانه‌های محافظ در برابر نور^۵ مانند زآزانتین^۶ و دیاتوزانتین^۷ خنثی می‌کنند. پس تنوع در یک ستون آبی به توزیع عمودی جمعیت‌های جلبکی وابسته است. بر اساس تنوع نور

-
1. Optical area
 2. suspended particulate matter
 3. scattered sedimentary particles
 4. gyre
 5. photoprotective pigments
 6. zeaxanthin
 7. diatoxanthin

توزیع عمودی می تواند به دو عنوان مجزا تقسیم شود: منطقه با نور بالا (اپی لیمنیون)^۱ و منطقه با نور کم (هیپولیمنیون)^۲.

سلول‌هایی که در هیپولیمنیون حضور دارند با توجه به پیری سلولی یا مرحله زمستان گذرانی، دچار رسوب‌گذاری غیر فعال می‌شوند. گونه‌های متفاوت پلانکتونی در منطقه اپی لیمنیون مثل دینوفلاژله‌ها ممکن است که به صورت دوره‌ای، تحت شرایط اشباع مواد مغذی منطقه اپی لیمنیون، به منظور تکمیل مواد مغذی به منطقه هیپولیمنیون مهاجرت کنند. بنابراین نمونه‌برداری توسط نمونه بردارهای عمقی و اتاقک‌های رسوب‌گذاری^۳ از اعماق مختلف ستون آب می‌تواند عملکرد کلی اکوسیستم را نشان دهد. دما نیز روند مشابه آنچه در مورد نور مشاهده شد را دنبال می‌کند و تنوع دمایی به طور مستقیم با تابش نور خورشید مرتبط است. این روند بدنه‌ی آب را به لایه‌های مجزا تقسیم می‌کند که این پدیده را لایه بندی^۴ گویند. در دریاچه‌ها منطقه نوری به لایه گرم و کم تراکم بالایی به نام اپی-لیمنیون و لایه سرد و متراکم تر پایینی به نام هیپولیمنیون تقسیم می‌شود (شکل 1-2).



شکل 1-2: منطقه‌بندی ویژه بر اساس تغییرات نور و دما در عمق‌های مختلف ستون آبی

1. Epilimnion
2. Hypolimnion
3. sedimentation chambers
4. stratification

بین این دو لایه یک لایه حدواسط، بنام متالیمنیون^۱ با کاهش شدید در دمای آب وجود دارد که منجر به یک شیب قابل توجه دمایی بنام ترموکلاین^۲ می‌شود. اگر محدوده لایه متالیمنیون در محدوده منطقه نوری باشد، پس بالاترین غلظت‌های پلانکتونی در همین جا وجود دارد که منجر به ایجاد منطقه حداکثر کلروفیل^۳ می‌شود. در اکوسیستم‌های اقیانوسی گرادیان عمودی بر پایه تفاوت‌های شوری و دما، پیکنوکلاین^۴ نامیده می‌شود. طبقه‌بندی حرارتی در اکوسیستم‌های آبی عواقب مهمی برای رشد و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها دارد. ناحیه گرم‌تر بالایی با حداکثر شدت نور، برای رشد پلانکتون‌ها مناسب‌ترین قسمت است. علاوه بر این، ترکیب مواد مغذی در این ناحیه به دلیل فرم‌های مختلف جنبش آب، که به‌وسیله برهم کنش جریان هوا و عوامل دیگر توسعه یافته است، غالب می‌باشد. اخیراً، سوزاندن بیش از حد سوخت‌های فسیلی، انتشار گازهای گلخانه‌ای خصوصاً CO₂ را که علت عمده نگرانی در میان بوم‌شناسان می‌باشد، افزایش داده است. این اساساً به خاطر قابلیت حل بالای CO₂ موجود در اتمسفر در آب‌های اقیانوسی است که باعث افزایش دمای سطح دریا^۵ (SST) می‌شود.

افزایش SST مسئول انبساط دمایی آب است که منجر به زیر آب‌رفتن قسمت بیشتری از زمین در طول نواحی پست ساحلی می‌شود. گزارشات رسیده از ساندربنز مدارک بیشتری را برای این موضوع نگران‌کننده ارائه می‌دهد، جایی که میانگین 0/9 درجه سانتی‌گراد افزایش دمای سطح آب دیده شده است (بسیار بیشتر از میانگین جهانی 0/6 ± 0/2 درجه سانتی‌گراد) (IPCC 2001). این موضوع باعث افزایش آب سطح دریا به میزان 1/9 میلی‌متر در سال، در طول 5 سال گذشته در اطراف جزیره ساگار^۶ شده است که آن هم باعث از بین رفتن جزیره‌هایی مانند لوهاچارات^۷، بدفورد^۸، کاباسگادی^۹ و ماتاتانگیا^{۱۰} شده است. علاوه بر این، چنین افزایشی در دما می‌تواند فشار جزئی گاز CO₂ را به همان

-
1. Metalimnion
 2. thermocline
 3. the zone of 'chlorophyll maxima'
 4. pycnocline
 5. sea surface temperature
 6. Sagar
 7. Lohacharat
 8. Bedford
 9. Kabasgadi
 10. Mathathangya

نسبت عمق لایه مختلط تغییر دهد که باعث تغییرات جدی در جمعیت فیتوپلانکتون‌ها می‌شود (Tortell et al. 2002; Kim et al. 2006).

مطالعات دیگر هم پیشنهاد داده‌اند که افزایش مشابه در دما ممکن است باعث تغییرات در جمعیت پلانکتون از برتری (غالبیت) دیاتومه‌ها به کاهش (اقلیت) آنها به علت کاهش آنزیم نیترات ردوکتاز در دمای بالا شود (Lomas and Gilbert 1999). بسیاری دیگر اظهار کردند که تاکسون‌های فیتوپلانکتونی ممکن است به‌طور متفاوت به تغییرات دما پاسخ دهند، تغییراتی که شامل توسعه دادن یا محدود کردن دامنه خودشان (Hays et al. 2005) یا تغییر اندازه و ترکیب جمعیت آنها می‌باشد، اگرچه این پاسخ‌ها ممکن است بین گروه‌های مختلف جلبکی و سطوح غذایی، ثابت نباشند (Edwards and Richardson 2004).

2-1-2- آشفستگی

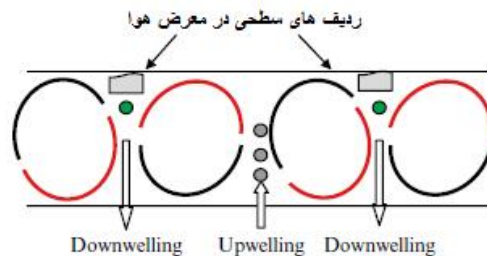
ترکیبی از نیروهای چرخش زمین، بادهای تابش خورشیدی و چرخه تولید جزر و مد، انواع مختلفی از جنبش آب را که در جمعیت گیاهان سطح دریا به میزان بیشتر تأثیر دارد، تولید می‌کنند. جنبش‌های شناور با روش‌های شناوری مختلف مانند حضور واکوئل‌ها، تاژک، روش‌های دیگر (مانند حضور تار یا تارچه، خار و ...) و با غلظت کمتر شیره سلولی (با غلظت بالای یون K^+ به جای یون Na^+)، عموماً بر نیروهای ترکیب شده غلبه کرده و بر سطح آب شناور می‌شوند. پلانکتون‌های مختلف، به علت تفاوت‌های فیزیولوژیکی و ساختاری، در تحمل آشفستگی، متفاوت هستند (Fogg 1991)، که به‌طور مستقیم در الگوی رشد و شکل‌گیری شکوفایی تأثیر می‌گذارد. در ادامه جنبش‌های آبی که به طور قابل توجهی بر اکولوژی فیتوپلانکتون‌ها تأثیر دارند، ذکر می‌شود:

زمانی که سرعت باد در مجاورت پیکره آبی مانند دریاچه و غیره 11 کیلومتر بر ساعت یا بیشتر باشد، آنگاه بعضی از چرخش‌های سطحی طولی ناشی از باد شکل می‌گیرد و به‌صورت مارپیچی برطبق جهت باد، در مسیرهای مخالف حرکت می‌کنند. این‌ها به‌وسیله خطوط واضحی از حباب‌ها که به آن windrows می‌گویند و از عمل موج درست شده‌اند، نشانه‌گذاری شده‌اند. به این نوع چرخش‌های سطحی مشتق از باد، سلول‌های همرفت یا سلول‌های لانگمویر^۱ می‌گویند. سلول‌های همرفتی مجاور در جهت مخالف هم می‌چرخند و ناحیه‌های بالارونده^۲ و پایین‌رونده^۱ متناوب به وجود می‌-

1. Langmuir cells

2. upwelling

آورند. فیتوپلانکتون‌های شناور مانند گونه‌هایی از *Microcystis* sp. می‌تواند در ناحیه پایین رونده زنده بمانند. در ناحیه بالا رونده، پلانکتون‌های شناور منفی تجمع می‌یابند (شکل 2-2).



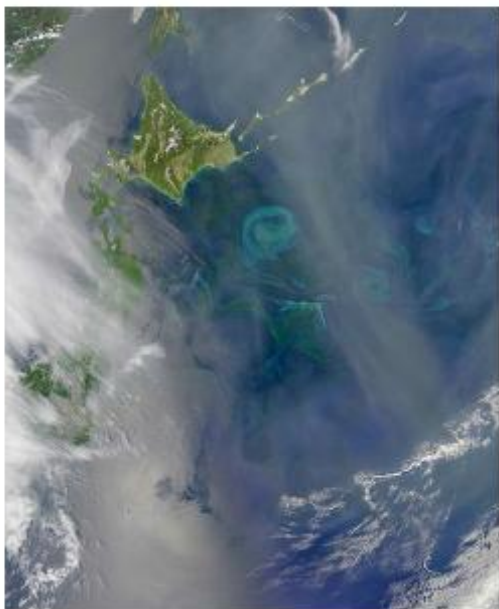
شکل 2-2: شکلی از برش عرضی سلول‌های لانگمویر مجاور که در جهت مخالف می‌چرخند و نواحی بالا رونده (upwelling) و پایین رونده (downwelling) را به وجود می‌آورند. تجمع کف و اثر مثبت بر شناوری جلبک در ناحیه‌ی پایین رونده رخ می‌دهد (دایره‌های سبز)، درحالی که تجمع در نواحی بالا رونده زیر سطح، اثر منفی بر شناوری جلبک دارد (دایره‌های خاکستری).

وقتی باد در یک جهت مشخصی می‌وزد، باعث تولید موج‌هایی بر روی بدنه آب می‌شود که از یک سمت به سمت دیگر (شمال به جنوب) حرکت می‌کنند. اما بعد از فشردن موج در ساحل مقابل، نیرو دوباره به سمت ساحل شمالی بر خواهد گشت با یک نیروی بازگشت زیر سطحی که مانند یک تسمه نقاله عمل می‌کند. بعضی از قسمت‌های این نیرو اغلب به سواحل شرقی یا غربی جریان می‌یابند. اینجا اغلب گونه‌های شناور مانند *Microcystis* sp. می‌توانند در مقابل نیروی باد زنده بمانند، اما اعضای دینوفلاژله مانند گونه‌هایی از *Ceratium* sp. به کمک نیروی بازگشتی در امتداد منطقه زیر سطحی، شناور می‌مانند.

در محیط‌های اقیانوسی گاهی اوقات سرعت باد‌های عظیم به همراه جاذبه و برخی نیروهای دیگر، نوع ویژه‌ای از جریان‌های آبی را ایجاد می‌کنند. به خاطر این جریان، بخشی از کل اکوسیستم شامل فیتوپلانکتون‌ها، زئوپلانکتون‌ها، ماهی‌ها و سایر موجودات آبی، با فواصل مختلف (100 تا 200 کیلومتر) از کل سیستم جدا شده و اکوسیستم‌های مجزایی را تشکیل می‌دهند. این جریان‌های آبی که توسط باد رانده شده‌اند، eddi یا پیچش (حلقه)^۲ نامیده می‌شوند. به علاوه، آب‌های ساحلی از مواد مغذی‌ای غنی می‌شوند که توسط بالا آمدن آب همراه با عمل موج به سمت ساحل یا دور از

1. downwelling
2. loop

ساحل می‌روند (شکل 2-3). این امر توسط اقدام متقابل باد و نیروی کوریولیس^۱ حاصل از چرخش زمین، ایجاد می‌شود. به این دلایل وضعیت مواد مغذی آب‌های ساحلی از هر مکان به مکانی دیگر متفاوت است، در نتیجه سبب کنترل تنوع فیتوپلانکتون‌ها می‌شود.



شکل 2-3: همگرایی جریان‌های آیشیو^۲ و کوروشیو^۳ زمانی که دو جریان با دمای متفاوت و چگالی متفاوت با هم برخورد می‌کنند (جریان آب سرد قطبی که شورتر و سنگین تر از جریان آب های مناطق نیمه معتدله است)، پیچش را ایجاد می‌کنند. فیتوپلانکتون‌ها در سطح آب‌ها در طول مرزهای این پیچش‌ها متمرکز می‌شوند. چرخش رنگ مرئی در آب‌های جنوب شرقی از هوکایدو^۴ (بالا-چپ) انواع متفاوتی از فیتوپلانکتون‌ها را که از کلروفیل و سایر رنگیزه‌ها برای به دام انداختن نور خورشید به منظور فتوسنتز استفاده می‌کنند، نشان می‌دهد.

-
1. Coriolis force
 2. Oyashio
 3. Kuroshio
 4. Hokkaido

2-2- مواد مغذی اصلی

چهار ماده مغذی اصلی شامل کربن، نیتروژن، فسفر و سیس به‌عنوان عوامل شیمیایی عمده که تولید فیتوپلانکتونی را در هر نوع اکوسیستم آبی کنترل می‌کنند، در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، توزیع مکانی و زمانی این عناصر نقش مهمی در پویایی شناسی پلانکتون‌ها بازی می‌کند. فاکتورهای دیگر مانند جذب، رشد، تغذیه و رسوب‌گذاری نیز با مواد مغذی شیمیایی تداخل داشته و مؤثرند. بسیاری از محققین روابط بین توزیع فیتوپلانکتون‌ها و مواد مغذی مهم را بررسی کرده‌اند. توزیع گونه‌های منحصر به فرد می‌تواند گاهی اوقات با غلظت یون‌های مهم ارتباط داشته باشد. بنابراین، هریس و ولنویدر^۱ (1982) مشاهده کردند که افزایش تعداد سلول‌های نمونه *Coscinodiscus* (در زیستگاه دهانه رودخانه) در دریاچه‌های انگلستان ناشی از حجم بارندگی‌های شهری و استفاده از نمک‌ها در جاده‌ها در زمستان بوده است. نور و مواد مغذی دو پارامتر مهم هستند که مقدار، توزیع و ساختار جمعیت فیتوپلانکتون را در زیستگاه‌های طبیعی تنظیم می‌کنند (Huisman and Weissing 1995; Diehl 2002; Hansen 2002). برخلاف نور و درجه حرارت که به جریان یک‌سویه در اکوسیستم طبیعی تمایل دارند، مواد مغذی می‌تواند بازیافت شود. در زیستگاه‌های آبی طبیعی، مواد مغذی می‌تواند به خوبی در ستون آب با توزیع همگن مخلوط شود (شرط اختلاط) یا می‌تواند در لایه‌های عمیق-تر انباشته شود (تحت شرایط لایه بندی).

2-2-1- نسبت ردفیلد^۲

نسبت ردفیلد به‌عنوان یکی از اصولی است که هم در میان زیست‌شناسان و هم در بین ژئوشیمی‌دانان باتوجه به بیوژئوشیمی آبی، باقی مانده است. به افتخار آلفرد ردفیلد، این مفهوم به منظور فراهم کردن رابطه‌ای بین ترکیب موجودات و شیمی آب تلاش می‌کند. ردفیلد (1958) عقیده داشت که ترکیب عناصر پلانکتون «از لحاظ آماری، یکنواخت» بوده و تغییرات جزئی در محتوای C، N و P غیر آلی در آب دریا تقریباً به‌طور کامل حاصل سنتز یا تجزیه مواد آلی بوده است. در این مشاهدات، محتوای C:N:P در پلانکتون 106:16:1 گزارش شده است. باتوجه به نسبت ردفیلد، زیست‌شناسانو ژئوشیمی‌دانان آن را متفاوت تفسیر می‌کنند. ژئوشیمی‌دانان از استوکیومتری C:N:P، 105:15:1 که بر پایه

1. Harris and welnoir

2. Redfield ratio

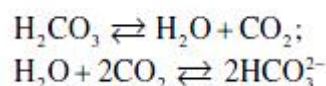
تغییرات همگام نیترات، فسفات و سهم غیر کلسیتی^۱ نسبت به کل کربن غیر آلی اعماق آب دریا است، استفاده می‌کنند. در حالی که زیست‌شناسان از نسبت 106:16:1 بر پایه‌ی آنالیز فلمینگ^۲ از متوسط ترکیب عناصر موجودات دریایی استفاده می‌کنند (Goldman and et al 1979).

نسبت C:N ردفیلد کارکرد عمده‌ای در اقیانوس‌شناسی برای محاسبه تولید و برای محاسبات تولید مبتنی بر مواد مغذی و همچنین در مدل‌های تولید اقیانوس دارد. نسبت N:P ردفیلد از 16:1 اغلب به‌عنوان مقدار استاندارد برای تمایز بین زیست‌گاه‌های دارای محدودیت N^۳ و دارای محدودیت P^۴ در میان بدنه‌های مختلف آبی مخصوصا با ارجاع به اقیانوس‌ها در نظر گرفته شده است (Behrenfeld and Falkowski 1997; Tyrell 1999). بر این اساس، اغلب پیشنهاد شده است که اگر N:P < 16 باشد، سیستم دارای محدودیت N است، در حالی که در N:P > 16، سیستم دارای محدودیت P است. با این حال، برخی مطالعات بر روی اقیانوس در دوره‌های بسیار سرد نشان داد که به‌طور کلی نسبت پذیرفته شده‌ی 16:1 ممکن است صحیح نباشد و می‌تواند به میزان بالای 25 مول N : مول P برسد (Broecker and Henderson 1998). از دیدگاه به‌دست آمده با توجه به این یافته‌ها، فاکتورسکی (2000) اظهار کرد که «محدوده‌های بالایی نسبت N/P در حالت غیر آلی محلول در اقیانوس‌ها تقریبا به طور یقین نتیجه‌ای از ترکیب شیمیایی ذاتی فیتوپلانکتون‌های دریایی است». اگر چه هیچ مقدار عددی برای این محدوده‌های بالایی توسط وی پیشنهاد نشده است. قابل توجه است که بیش‌تر اقیانوس‌ها در سراسر جهان دارای آب‌های عمیق با نسبت N:P در حدود 16 هستند، گرچه چندین محقق بیوشیمی و فیزیولوژی، پلاستیسیته (شکل‌پذیری) ترکیب عناصر جمعیت‌های فیتوپلانکتونی چه در پهنه اقیانوس و چه در کشت‌های آزمایشگاهی را مورد تردید قرار داده‌اند (Hecky و همکاران 1993). ردفیلد بعدها این واقعیت و نظر را تصدیق کرد که پایداری نسبت N:P آب‌های عمیق ناشی از تعادل پیچیده‌ای بین چندین فرآیند زیستی شامل تثبیت نیتروژن و دنیتریفیکاسیون است (Redfield 1958).

-
1. non-calcite contribution
 2. Fleming analysis
 3. N-limited
 4. P-limited

2-2-2- کربن

کربن (C) عنصر اصلی است که عملکرد آب‌های طبیعی را تنظیم می‌کند، به دلیل تعادل پیچیده‌ای که بین CO_2 ، بیکربنات و کربنات وجود دارد که تعیین‌کننده اسیدیته یا قلیائیت آب‌های طبیعی است. علاوه بر این، کربن، عنصر اساسی است که در مقادیر بالا توسط موجودات فتوسنتز کننده مورد نیاز است. منبع عمده کربن در آب، حل شدن CO_2 از هوا است. به طور کلی به نظر می‌رسد که حدود 90 درصد کربن در آب دریا به شکل بی‌کربنات، 10 درصد به صورت یون کربنات و در حدود کم‌تر از 1 درصد به عنوان CO_2 یونیزه وجود دارد. حضور بی‌کربنات به عنوان منبع اصلی کربن C باعث ایجاد طبیعت کمی قلیایی در زیستگاه می‌شود که برای آب دریا حدود 7/9 و برای آب شیرین بین 6-9 می‌باشد. در آب‌های کمی اسیدی (pH کمتر یا مساوی 6)، CO_2 اتمسفری در آب حل شده و به فرم کربنیک اسید (H_2CO_3) تبدیل می‌شود. برای فیتوپلانکتون‌های آب شیرین مانند دریاچه‌های آب شیرین و رودخانه‌ها H_2CO_3 ، pH را در حد کمی اسیدی (بین 6 تا 6/5) نگه می‌دارد.



اما در آب‌های دریایی؛ جایی که محدوده pH از 7/5 تا 8/4 است، یون‌های بی‌کربنات غالب هستند. اما در pH بالای 10، کربن به شکل کربنات نامحلول وجود دارد. بنابراین، سطح pH، تعادل کربنات-بی‌کربنات $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{CO}_3$ را در آب‌های شیرین و زیستگاه‌های دریایی تنظیم می‌کند. بنابراین، مخزن کل کربن در اکوسیستم‌های آبی را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

$$[\text{CO}_2] = [\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}].$$

چنانچه آب‌های طبیعی دارای سیستم‌های باز باشند، مخصوصاً در سیستم‌های دریایی، اضافه شدن یا حذف CO_2 از ویژگی‌های معمول این زیستگاه‌ها می‌باشد. حلالیت CO_2 در آب بسیار بالاتر از اکسیژن است. در طول قرن گذشته سوزاندن سوخت‌های فسیلی برای تولید انرژی منجر به افزایش CO_2 اتمسفر از 280 میکرواتمسفِر (ppm) به 390 میکرواتمسفِر شده و در نتیجه منجر به کاهش مهم pH سطح اقیانوس‌ها به اندازه 0/12 واحد شده است. سناریو فعلی انتشار CO_2 ، بالا رفتن CO_2 تا 700 میکرواتمسفِر را طی 100 سال آینده، پیش‌بینی می‌کند، در حالی که pH آب دریا 0/3 واحد بیش‌تر کاهش خواهد یافت و دمای سطح آب دریا (SST) 2-6 درجه سانتی‌گراد بالا خواهد رفت

(IPCC 2007). تغییرات آب و هوایی ناشی از افزایش غلظت CO_2 می‌تواند رشد جلبک‌ها را افزایش دهد (Wolf-Gladrow et al. 1999; Hutchins et al. 2007) که ممکن است بر کوکولیتوفورها^۱ با کاهش نرخ آهکی شدن تأثیر گذارد (Tortell et al. 2002).

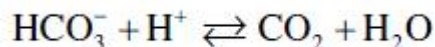
مطالعات تجربی بیش‌تر نشان می‌دهد که افزایش بیش از حد در فشار CO_2 ممکن است منجر به تغییری نسبت به غالب شدن جمعیت دیاتومه‌ها شود. فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در ارتباط با غلظت کربن بسته به فرم حضور آن دارد. برخی تاکسون‌ها (دینوفلاژله‌هایی مانند *Amphidinium carterae* و *Heterocapsa oceanic*) به CO_2 به عنوان منبع کربن معدنی نیاز دارند. بنابراین، در محیط‌های دریایی، آن‌ها به مکانیسم تغلیظ کربن^۲ (CCM) برای گرفتن CO_2 از HCO_3^- یا CO_3^{2-} وابسته هستند. تقریباً تمامی اعضای *Heterokontophyta* دارای CCM در داخل سلول هستند و به خوبی می‌تواند HCO_3^- را از محیط دریایی استخراج کنند.

2-2-2-1 CCM در پلانکتون‌ها

سلول‌های جلبکی در درجه اول CO_2 محیطی را از طریق مسیر C_3 (چرخه کالوین) با استفاده از روبیسکو^۳ جذب می‌کنند. اما تعداد بسیار کمی از جلبک‌ها نیز CO_2 را به کمک مسیرهای جایگزین در زمان کمبود CO_2 با توجه به اتصال ضعیف روبیسکو به عنوان کربوکسیلاز، جذب می‌کنند. بنابراین، تحت این شرایط، سلول‌های جلبک تمایل به تولید فسفوجلایکولات^۴، به صورت محصول فرعی در زمان عملکرد روبیسکو به عنوان اکسیژناز، دارند. در نتیجه فسفوجلایکولات باعث تولید مهارکننده فعالیت روبیسکو شده که با شکل‌گیری گلایکولات توسط آنزیم فسفوجلایکولات فسفاتاز، فعالیت آن را بیشتر کاهش می‌دهد. بنابراین گلایکولات تولیدی می‌تواند با سلول‌های جلبک دفع شود یا می‌تواند به عنوان سوپسترا در طول واکنش تنفس نوری^۵ استفاده شود. در سیانوباکتری‌ها، CO_2 در دیواره تیلاکوئیدها تبدیل به بی‌کربنات می‌شود. آن‌ها هم‌چنین یون‌های بی‌کربنات را با استفاده از انتقال دهنده‌ی غشای پلاسمایی انباشته می‌کنند. این یون بی‌کربنات توسط حضور آنزیم کربونیک انهیدراز (CA) موجود در کربوکسیزوم‌ها به CO_2 تبدیل می‌شود. در انواع فیتوپلانکتون‌های یوکاریوت، انواع متنوعی از CCM

-
1. coccolithophore
 2. arbon concentrating mechanism
 3. RuBisCO
 4. phosphoglycolate
 5. photorespiration

ها در دسترس هستند، در میان آن‌ها، آنزیم کربونیک آنهیدراز¹ CA و انتقال دهنده‌های غشایی مهم هستند. در برخی از انواع جلبک‌ها، پیرنوئیدها نیز به CCM کمک می‌کنند، CCM که در پمپ‌های⁻ HCO_3^- جلبک مؤثر است از بیرون سلول جلبک از طریق غشای پلاسمایی و غشای کلروپلاست به سمت داخل کلروپلاست جلبک عمل می‌کنند. در داخل کلروپلاست، HCO_3^- بدون تغییر باقی می‌ماند که علت آن ماهیت قلیایی استروما است. بخش قابل توجهی از این HCO_3^- متعاقباً به لومن تیلاکوئید منتقل می‌شود. آنزیم کربونیک آنهیدراز (CA) به غشای تیلاکوئید متصل شده و HCO_3^- را در داخل لومن به CO_2 تبدیل می‌کند، این عمل با سرعتی صد برابر سریع‌تر از تبدیل غیر آنزیمی مشابه عمل می‌کند:



این CO_2 تشکیل شده توسط CA، به سرعت از لومن تیلاکوئید به استرومای کلروپلاست وارد می‌شود که فعالیت اکسیژنازی آنزیم روبیسکو را مهار کند و با گسترش فعالیت کربوکسیلازی آنزیم روبیسکو، چرخه‌ی کاهش کربن را آغاز کند. برخی از جلبک‌ها سیستم فتوسنتز شبه C4 دارند به طوری که آنزیم PEP کربوکسیلاز² (فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز) کربن غیر آلی را به دام می‌اندازد. در میان فرآیندهای CCM، CA بیش‌ترین فراوانی را در میان انواع جلبک‌ها دارد. CA ممکن است به خارج ترشح شود (مانند گونه *Skeletonema costatum*) یا در فضای پری‌پلاسمیک حضور داشته باشد (مانند گونه *Chlamydomonas reinhardtii*). برخی از جلبک‌ها برای گرفتن CO_2 از منبع خارجی بی‌کربنات، پروتون (H^+) را از میان غشای سلولی، دفع می‌کنند، که به عبارت دیگر، این مورد به رسوب CaCO_3 مربوط می‌شود (آهکی شدن). حضور HCl در فضای بین دو غشاء کلروپلاست و غشای کلروپلاست ER (شبکه آندوپلاسمی) نیز باعث تبدیل HCO_3^- به CO_2 در گروهی از *Heterokontophyta* می‌شود که به آن‌ها اجازه می‌دهد به محیط دریایی خو بگیرند. کربن آلی نیز توسط بعضی از فیتوپلانکتون‌ها مانند گونه‌هایی از *Cocconeis sp.*، *Chlorella sp.* و غیره استفاده می‌شود. لئوتیس و کان³ (1994) استفاده از گلوکز را به عنوان منبع کربن توسط *Closterium* در منطقه دهانه رودها (مصب) گزارش نموده‌اند.

-
1. carbonic anhydrase enzyme
 2. enzyme PEP carboxylase
 3. Lewitus and Kana

2-2-3- نیتروژن^۱

تولید فیتوپلانکتونی و تنوع آن‌ها به شدت توسط نیتروژن کنترل می‌شود. حضور و چرخش نیتروژن در اقیانوس و دریاچه‌ها، یک پدیده طبیعی پیچیده است زیرا چهار شکل محلول از نیتروژن غیر آلی موجود است (N_2 گازی محلول، NO_3^- ، NO_2^- و NH_4^+). هر دو شکل نیتروژن اتمسفری و نیتروژن غیر آلی محلول^۲ (DIN) در پیکره‌های آبی، نقش مهمی در کنترل جمعیت فیتوپلانکتون‌ها بازی می‌کنند. منابع نیتروژن آلی مانند اسیدهای آمینه و اوره در سطوح اقیانوس حضور دارند. نیتروژن در درجه اول در آب، به عنوان محلول گاز نیتروژن بی اثر موجود است. در اقیانوس، تقریباً 95 درصد از نیتروژن به صورت N_2 وجود دارد. نیتروژن غیر آلی محلول شامل یون نترات (NO_3^-) در آب غنی از اکسیژن، یون نیتريت (NO_2^-) در سطح اکسیژن متوسط و یون آمونیوم (NH_4^+) در مناطق آبی با اکسیژن پایین و BOD بالا است. از قبل فرض شده بود که نیتروژن یک ماده مغذی محدود کننده جهانی در آب‌های دریایی می‌باشد. گرچه جمعیت‌های پلانکتونی قادر به جذب شکل‌های مختلف نیتروژن هستند، ترجیح بیشتر در جذب آمونیاک است، چراکه به طور مستقیم در بیوسنتز آمینواسیدها استفاده می‌شود. در گونه‌های سیانوباکتری، آمونیاک برای تکمیل مهار تثبیت نیتروژن و شکل‌گیری هتروسیست در نظر گرفته می‌شود. در مقابل، تبدیل کامل نترات به آمونیاک یک پروسه با صرف انرژی زیاد می‌باشد و به آنزیم نترات ردوکتاز نیاز دارد. بنابراین، برای به حداقل رساندن مصرف انرژی، اغلب جمعیت گونه‌های فیتوپلانکتون طبیعی خصوصاً سیانوباکتری‌ها، آمونیاک را ترجیح می‌دهند. در زیستگاه‌های طبیعی مانند اقیانوس‌ها و دریاچه‌ها، پویایی چرخه نیتروژن پیچیده است چراکه شامل تبادلات بین چهار شکل غیر آلی محلول است که تنها می‌تواند توسط عملکرد باکتری‌ها در محیط یا در درون سلول‌های زنده به دست آید. عقیده بر این است که بیش از 90 درصد نیتروژن اقیانوسی به شکل N_2 مولکولی و بقیه در اشکال دیگر موجودند. بنابراین، باور بر این است که غلظت این مواد مغذی در درجه اول به تخریب مواد زیستی سنتز شده توسط اجزای زنده در آب‌های سطحی از این زیستگاه‌ها وابسته است. بنابراین ذخیره NO_3^- در بخش سطحی از آب‌های سردتر و غنی از مواد مغذی هیپولیمنتیک^۳ به فرارفت^۴ عمودی و انتشار گردابی از میان لایه ترموکلاین وابسته است. با توجه به نرخ بالای نیتریفیکاسیون و حضور اکسیژن در همه قسمت‌ها در آب‌های سطحی از سیستم‌هایی سیلاب‌زی طبیعی، غلظت NO_2^- در مقایسه با غلظت

1. Nitrogen

2. dissolved inorganic nitrogen

3. Hypolimnetic

4. advection

NO_3^- بسیار پایین‌تر است. غلظت‌های بالاتر می‌تواند تنها در آب‌های عمیق‌تر و خارج از ترموکلاین جایی که غلظت اکسیژن نسبت به آب‌های سطحی پایین‌تر است، انتظار برود. در آب‌های اولیگوتروف، NO_3^- شکل غالب DIN (نیتروژن غیر آلی محلول) است، زیرا نرخ نیتریفیکاسیون و توزیع اکسیژن بالاست، که منجر به شکل‌گیری اکسید نیتروژن بیش‌تری از نیتروژن می‌شود. در مقابل در آب‌های یوتروفیک، مصرف اکسیژن به منظور فرایندهای تجزیه در آب‌های عمیق و لایه‌های رسوبی بالا است. این اتفاق همچنین اجازه می‌دهد که سایر فرم‌های کاهش یافته نیتروژن ساخته شود، که در درجه اول از منابع آلی رها می‌شوند. در منطقه متعادل، مخلوط شدن زمستانی مواد، نیتروژن را از اعماق اقیانوس غالباً به شکل نیترات به ارمغان می‌آورد. بنابراین، منابع نیتروژن برای جمعیت‌های طبیعی فیتوپلانکتون‌ها می‌تواند (الف) DIN (نیتروژن غیر آلی محلول) آب سطحی باشد، (ب) DIN که از آب‌های عمیق از طریق فرایندهای فیزیکی مثل بالارفت (up welling) و فرارفت عمودی به آب‌های سطحی آورده می‌شود و (ج) ورودی‌های محلی که توسط رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی و همچنین باران-های فصلی پایین آورده می‌شوند. در مناطقی مثل اقیانوس‌های نیمه گرمسیری مرکزی، باز چرخه آب‌های سطحی منبع اصلی DIN است، جایی که وقوع بالارفت (up welling) به دلیل وجود ترموکلاین‌های عمودی رایج نیست. علاوه بر این، با توجه به دوری این مناطق، ورودی‌های محلی ساحلی نیز خیلی رایج نیستند. از سویی دیگر در آب‌های سواحل اقیانوسی، بالارفت، فرارفت عمودی و همچنین ورودی‌های محلی از منابع رودخانه‌ای، مجموعاً باهم به غلظت نیتروژن در این آب‌ها کمک می‌کنند.

در طی بهار هنگامی که آب لایه بندی می‌شود، جمعیت‌های فیتوپلانکتونی افزایش می‌یابند و نیترات جذب می‌کنند که در نهایت موجب آلوده شدن لایه‌های بالایی آب‌ها در سطح نانومولار^۱ می‌شوند. در محیط زیست دریایی گونه‌های سیانوباکتریایی مانند *Trichodesmium erythraeum* به صورت یک شکوفایی سطحی نمایان می‌شوند و آب اقیانوس قرمز می‌شود. آن‌ها N_2 را از نیتروژن محلول در آب اقیانوس تثبیت می‌کنند. در اکثر آب‌های شیرین اولیگوتروف و مزوتروف، نیترات (NO_3^-) نسبتاً به مقدار بیشتر همراه با فسفر وجود دارد. در آب‌های بسیار غنی NH_4^+ و NO_2^- هم در نواحی سطحی و هم زیرسطحی وجود دارند. اگر اکسیژن موجود باشد نیتريت (NO_2^-) به نیترات (NO_3^-) تبدیل می‌شود. درحالی که در آب‌های فقیر از نظر اکسیژن به NH_4^+ احیا می‌شود. در آب‌های غنی از نیترات بیشترین تنوع پلانکتونی می‌تواند ثبت شود. جنس‌هایی از جلبک‌های سبز مانند *Scenedesmus spp.*، *Chlorococcum spp.*، *Kirchneriella spp.*، *Ankistrodesmus spp.* و غیره به طور کلی در

1. nanomolar

2. highly eutrophic

آب‌های مزوتروف و نسبتاً پرتولید (یوتروف) شکوفا می‌شوند، اما در آب‌های غنی از نیترات (NO_3^-) و آمونیوم (NH_4^+) جنس‌های فیتوپلانکتونی مانند *Spirulina spp* و *Trichodesmium spp* در جمعیت‌های بزرگ ظاهر می‌شوند که گاهی اوقات نیز منتج به شکوفایی می‌شود.

2-2-4- فسفر^۱

غلظت فسفر در آب‌های سطحی به طور عمده توسط فرآیندهای ژئوشیمیایی که در حوضه مجاور زیستگاه آبی رخ می‌دهد، محاسبه می‌شود. بر خلاف نیتروژن، فسفر اغلب به شکل متصل به مواد معدنی خاک رس و اجزای مختلف خاک باقی می‌ماند (Vollenweider et al. 1998). بنابراین، هنگامی که مطالعه بر روی فسفر مقدور شد، به طور عمده دو منبع برای فسفر در نظر گرفته شد:

1-DIP (فسفر غیرآلی محلول)^۲ و DOP (فسفر آلی محلول)^۳. 2- ریز ذرات فسفر که عمدتاً برای دسترسی زیستی محاسبه می‌شوند. برخلاف N، برای P شکل رایج این عنصر PO_4^{3-} است که هم در مولکول‌های زیستی و هم در محیط فراوان است. نیاز به فسفر برای جمعیت‌های فیتوپلانکتونی در مقایسه با کربن، نیتروژن و سیلیس بسیار کمتر است، بنابراین، جمعیت‌های فیتوپلانکتونی حتی تحت غلظت‌های نانومولاری فسفر شکوفا می‌شوند، همانطور که می‌توان در دریای مدیترانه شرقی و دریای اژه مشاهده نمود. DIP بیشتر شامل ارتوفسفات (PO_4^{3-}) همراه با غلظت‌های کم‌تری از مونوفسفات (HPO_4^{2-}) و دی‌هیدروژن فسفات (H_3PO_4) می‌باشد. فیتوپلانکتون‌ها در درجه اول از DIP به عنوان منبع فسفر استفاده می‌کنند، اما تحت شرایط محدودیت، آلکالین فسفاتاز^۴ (AP) خارج سلولی استفاده از فسفات متصل به ترکیبات آلی را امکان پذیر می‌کند. بنابراین، میزان فعالیت AP نشانه‌ای از محدودیت فسفات در زیستگاه های آبی است (Rengefors et al. 2003). تحت شرایط محدودیت فسفر، اگر یک پالس ناگهانی از فسفر محلول فعال^۵ (SRP) اتفاق بیافتد، سلول‌های جلبکی پلانکتونی یک توانایی منحصربه فرد برای ایجاد «مصرف لوکس» و توسعه اجسام پلی‌فسفات دارند، در نتیجه یک مخزن داخلی فسفر برای مبارزه با کمبود آن ایجاد می‌کنند. درآب‌های کم تولید، سرعت بازیابی DIP در زمستان بسیار پایین است و تنها برای 10% از فسفر کل^۶ (TP) گزارش شده است. این نتایج در جمعیت‌های کوچک فیتوپلانکتون همراه با رشد پایین است. درآب‌های سواحل دریا، DIP در طی دوره های چرخش (جابجایی) عمودی ایجاد می

1. Phosphorus
2. P inorganic soluble
3. soluble phosphorus
4. alkaline phosphatase
5. soluble reactive phosphorus
6. Total phosphorus

شود. تحت شرایط لایه‌بندی، ذخیره DIP تهی می‌شود که منجر به افول جمعیت گونه‌های مطلوب پلانکتونی می‌شود. در مقابل، در آب‌های شیرین پرتولید، DIP می‌تواند 100% فسفر کل (TP) را تشکیل دهد که علت آن تخلیه‌های کنترل نشده از منابع نقطه‌ای (فاضلاب صنعتی و شهری) و غیرنقطه‌ای (روان آب‌های مناطق کشاورزی و شهری) می‌باشد (Capone et al 2005). افزایش غلظت DIP ممکن است مازاد بر نیازهای جلبکی باشد، در نتیجه با یک نرخ برگشت کند، در ستون آب پیش می‌رود. این فسفر اضافی یک فرصت برای جمعیت‌های سیانوباکتری فراهم می‌کند تا رشد یافته و حتی بتوانند به نسبت‌های شکوفایی برسند.

2-5-2- سیلیکون^۱

مقدار کمی از سیلیس برای همه پلانکتون‌ها به منظور سنتز پروتئین نیاز است. در آب‌های شیرین سیلیس محلول فعال^۲ (SRSi) تحت-عنوان مونوسیلیسیک اسید (H_4SiO_4) وجود دارد که در محدوده^۳ 0/7- میلی‌گرم بر لیتر ($25-26 \mu M$) می‌باشد. در محیط‌های اقیانوسی، غلظت حداکثر SRSi (تقریباً $3mg/l$) در مناطق بالارونده وجود دارد. استفاده از SRSi به‌وسیله دیاتومه‌ها جهت رشد، منجر به کاهش سطوح SRSi هم در آب‌های شیرین و هم زیستگاه‌های اقیانوسی می‌شود. در طی دوره لایه‌بندی تابستانی، غلظت SRSi ممکن است به زیر میزان قابل تشخیص برسد (کمتر از $0/1$ میکرومولار) و به ماده غذایی محدود کننده در این زیستگاه‌ها تبدیل شود. پوشش سلول‌های دیاتومه‌ها یا فروستول^۳ از سیلیس پلی‌مریزه ساخته شده که چگالی سلول‌های دیاتومه را افزایش می‌دهد. بنابراین رشد و فراوانی دیاتومه‌ها بستگی به شرایط اختلاط آشفتگی دارد که شناوری آن‌ها را در منطقه نوری ستون آب فراهم می‌سازد. سیلیس پلی‌مریزه شده به آرامی تجزیه می‌شود (تقریباً 50 روز) که این امر یک مانع احتمالی در بازیافت سریع سیلیس از لایه اپی‌لیمنیون دریاچه‌های کم عمق است. سلول‌های مرده دیاتومه‌ها اغلب در ته دریاها به اشکال دست نخورده و مستقر در کف رسوبات هستند. سیلیس محلول، در آب‌های سطحی زیستگاه از طریق ورودی‌های خارجی و گردش ستون آب تحت شرایط اختلاط (چرخش) قابل دسترس است. در اقیانوس‌ها، از آنجایی که که عمق چرخش مواد بسیار بیشتر از دریاچه‌ها می‌باشد، سیلیس موجود در پوشش دیاتومه‌ها (کفه‌ها) بین سطح آب تا عمق حدوداً هزارمتر مجدداً حل می‌شود. پارامترهایی مانند مقادیر نترات، نیتريت، آمونیوم، نیتروژن معدنی محلول (DIN)، فسفات معدنی محلول (DIP) و سیلیس

1. silicone

2. soluble reactive silica

3. frustule

محلول (DSi) را می‌توان با روش اسپکتروفتومتری در عرض 30 دقیقه از جمع آوری نمونه‌ها باتوجه به پروتکل‌هایی از APHA(1998) به‌دست آورد. مقادیر به دست آمده را می‌توان از طریق تطبیق با یک منحنی استاندارد که برای تعیین غلظت مواد مغذی از نمونه‌های آب تهیه شده است محاسبه نمود. فرایندها در ذیل ذکر شده است:

نیتрат^۱

معرف‌های مورد نیاز: محلول سولفات نقره، فنول دی سولفونیک اسید^۲، آمونیاک مایع. روش کار: کسری از 50 میلی لیتر نمونه تصفیه شده آب درون یک ارلن مایر قرار داده می‌شود، مقدار معادل آن محلول سولفات نقره اضافه و مقدار کمی حرارت داده می‌شود تا هر مقدار از کلرید که ممکن است وجود داشته باشد رسوب کند. محلول صاف شده به‌دست آمده از نمونه طی فرآیند تبخیر در یک بوته چینی خشک می‌شود. باقیمانده فراورده در 2 میلی لیتر فنول دی سولفونیک اسید حل شده و اگر نیاز باشد مقداری رقیق می‌شود. متعاقباً، 6 میلی لیتر از آمونیاک مایع به محلول اضافه می‌شود تا یک رنگ زرد ایجاد شود. میزان جذب نوری در 140 نانومتر خوانده می‌شود. غلظت نیترات از منحنی استاندارد که از غلظت مشخصی از نیترات تهیه شده است، محاسبه می‌شود.

نیتريت^۳

معرف‌های مورد نیاز: محلول EDTA، سولفانیلیک اسید^۴، آلفا-N-نفتیل اتیلن آمین^۵، محلول سدیم استات.

روش کار: نمونه آب فیلتر شده با حجم معین (50ml) در یک ارلن مایر ریخته می‌شود، به آن مقدار 2 ml از هرکدام از معرف‌ها شامل محلول EDTA، سولفانیلیک اسید، آلفا-N-نفتیل اتیلن آمین و محلول سدیم استات به ترتیب اضافه می‌شود. معرف‌ها کاملاً مخلوط و به مدت 5 دقیقه اجازه داده می‌شود باقی بماند. رنگ قرمز شرابی غالب می‌شود. میزان جذب نوری در 543 نانومتر خوانده می‌شود. غلظت نیتريت با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه می‌شود.

آمونیاک^۶

معرف‌های مورد نیاز: معرف‌های نسلر^۷.

1. Nitrate
2. Phenol disulfonic acid
3. Nitrite
4. sulfanilic acid
5. -naphthylethylene amine 5.α-N
6. Ammonia
7. Nessler's reagent

روش کار: 50 میلی لیتر نمونه تصفیه شده آب درون ارلن مایر قرار می‌گیرد. به آن 2 ml از معرف نسیر افزوده می‌شود. مواد کاملاً مخلوط می‌شود و به مدت 5 دقیقه باقی می‌ماند. یک رنگ زرد کم رنگ ایجاد می‌شود. میزان جذب نوری در 640 نانومتر خوانده می‌شود. غلظت آمونیاک با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه می‌شود.

فسفات غیر آلی محلول (DIP)

معرف‌های مورد نیاز: محلول آمونیوم مولیبدات^۱، محلول کلر حاوی قلع. روش کار: کسری از 50 میلی لیتر نمونه آب تصفیه شده درون ارلن مایر تمیز ریخته شده و 2 ml از آمونیوم مولیبدات به آن اضافه می‌شود. پس از آن 5 قطره از محلول کلر حاوی قلع افزوده می‌شود. یک رنگ آبی ایجاد می‌شود. میزان جذب نوری بعد از 5 دقیقه و قبل از 12 دقیقه از اضافه شدن آخرین معرف در 640 نانومتر خوانده می‌شود. غلظت فسفات در نمونه آب با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه می‌شود.

محلول سیلیکات (DSi)

معرف‌های مورد نیاز: محلول آمونیوم مولیبدات، 1(N) هیدروکلریک اسید^۲، اگزالیک اسید^۳. روش کار: 50 میلی لیتر از نمونه آب تصفیه شده در یک ارلن مایر تمیز ریخته شده و 2 ml از محلول آمونیوم مولیبدات به آن اضافه می‌شود. سپس در ادامه 0/5 میلی لیتر 1(N) هیدروکلریک اسید اضافه می‌شود. بعد از مخلوط شدن، 2 میلی لیتر از اگزالیک اسید اضافه می‌شود. یک رنگ زرد روشن ایجاد می‌شود. جذب نوری در 530 نانومتر خوانده می‌شود. غلظت سیلیکات محلول در نمونه آب با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه می‌شود.

2-2-6- مدل جذب مواد مغذی

در خلال رشد فیتوپلانتکتون‌ها، مواد معدنی مصرف می‌شود و چندین مدل برای ایجاد روابط بین نرخ جذب مواد مغذی، ذخیره آن‌ها درون سلول و در نهایت الگوی رشد فیتوپلانتکتون‌ها پیشنهاد شده است.

-
1. ammonium molibdat
 2. Hydrochloric acid
 3. oxalic acid

2-2-6-1- مدل میکائیلیس-منتن^۱ (1913)

این مدل برپایه سینتیک عملکرد آنزیم‌ها بوده که در آن ρ به عنوان نرخ انتقال مواد مغذی در نظر گرفته شده است. (μ) مول ماده مغذی در هر سلول در هر دقیقه است). واژه $\rho_{\max}$ ماکزیمم سرعت انتقال ماده مغذی است، و S غلظت سوبسترا است. زمانی که غلظت سوبسترا (S) بالا باشد و ذخیره داخلی از همان ماده مغذی (Q) پایین باشد، ρ به $\rho_{\max}$ نزدیک می‌شود. K_t ثابت نیمه اشباع است، موقعی که $\rho = \frac{1}{2} \rho_{\max}$ و واحد K_t همان واحد سوبسترا باشد ($\mu \text{ mol L}^{-1}$)، K_t معادل مقدار S است. بنابراین، مطابق مدل میکائیلیس-منتن، الگوی جذب مواد مغذی به شرح زیر است:

$$\rho = \rho_{\max} \left(\frac{S}{K_t + S} \right)$$

2-2-6-2- مدل دروپ^۲

دروپ (1983) معادله‌ای برای برقراری نرخ رشد و سهم مواد مغذی داخلی مطرح کرد که به شرح زیر است:^۱

$$\mu = \mu_{\max} (1 - Q_0) / Q$$

$\mu_{\max}$ نرخ رشد ناخالص^۳ یا نرخ تولید مثل است و $\mu_{\max}$ ماکزیمم نرخ تولید مثل، Q ذخیره داخلی مواد مغذی، زمانی که Q به Q_0 برسد، آن موقع μ برابر صفر است. با این مدل، ما می‌توانیم رابطه بین نرخ رشد و مواد ذخیره‌ای درون سلول‌های فیتوپلانکتون‌ها را متوجه شویم. زمانی که فیتوپلانکتون‌ها بتوانند مواد مغذی را در بالاترین سطح ذخیره کنند، یعنی Q بیشتر شود، نرخ رشد نیز افزایش خواهد یافت. وقتی که ذخیره داخلی تخلیه شود، یعنی Q معادل صفر شود، نرخ رشد نیز متوقف می‌شود.

منابع

APHA. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20th ed.). Washington, DC: APHA-AWWA-WPCF.

Behrenfeld, M. J., & Falkowski, P. G. (1997). A consumer's guide to phytoplankton primary productivity models. *Limnology and Oceanography*, 42(7), 1479–1491.

-
1. Mikael menthen models
 2. Droop model
 3. Gross growth rate

- Bergmann, S., Ihmels, J., & Barkai, N. (2004). Similarities and differences in genome-wide expression data of six organisms. *PLoS Biology*, 2, E9.
- Broecker, W. S., & Henderson, G. M. (1998). The sequence of events surrounding Termination II and their implications for the cause of glacial-interglacial CO₂ changes. *Paleoceanography*, 13(4), 352.
- Capone, D. G., et al. (2005). Nitrogen fixation by *Trichodesmium* spp. An important source of new nitrogen to the tropical and subtropical North Atlantic Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 19(GB2024), 17. doi:10.1029/2004GB002331.
- Diehl, S. (2002). Phytoplankton, light, and nutrients in a gradient of mixing depths: Theory. *Ecology*, 83, 386–398.
- Droop, M. R. (1983). 25 years of algal growth kinetics – A personal view. *Botanica Marina*, 26, 99–112.
- Edwards, M., & Richardson, A. J. (2004). Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature*, 430, 881–884.
- Falkowski, P. G. (2000). The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system. *Science*, 290(5490), 291–296.
- Falkowski, P. G. (1995). Ironing out what controls primary production in the nutrient rich waters of the open ocean. *Global Change Biology*, 1, 161–163.
- Fogg, G. E. (1991). The phytoplanktonic ways of life. *The New Phytologist*, 118, 191–232.
- Goericke, R., Olson, R. J., & Shalapyouk, A. (2000). A novel niche for *rochlorococcus* sp. in low-light suboxic environments in the Arabian Sea and the Eastern Tropical North Pacific. *Deep-Sea Research*, 47, 1183–1205.
- Goldman, J. C., McCarthy, J. J., & Peavey, D. G. (1979). Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature*, 279, 212–215.
- Hansen, P. J. (2002). Effect of high pH on the growth and survival of marine phytoplankton: Implications for species succession. *Aquatic Microbial Ecology*, 28, 279–288.
- Harris, G. P., & Vollenweider, R. A. (1982). Paleolimnological evidence of early eutrophication in lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39, 618–626.
- Hays, G. C., Richardson, A. J., & Robinson, C. (2005). Climate change and marine plankton. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(6), 337–344.

Hecky, R. E., Campbell, P., & Hendzel, L. L. (1993). The stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in particulate matter of lakes and oceans. *Limnology and Oceanography*, 38(4), 709–724.

Huisman, J., & Weissing, F. J. (1995). Competition for nutrients and light in a mixed water column: A theoretical analysis. *The American Naturalist*, 146(4), 536–564.

Hutchins, D. A., Fu, F. X., Zhang, Y., Warner, M. E., Feng, Y., Portune, K., Bernhardt, P. W., & Mulholland, M. R. (2007). CO₂ control of *Trichodesmium* N₂ fixation, photosynthesis, growth rates, and elemental ratios: Implications for past, present, and future ocean biogeochemistry. *Limnology and Oceanography*, 52(4), 1293–1304.

IPCC. (2001). *Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C. A. Johnson, Eds., 881pp.). Cambridge/New York: Cambridge University Press.

IPCC. (2007). Summary for policymakers. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, & H. L. Miller (Eds.), *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (996pp.). Cambridge/New York: Cambridge University Press.

Kim, J. M., Lee, K., Shin, K., Kang, J. H., Lee, H. W., Kim, M., Jang, P. G., & Jang, M. C. (2006). The effect of seawater CO₂ concentration on growth of a natural phytoplankton assemblage in a controlled mesocosm experiment. *Limnology and Oceanography*, 51(4), 1629–1636.

Lewitus, A. J., & Kana, T. M. (1994). Responses of estuarine phytoplankton to exogenous glucose: Stimulation versus inhibition of photosynthesis and respiration. *Limnology and Oceanography*, 39, 182–189.

Lomas, M. W., & Gilbert, P. M. (1999). Interactions between NH₄ and NO₃ uptake and assimilation: Comparison of diatoms and dinoflagellates at several growth temperatures. *Marine Biology*, 133, 541–551.

Michaelis, L., & Menten, M. L. (1913). Die Kinetik der Invertinwirkung. *Biochemische Zeitschrift*, 49, 333–369.

Redfield, A. C. (1958). The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist*, 46(3), 205–221.

Rengefors, K., Ruttenberg, K. C., Hauptert, C. L., Taylor, C., Howes, B. L., & Anderson, D. M. (2003). Experimental investigation of taxon-specific response of alkaline phosphatase activity in natural freshwater phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 48(3), 1167–1175.

Reynolds, C. S. (2006). *The ecology of phytoplanktons*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Tortell, P. D., DiTullio, G. R., Sigman, D. M., François, M., & Morel, M. (2002). CO₂ effects on taxonomic composition and nutrient utilization in an Equatorial

Pacific phytoplankton assemblage. *Marine Ecology Progress Series*, 236, 37–43.

Tyrell, T. (1999). The relative influences of nitrogen and phosphorus on oceanic primary production. *Nature*, 400, 525–531.

Vollenweider, R. A., Giovanardi, F., Montanari, G., & Rinaldi, A. (1998). Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index.

Environmetrics, 9, 329–357.

Wolf-Gladrow, D. A., Bijma, J., & Zeebe, R. E. (1999). Model simulation of the carbonate chemistry in the microenvironment of symbiont bearing foraminifera. *Marine Chemistry*, 64(3), 181–198.

فصل سوم: فیتوپلانکتون‌ها و تولید اولیه

پلانکتون‌ها توانایی منحصر به فردی در جدا کردن دی اکسید کربن محلول به خوبی دی اکسید کربن آزاد از اکوسیستم های آبی و تبدیل آن به محصول ذخیره‌ای دارند. این پدیده به‌عنوان تولید اولیه اکوسیستم در نظر گرفته می‌شود. همانطور که فیلد و همکاران (1998) پیشنهاد کردند، با توجه به مقایسه انحلال بالاتر دی اکسید کربن نسبت به اکسیژن در آب های طبیعی، حدود 50 درصد تولیدات جهانی در خلال تجزیه کربن در اکوسیستم های آبی انجام می‌شود. فالدکوسکی^۱ عقیده داشت که حدود 98 درصد تولیدات در اقیانوس‌ها به جمعیت‌های فیتوپلانکتون اختصاص دارد. بنابراین مطالعات روی تولید جمعیت‌های فیتوپلانکتون در زیست‌گاه‌های سیلاب‌زی مصب‌ها و سواحل، به میزان قابل ملاحظه‌ای توجه زیست‌شناسان پلانکتون را جلب نموده است.

تمام تولید اولیه یک جمعیت تحت شرایط بهینه نور و دما به‌عنوان تولید اولیه ناخالص^۲ (GPP) در نظر گرفته می‌شود. اگرچه اتوتروف‌های آبی تنها منبع تولید اولیه هستند، با این حال، این تولیدات به وسیله تمام جمعیت‌های گیاهی و جانوری میکروبی^۳ اکوسیستم‌های آبی مصرف می‌شوند. بنابراین بواسطه ی تنفس که اغلب به عنوان نرخ تنفس جمعیت^۴ (CRR) در نظر گرفته می‌شود، کربن تثبیت شده به‌عنوان منبع انرژی به‌کار گرفته می‌شود که سبب کاهش قابل توجهی در کل تولید تمام اکوسیستم می‌شود که تحت‌عنوان تولید اولیه خالص^۵ (NPP) شناخته می‌شود. بنابراین می‌تواند به شکل زیر نشان داده شود:

$$GPP = NPP + CRR \quad \text{یا} \quad NPP = GPP - CRR$$

روابط بین تنوع و تولید در جمعیت‌های پلانکتونی همیشه رابطه علت و معلولی نیست. بر پایه‌ی نوع تنوع و تولید 3 نوع مکانیسم اصلی پیشنهاد شده است:

- 1- استفاده مکمل از منابع (تاثیر مکمل^۶)
- 2- تسهیل بین گونه‌ها در اجتماعات بسیار متنوع (فرضیه تسهیل^۷)

1. Falkowski
 2. Primary gross production
 3. microbial floral and faunal populations
 4. Respiration rate of the production
 5. Primary pure production
 6. Complementary effect
 7. facilitation hypothesis

3- احتمال بالاتر که اجتماعات بسیار متنوع شامل گونه‌هایی با تولید بالاتر می‌شوند (تاثیر نمونه برداری یا انتخاب¹)

این یک واقعیت شناخته شده است که سلول‌های حاوی کلروفیل می‌توانند CO₂ را از طریق فتوسنتز به کمک نور و با تولید اکسیژن (O₂)، تثبیت کنند. بنابراین محتوای اکسیژن محلول در اکوسیستم آبی در واقع اندازه‌گیری بازدهی فتوسنتز جمعیت‌های فیتوپلانکتونی می‌باشد. بنابراین برآورد محتوای اکسیژن محلول² (DO) تحت شرایط مختلف دسترسی نوری می‌تواند نماینده‌ای برای برآورد تولید اولیه اکوسیستم آبی باشد. بر پایه‌ی این عقیده، وینکلر³ (1888) یک روش و فرمول برای برآورد DO و همچنین تولیدات زیستگاه‌های آبی پیشنهاد کرد.

در آغاز نمونه‌های آب از محل خاص در بطری‌های BOD طراحی شده ویژه (250 mL / mL) 125 زیر سطح آب، در اعماق خاص جمع آوری می‌شود و بلافاصله بدون توقف، برای اجتناب از هرگونه تغییرات خارجی، چوب پنبه گذاری می‌شوند. نمونه‌های جمع آوری شده به سرعت توسط اضافه کردن سولفات منگنز⁴ و یدید پتاسیم قلیایی⁵ تثبیت می‌شوند. این روش سریع به منظور توقف هرگونه فعالیت زیستی توسط موجودات پلانکتونی انجام می‌شود که ممکن است محتوای واقعی DO را تغییر دهند. این بطری به عنوان بطری اولیه⁶ IB طراحی شده است. سرعت تجزیه به وسیلهٔ اسید به کمک تیتراسیون با استفاده از تیوسولفات سدیم⁷ با معرف نشانسته انجام می‌گردد. سپس، محتوای DO از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$DO(\text{mg/L}) = \frac{x \times 0.025 \times 8 \times 1,000}{V_2 (V_1 - v)} \times \frac{V_1}{V_1}$$

که در این فرمول:

V1 = حجم کل نمونه گرفته شده (125 میلی لیتر)

-
1. effect of sampling or selection
 2. Dissolved oxygen content
 3. Winkler
 4. MnSO₄
 5. KI
 6. Initial Bottle
 7. NaSO₄

V_2 = حجم نمونه گرفته شده برای تیتراسیون (100 میلی لیتر)

v = 2 میلی لیتر از معرف ها (1 میلی لیتر سولفات منگنز و 1 میلی لیتر یدید پتاسیم قلیایی)

X = حجم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ مصرف شده برای تیتراسیون .

این مراحل برای 2 نمونه بطری دیگر نیز تکرار می‌شود که به ترتیب به عنوان بطری روشن¹ (LB) و بطری تاریک² (DB) طراحی شده‌اند. بطری روشن در نور طبیعی انکوبه می‌شود و بطری تاریک دور از نور و در تاریکی مطلق برای یک دوره زمانی یکسان نگهداری می‌شود. بعد از دوره ی انکوباسیون محتوای DO بطری روشن و تاریک به روش یکسانی که در بخش قبلی ذکر شد، تعیین می‌شود. پارامترهای مختلف تولید از فرمول زیر تعیین می‌شوند:

$$G_{pp} = \frac{[(O_2LB) - (O_2DB)] \times 1000}{PQ \times t}$$

$$N_{pp} = \frac{[(Q_2LB) - (Q_2DB)] \times 1000}{PQ \times t}$$

$$CRR = \frac{[(QIB) - (Q_2DB)] \times 1000}{t}$$

G_{pp} = تولید اولیه ناخالص

N_{pp} = تولید اولیه خالص

CRR = نرخ تنفس جامعه

$O_2 LB$ = محتوای DO (اکسیژن محلول) از بطری BOD بعد از دوره ی انکوباسیون در نور خورشید به مدت 3 ساعت.

$O_2 IB$ = محتوای DO (اکسیژن محلول) از بطری BOD بلافاصله پس از نمونه برداری

$O_2 DB$ = محتوای DO (اکسیژن محلول) از بطری BOD بعد از دوره ی انکوباسیون در تاریکی به مدت 3 ساعت

PQ = نسبت فتوسنتزی ($=1/2$)

t = مدت زمان انکوباسیون (روشنایی یا تاریکی) (به ساعت)

1. Light Bottle

2. Dark Bottle

ترکیب فاکتورهایی مانند نور، غلظت CO_2 ، ترکیب گونه‌ای و محتوای کلروفیل، نقش بسیار هماهنگی در تولید اولیه در کل اکوسیستم آبی دارد. در آب‌های اولیگوتروف، به دلیل شفافیت طبیعی ستون آب، نفوذ نور خیلی زیاد است که باعث افزایش اپی‌لیمنیون تا اعماق بالای 60 متر می‌شود. مانند آنچه که در دریای اژه در قسمت شرقی منطقه مدیترانه دیده می‌شود. برخلاف عقیده عمومی، تولید خالص اولیه در این آب‌های کم تولید (اولیگوتروف) خیلی زیاد نیست. اگرچه PAR (اشعه‌های فعال فتوسنتزی)¹ در ستون آب به میزان بسیار بالا در دسترس هستند. علت این موضوع اساساً به وضعیت مواد مغذی در زیستگاه برمی‌گردد، زیرا غلظت‌های فسفات اغلب به سطوح نانومولار می‌رسد. در این شرایط محدود کننده، گونه‌های فیتوپلانکتونی که می‌توانند فسفات را از منابع آلی بوسیله‌ی استفاده از آنزیم آلکالین فسفاتاز خارج سلولی (AP) بدست آورند، جمعیت فیتوپلانکتون را تشکیل می‌دهند. بنابراین جمعیت غالب پلانکتونی را فرم‌های نانوپلانکتون و پیکوپلانکتون با میزان بسیار پایینی از کلروفیل a و حجم کم زیستی² سلول تشکیل می‌دهند.

این مقادیر برای تولید اولیه نسبتاً پایین قسمت شرقی مدیترانه در مقایسه با زیستگاه‌های پرتولید (یوتروف) دنیا محاسبه می‌شود. یک سناریوی کاملاً متفاوت برای آب‌های پرتولید (یوتروف) مانند مصب بقیرا-هاگلی³ مشاهده شد. اگرچه هر دو فاکتور روشنایی و مواد مغذی بهینه در این محل‌ها موجودند، ولی هنوز مقدار ذرات معلق⁴ (SPM) بالا در ستون آب مانع دسترسی PAR در اعماق مختلف ستون آب می‌شود. این قابلیت استفاده کم PAR، منجر به کاهش کارایی فتوسنتز تاکسون‌های فیتوپلانکتونی می‌شود که سبب به حداکثر رسیدن کاهش تولیدات اولیه در اکوسیستم‌های آبی می‌شود.

در آب‌های یوتروف، زیستگاه‌های غنی از مواد مغذی، تنوع جمعیت‌های میکروبی که شامل جمعیت‌های باکتریایی نیز می‌شود را بالا می‌برد. همانطور که می‌توان انتظار داشت برای یک شبکه غذایی، جمعیت باکتری‌ها عمل تجزیه را انجام می‌دهند. به منظور تجزیه، اکسیژن، به‌عنوان مهم‌ترین منبع برای واکنش‌های اکسیداسیون و احیا عمل می‌کند. نیازمندی به اکسیژن به‌وسیله جمعیت میکروبی

1. Photosynthetic active rays

2. biovolumes

3. Bhagirathi-Hugli

4. suspended particulate matter

به منظور تجزیه بیوشیمیایی مواد آلی، تحت‌عنوان اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی¹ (BOD) در نظر گرفته می‌شود.

در زیستگاه‌های یوتروف، شرایط مواد مغذی زیاد، سبب بقای فرم‌های متنوع زیستی می‌شود که متعاقباً باعث افزایش مواد آلی قابل تجزیه، ناشی از پوسیدگی و مرگ آن‌ها می‌شود. بنابراین زیستگاه‌های پرتولید (یوتروف) گرایش به ظهور در سطوح اشباع شده DO و مقادیر بالای BOD با افزایش جمعیت هتروتروف دارند. برای تعیین اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی BOD ، نمونه‌های آب تحت شرایط بهینه نور و دما بدون تثبیت، با افزودن 1 میلی لیتر از هرکدام از مواد K_2HPO_4 ، Na_2HPO_4 ، $7H_2O$ ، $MgSO_4$ ، $CaCl_2$ بدون آب، $FeCl_2$ ، $6H_2O$ نگهداری می‌شوند. بعد از گذشت 5 روز از نمونه برداری مقدار DO اندازه گرفته می‌شود. (1888 Winkler). مقادیر BOD از فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$BOD(mg/L) = (DO_{0\text{ days}} - DO_{5\text{ days}})$$

بنابراین، ترکیب فاکتورهای مختلف، حاکی از وضعیت کلی تغذیه‌ای و همچنین تولید اولیه در مناطق مختلف مورد مطالعه در اکوسیستم‌های مختلف سراسر جهان می‌باشد.

منابع

- Field, C. B., et al. (1998). Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, 281, 237–239.
- Winkler, L. W. (1888). The determination of dissolved oxygen in water. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21, 2843.

1. biochemical oxygen demand

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل الکوی جامعه

جوامع پلانکتونی در اکوسیستم‌های آبی مهم‌ترین اجزایی هستند که تنوع قابل توجهی بر اساس شرایط محیطی در دسترس و وضعیت غذایی در زیستگاه دارند. بنابراین آنالیز جامعه فیتوپلانکتون شرایط زیستگاه را کاملاً نشان می‌دهد. تفسیر داده‌های پلانکتون از منظر اکولوژیکی به استراتژی نمونه‌برداری منطقه مورد مطالعه وابسته است. بنابراین استراتژی‌های نمونه‌برداری پلانکتون‌ها ممکن است با توجه به پویایی شناسی اکوسیستم‌ها بسیار متفاوت باشد که این موضوع برای آب‌های ساکن (دریاچه‌ها و تالاب‌ها) در مقایسه با زیستگاه‌های موج خیز (رودخانه‌ها و مصب‌ها) متفاوت است. برای دستیابی به داده‌ی دقیق و درست، جمع‌آوری نمونه نمی‌تواند محدود به یک ایستگاه یا سایت خاص باشد. چندین سایت و ایستگاه در زمان‌های یکسان برای کاهش توزیع افقی نابرابر (انتشار لکه‌ای) باید نمونه‌برداری شوند. بر این اساس، در آنالیز جامعه فیتوپلانکتون، جمع‌آوری نمونه جنبه مهمی برای آنالیز درست الگوی جامعه آنها می‌باشد. از یک دوره به دوره دیگر، روش جمع‌آوری نمونه فیتوپلانکتون به‌میزان قابل توجهی پیشرفت نموده است. بنابراین در این بخش، ما درباره روش‌های بسیار معمول نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون که در هر دو محیط زیستگاه مصب و دریا قابل اجرا هستند، بحث خواهیم کرد.

4-1- نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون‌ها

به منظور تعیین تعداد سلول جمعیت‌های فیتوپلانکتون، روش‌های متفاوت نمونه‌برداری به شرح زیر ارائه می‌شود:

1- بطری نمونه‌برداری^۱

2- پمپ‌های پلانکتون^۲

3- تورهای پلانکتون^۳

4-1-1- بطری‌های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از آب به کمک بطری نمونه‌بردار، احتمالاً ساده‌ترین روش نمونه‌برداری است، ولی روشی بسیار توصیه شده برای تعیین دقیق ترکیب فیتوپلانکتونی از نظر کمی می‌باشد. عموماً، یک نمونه بطری از آب حاوی تمام موجودات حاضر در توده آب نمونه‌برداری شده (به جز نادرترین انواع آن) است.

-
1. sample bottle
 2. Plankton pump
 3. Plankton nets

همچنین شامل طیفی از کلیه ابعاد، شامل بزرگترین نمونه‌ها مانند کلنی‌های دیاتومه تا کوچکترین سلول‌های منفرد می‌باشد. روش بطری نمونه برداری آسان‌ترین روش است که بطور عمده برای جمع آوری نمونه آب از هر عمق دلخواه از سیستم‌های کم عمق مانند آب‌های نزدیک ساحل، دهانه رودخانه‌ها و مانگروها استفاده می‌شود (شکل 4-1). حجم نمونه همچنین عمقی که در آن نمونه‌ها جمع آوری شده‌اند، می‌تواند به آسانی با نظر زیست‌شناسان پلانکتون کنترل شود. بنابراین این روش نمونه برداری می‌تواند هم در مطالعات ابتدایی و هم در تحقیقات مهم آزمایشگاهی، برای جمع آوری نمونه‌های فیتوپلانکتون در ستون آب، مورد استفاده قرار گیرد.



شکل 4-1: بطری‌های ساده مدرج برای جمع آوری نمونه‌های آب حاوی فیتوپلانکتون. دهانه (لوله) جلویی به مشاهده کننده، اجازه خروج اندازه مشخصی از نمونه را جهت مطالعه می‌دهد.

4-1-1-1- نمونه بردار آبی مایر^۱

این نوع از نمونه بردارها شامل بطری‌های شیشه‌ای معمولی با ظرفیت 2 لیتر است که با نوار فلزی پوشیده می‌شود. این وسیله با یک وزنه سربی در پایین سنگین می‌شود و دو ریسمان مدرج نایلونی محکم وجود دارد: یک گره برای بستن گردن بطری و دیگری به عنوان چوب پنبه برای پوشاندن انتهای

1. Mayers

باز بطری. در طول نمونه برداری، دستگاه چوب پنبه گذاری شده (بطری بسته)، به عمق دلخواه پایین فرستاده می شود، جایی که چوب پنبه سریعاً توسط یک کشش قوی از طناب چوب پنبه باز می شود. آب داخل بطری سر ریز می شود و سپس طناب چوب پنبه برای بسته نگه داشتن چوب پنبه، رها می شود. پس از آن، با استفاده از طناب گردن، بطری حاوی نمونه آب و همچنین متغیرهای زیستی، از ستون های آب بدست می آیند. این دستگاه فقط می تواند برای عمق های تا 20 متر مورد استفاده قرار گیرد.



شکل 2-4 یک بطری نمونه بردار آب مایر (Meyer)

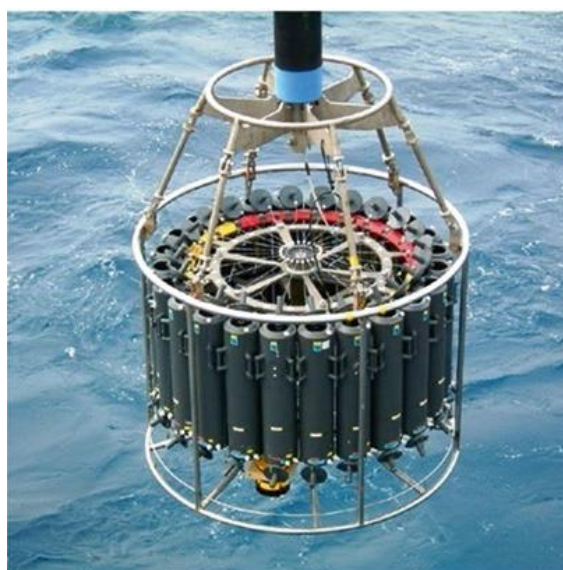
2-1-1-4- نمونه بردار آب فریدینجر^۱

این دستگاه نمونه بردار آبی، از نوعی پلاستیک شیشه ای (Plexiglas) یا Perspex با دو پوشش لولدار ساخته شده است. هنگام کار، نمونه بردار در یک وضعیت باز، تا اعماق دلخواه، پایین فرستاده می شود که می تواند وسیله افتادن یک فرستنده سنگین بسته شود، این فرستنده روی یک ریل کشویی می افتد و سرپوش را مسدود می کند و بطری آب را تنگ می نماید. با این روش، آب با همه موجودات پلانکتونی از ستون مخصوصی به دام می افتند.

1. Friendinger's Water Sampler

3-1-1-4- نمونه بردار آبی نیسکین^۱ (شکل 3-4)

دستگاهی پیچیده است که عمدتاً برای جمع آوری نمونه های بزرگی در سیستم های رودخانه به خوبی اقیانوس ها استفاده می شود. این دستگاه ابزاری برای گرفتن نمونه های آبی به منظور شمارش فیتوپلانکتون ها از لایه های زیرسطحی تا اعماق مختلف استفاده می شود. در این دستگاه از چندین بطری غیر فلزی و مقاوم در برابر فشار آب (free-flushing) برای جمع آوری نمونه ی آب معمولی استفاده می شود. این نمونه بردارها می توانند به صورت منفرد یا نوبتی به یک کابل آبی متصل شوند و توسط یک فرستنده فعال شوند یا در هر نوعی از سیستم های نمونه بردار چندگانه (مانند G.O. Falmouth Scientific, Sea Bird و سیستم نمونه بردار چندگانه کوچک) قرار گیرند و از راه دور یا از طریق دستور از پیش برنامه ریزی شده فعال شوند.



شکل 3-4 یک سیستم نمونه بردار آب نیسکین از نوع G.O-Flo Rosette

1. Niskin Water Sampler

4-1-2- پمپ‌های پلانکتونی

نمونه‌گیرهای کاملی هستند که یک جریان پیوسته‌ای از آب را به سطح پمپ می‌کند و سپس فیتوپلانکتون‌ها می‌توانند به وسیله فیلتراسیون مداوم، سریع تغلیظ شوند. به دلیل این که پمپ‌ها می‌توانند به طور مداوم مانند لوله‌ای که از میان ستون آب پایین می‌رود، نمونه‌برداری کنند، نمونه‌ها به صورت یکپارچه از سطح تا عمق دلخواه تجمع می‌یابند. این روش معایب مربوط به خودش را دارد مانند شکستن کلنی‌ها یا تارچه^۱ بزرگ نمونه *Chaetoceros* و یا سلول‌های کشیده (pennate) مانند گونه‌هایی از *Thalassiothrix*.

4-1-3- تورهای پلانکتونی

تورهای فیتوپلانکتونی معروف‌ترین وسایلی هستند که برای نمونه برداری استفاده می‌شوند. طراحی تورهای پلانکتونی ممکن است در محدوده‌ای از تورهای طناب‌دار^۲ اولیه (مخروطی یا با گردن کوتاه) تا پیچیده‌ترین وسیله که برای جمع‌آوری خاص‌ترین نمونه‌ها به دستگاه متصل می‌شود، متغیر باشند (شکل 4-4). تورها اجازه مطالعات کمی را می‌دهند چون اندازه چشمه^۳ تور، نوع فیتوپلانکتون جمع‌آوری شده را انتخاب خواهد کرد. نمونه برداری بوسیله تورها بسیار انتخابی است، چراکه وابسته به سایز چشمه، سرعت کشیدن تور و نوع گونه‌های حاضر در آب است. به عنوان مثال تارهای *Chaetoceros* ممکن است یک شبکه‌ی نازک درون تور تشکیل دهند و سلول‌های منفرد بسیار کوچکی که در سایر موارد از میان چشمه‌ها عبور می‌کنند را نگه دارد. از طرف دیگر، تورهایی با چشمه‌های بسیار کوچک (5-10 μm)، اغلب حجم کمی از آب را برای تهیه‌ی یک نمونه دیاتومه مناسب فیلتر می‌کنند. بهترین اندازه چشمه تور، برای جمع‌آوری دیاتومه‌ها 25 μm است.

-
1. setae
 2. rope base nets
 3. mesh



شکل 4-4 تصویری از یک تور پلانکتون معمول که برای جمع آوری فیتوپلانکتون کشیده شده است (تصویر ارائه شده از www.nearhus.gr)

کشیدن تور، هم‌زمان، مزیت جمع آوری و تغلیظ هم‌زمان پلانکتونی کافی را برای شناسایی گونه‌ها فراهم می‌آورد. یک تور پلانکتون معمول قابل استفاده در لایه‌های سطحی، مخروطی شکل است و اجزای اصلی زیر را داراست: یک حلقه تور ساخته شده از استیل ضد زنگ، که در بخش جلویی با لوله پولیتنی پیچیده و محکم شده است. یک بخش بدون فیلتر، ساخته شده از یک پارچه خاکی زبر، که با استفاده از سیستم دکمه و سوراخ، به این قسمت متصل شده است. بخش فیلتری از یک ماده نایلونی تک رشته‌ای ساخته شده، همانطور که پیشتر شرح داده شد، و به دنبال آن یک بخش بدون فیلتر از پارچه خاکی آورده می‌شود. بعد از آن یک سطل توری فلزی با یک شیر آب وجود دارد که با یک ریسمان قوی گره زده شده است. تعیین حجم آب فیلتر شده از میان هر تور پلانکتونی برای تخمین محصول سرپا^۱، ضروری است. حجم آب فیلتر شده به وسیله تور به عنوان یک حجم تقریبی به وسیله فرمول $v = \pi \cdot r^2 d$ تعیین می‌شود که v حجم آب فیلتر شده به وسیله تور، r شعاع دهانه تور است و d مسافتی است که تور کشیده می‌شود.

1. standing crop

آب جمع آوری شده از میان نمونه بردارهای آبی مختلف، هریک سانتریفیوژ می‌شوند، یا از میان نایلون با چشمه‌های ریز یا کاغذهای صافی برای جداسازی پلانکتون‌های موجود در آن عبور داده می‌شوند. هرچه مقدار نمونه‌ها کوچکتر باشد، تعداد کمتری از گونه‌های کمیاب به‌دست خواهد آمد. از طرف دیگر هیچ گونه شکی در تغلیظ حجم زیاد یک نمونه غنی از یک یا چند گونه وجود ندارد. تغلیظ به‌وسیله‌ی ته نشین شدن، تغلیظ به‌وسیله سانتریفیوژ و تغلیظ به‌وسیله فیلترکردن، روش‌هایی هستند که بیشتر استفاده می‌شوند.

تغلیظ پلانکتونی معمولاً برای گروه‌های ویژه‌ای از فیتوپلانکتون‌ها خصوصاً دیاتومه‌ها و دینوفلاژله‌ها، برای غلبه بر آسیب‌های ممکن، به‌وسیله فیلترکردن مکشی و سانتریفیوژ انجام می‌شود. تغلیظ کننده پلانکتونی ساده که نحوه عمل آن بسیار آرام است، شامل یک لوله‌ی محکم (ارتفاع 10cm و قطر 1/2cm) از جنس Perspex یا PVC می‌باشد که در پایین قسمتی که یک فیلتر هست، متصل می‌شود. یک کاغذ صافی (Whatman No. 42) یا فیلتر غشایی که به‌وسیله تور نایلون تک رشته‌ای^۱ پشتیبانی می‌شود و به‌عنوان فیلتر به‌کار می‌رود، به کف لوله به کمک اتیلن دی کلرید^۲ چسبانده می‌شود. هنگام استفاده، لوله‌ها به آرامی داخل بشر حاوی نمونه فیتوپلانکتونی فرو می‌روند. از طریق فیلتر، آب به آرامی به طرف بالا داخل لوله جاری می‌شود و با یک پیپت بزرگ دور ریخته می‌شود. با فشار لوله به سمت پایین، سرعت جریان از طریق فیلتر می‌تواند افزایش یابد. براساس اندازه چشمه، انواع متفاوتی از پلانکتون‌ها با استفاده از تورهای پلانکتونی مختلف می‌توانند برداشت شوند (جدول 1-4).

جدول 1-4 اندازه شبکه‌های تور و انواع پلانکتون‌هایی که (با توجه به اندازه چشمه) جدا می‌شوند را نشان می‌دهد.

اندازه چشمه	فضای باز تقریبی (%)	انواع پلانکتون‌ها
1024	58	زئوپلانکتون‌های بزرگ و ایکتیوپلانکتون‌ها ^۳
752	54	زئوپلانکتون‌های بزرگ و ایکتیوپلانکتون‌ها
569	50	زئوپلانکتون‌های بزرگ و ایکتیوپلانکتون‌ها
366	46	ریزسخت پوستان بزرگ ^۱

1. monofilament
2. Ethylene dichlorid
3. ichthyoplankton

زئوپلانکتون‌ها - ریزسخت پوستان	44	239
زئوپلانکتون‌ها - ریزسخت پوستان و بیشتر روتیفرها ^۲	45	158
عمده فیتوپلانکتون‌ها -	45	76
ماکروپلانکتون‌ها و میکروپلانکتون‌ها	33	64
	-	53
نانوپلانکتون‌ها	-	2

تور پلانکتونی می‌تواند به صورت افقی، عمودی یا مورب بر اساس نیاز نمونه‌گیری، کشیده شوند. یک تورکشی عمودی برای جمع‌آوری نمونه مخلوط از کل ستون آبی مناسب‌تر است، در حالی که یک تورکشی افقی، تنها محدود به نمونه‌های مخلوط آب سطحی می‌شود. در مورد کشش افقی، حجم آب نمونه‌گیری شده می‌تواند به وسیله تعیین مساحت دهانه تور و مسافت پیموده شده آن از طریق یک جریان سنج^۳ تخمین زده شود (Eaton et al. 2003). اشکال اساسی برای این روش تورکشی این است که هر دوی فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها را نمونه برداری خواهد کرد. به همین خاطر زیست‌شناسان فیتوپلانکتونی اغلب یک نمونه‌گیر زئوپلانکتونی را داخل یک نمونه‌گیر فیتوپلانکتونی برای کاهش تعداد زئوپلانکتون‌ها در نمونه استفاده می‌کنند. اگرچه امکان‌گیر افتادن فیتوپلانکتون‌هایی با اندازه بزرگ‌تر در تور زئوپلانکتون به عنوان یک ریسک وجود دارد. بنابراین برای تکمیل مراحل تورکشی، نمونه‌ها به وسیله بازکردن انتهای بسته تور و تخلیه آنها در ظروف یا لوله‌های نمونه، جمع‌آوری می‌شوند.

4-1-3-1- نگهداری و تثبیت نمونه‌های پلانکتونی

معمولاً فرمالین 2-5% برای نگهداری و تثبیت نمونه‌های فیتوپلانکتونی استفاده می‌شود. فرمالدئید تجاری موجود، برای شرایط مورد نظر به طور مناسبی جهت تثبیت رقیق می‌شود. نمونه‌های دریایی اکثراً در فرمالین خنثی 5% در آب دریا نگهداری می‌شوند. معمولاً آب دریای اضافی برای کاهش ته‌نشینی نمک‌ها از آب دریا به وسیله فیلتر شدن به مدت 1 تا 2 روز برداشته می‌شود. از متیل الکل با خلوص 80% نیز به عنوان یک ماده نگهدارنده مؤثر استفاده می‌شود، اگرچه این ماده اغلب باعث

1. Larg microcrustacea
2. Rotifera
3. Flow meter

چروک خوردگی و تغییر رنگ می‌شود. فرمالین استیک اسید الکل^۱ (FAA) یک نگهدارنده خوب و یک عامل کشنده برای مطالعات سیتولوژیکی جمعیت‌های پلانکتونی به جز دینوفلاژله‌ها می‌باشد. در مورد دینوفلاژله‌ها، این ماده باعث نرم شدگی صفحات تکا می‌شود که اغلب موجب تثبیت نامناسب نمونه‌ها می‌شود. اخیراً محلول شیمیایی یدید لوگول^۲، به‌عنوان یک ماده نگهدارنده برای فیتوپلانکتون‌ها مخصوصاً با اندازه‌های کوچک معروفیت پیدا کرده است. ترکیبات ید، پلانکتون‌ها را حفظ، تثبیت و رنگ می‌کند، درحالی‌که ترکیبات دیگر، استیک اسید، تازک‌ها و مژه‌ها را حفظ می‌کند که اگر نمونه‌ها در تاریکی ذخیره شوند مانند یک نگهدارنده عالی عمل می‌کند.

4-2- تخمین زیست‌توده

تعیین زیست‌توده فیتوپلانکتون‌ها جنبه مهمی دارد که به‌عنوان نماینده ممکن برای تولید اولیه در اکوسیستم‌های آبی کاربرد دارد و مقیاسی از مقدار ماده آلی موجود برای مصرف ژئوپلانکتون‌ها را می‌دهد. بنابراین جمعیت فیتوپلانکتون‌ها را می‌توان با دو مبحث زیر سنجید:

1) زیست‌توده کل

در این سنجش، کل زیست‌توده اندازه‌گیری می‌شود. تخمین کلروفیل **a**، ارجح‌ترین روش برای این موضوع است. زیرا که کلروفیل **a** به عنوان رنگدانه اصلی در دریافت نور در تمام تاکسون‌های فیتوپلانکتونی عمل می‌کند، همانطور که در گیاهان عالی‌تر نیز گزارش شده است.

2) زیست‌توده یا زیست‌توده گونه

اینجا تخمین‌های غیر مستقیمی از جمعیت‌ها بر اساس تعداد سلول و حجم توده زیستی انجام می‌شود. در این موارد تعیین محتوای رنگدانه‌های نوری اختصاصی گروه، می‌تواند یک نماینده ایده آل باشد. اهمیت این تخمین‌ها این است که نه تنها به ارزیابی تولید می‌پردازند، بلکه اغلب می‌توانند مرجع ممکن برای تعیین تنوع در منطقه مورد مطالعه باشند. برای تجزیه و تحلیل‌های الگوی جوامع پلانکتونی، می‌بایست پارامترهای مختلفی برای تعیین مشارکت تاکسون‌های فیتوپلانکتونی منفرد نسبت به کل جمعیت فیتوپلانکتونی در نظر گرفته شود. بعضی از این پارامترهای معمول در ذیل آمده‌اند.

1. Formalin acetic acid
2. Lugol's iodine

4-2-1- شمارش سلول

شمارش سلول پارامتر مهمی برای بررسی تعیین جمعیت‌های فیتوپلانکتونی می‌باشد. پلانکتون شناسان قدیمی‌تر این روش را به دلیل فراهم کردن داده‌های مربوط به فراوانی جمعیت و تراکم تاکسون منفرد در جمعیت، انجام می‌دادند. علاوه بر این داده‌های تعداد سلول مربوط به یک تاکسون از جمعیت‌های مختلط، اطلاعات مربوط به سهم مشارکت آن تاکسون خاص در جمعیت را برای ما فراهم می‌کند. این روش به جامعه علمی اجازه می‌دهد که شاخص‌های مختلف زیستی که پاسخگوی سوالات مربوط به تنوع جمعیت‌ها هستند را مورد استفاده قرار دهند. بنابراین چنین محاسباتی نه تنها حاکی از ترکیب گونه‌ها می‌باشند، بلکه عملکرد اکوسیستم‌ها را نیز دربرمی‌گیرد. مشکل این روش این است که شکل و حجم سلول‌هایی را که ممکن است تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کارایی فتوسنتزی تاکسون داشته باشد را در نظر نمی‌گیرد. به عنوان مثال، سلول‌های کروی پیکوپلانکتون‌ها و میکرو پلانکتون‌ها ممکن است از نظر تعداد سلول مشابه باشند، ولی با توجه به ابعاد آنها، میکرو پلانکتون‌ها در مقایسه با پیکوپلانکتون‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی، پرتولیدتر هستند.

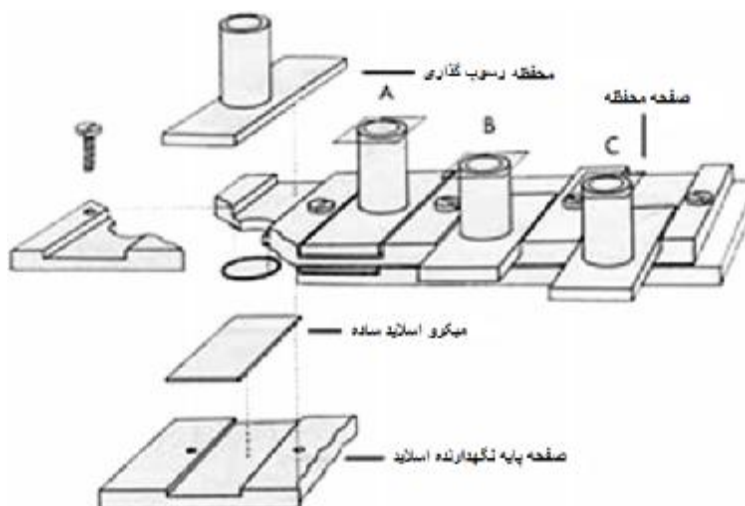
در مورد سیانوباکتری‌ها، مقدار S/V (نسبت مساحت سطحی به حجم) پارامتر مهمی برای طبیعت شناوری و خواص هیدروگرافی می‌باشد. بدین ترتیب همانطور که از قانون استوک¹ مشهود است، اگرچه تعداد سلول ممکن است برای دو تاکسون مختلف سیانوباکتریایی یکسان باشد، ولی نرخ غوطه وری در ستون آب می‌تواند به طور قابل توجهی متفاوت باشد. به علاوه ترکیب رنگدانه‌ها می‌تواند فاکتور تعیین کننده تولید کل در جمعیت فیتوپلانکتون‌ها باشد، همانطور که این عامل، تنظیم کننده اولیه بازده فتوسنتزی سلول‌های جلبکی باتوجه به دریافت کربن از زیستگاه‌های آبی می‌باشد. بنابراین یک محاسبه محض از تعداد سلول با شناسایی نادرست از تاکسون‌های فیتوپلانکتونی نمی‌تواند نماینده واقعی از ترکیب جمعیتی فیتوپلانکتون در یک سطح خاص باشد. بنابراین تعداد سلول، برای ما اطلاعاتی در مورد فراوانی و تراکم تاکسون خاصی در جمعیت فیتوپلانکتونی را فراهم می‌کند.

4-2-2- روش رسوب گذاری Utermohl برای شمارش های سلولی

نمونه های فیتوپلانکتونی جمع آوری شده در محلول لوگل نگهداری می‌شوند، بنابراین سنگین تر می‌شوند و رسوب گذاری آنها راحت تر انجام می‌شود. در این روش یک لوله ی شیشه ای با طول معین انتخاب شده و یک انتهای آن با یک پوشش بزرگ که توسط چسب ضد آب روکش شده، محکم بسته

1. Stoke's law

شده است (شکل 4-5). یک حجم مشخص از نمونه های نگهداری شده در این محفظه ها¹ ریخته و به آنها اجازه داده می شود تا در طول شب ته نشین شوند. به محض اینکه فیتوپلانکتون ها در کف لوله، یعنی بر روی پوشش، ته نشین شدند، بلافاصله در زیر میکروسکپ معکوس² برای شمارش تاکسون های فیتوپلانکتونی مشاهده می شود. این عمل با به کار گیری عدسی چشمی میکرومتر که توسط لام میکرومتر استاندارد سازی شده است، انجام می شود. این تکنیک اندازه گیری، اجازه تخمین تعداد سلول های فیتوپلانکتونی در یک منطقه ی خاصی از محفظه رسوب گذاری که لامل می پوشاند را می دهد. باید احتیاط کرد که تمامی میدان های دید موجود، شمارش شوند.



شکل 4-5 یک نمونه معمول از لوله رسوب گذاری Utermohl (تصویر ارائه شده از:

www.aquaticresearch.com)

4-2-3- حجم زیستی

حجم زیستی سلولی مربوط به یک تاکسون خاص به عنوان یک گروه فیلوژنتیکی، مدت زمان زیادی است که به عنوان یک پارامتر مهم در تعیین ترکیب گونه ای جمعیت های پلانکتونی در سطح یک گونه-ی منفرد استفاده می شود. حجم زیستی ریز جلبک ها معمولاً برای ارزیابی فراوانی نسبی (زیست توده یا کربن) از حضور همزمان جلبک های متنوع در شکل و اندازه محاسبه می شود. این مورد اساساً به علت

1. chambers
2. inverted microscope

تنوع بالای شکل و اندازه در سلول‌های جلبکی است که از پروکلروفیت‌های^۱ پیکوپلانکتونی تا دیاتومه‌هایی با قطر بیش از یک میلی‌متر متغیر است (Reynolds 1984). در جمعیت‌های فیتوپلانکتونی مختلط طبیعی، تعداد زیادی از گونه‌های ریز، ممکن است عملاً تنها بخش کوچکی از زیست‌توده کل را تشکیل دهند. گونه‌های دیگر که اندازه‌ی بزرگتر و فراوانی کمتری در تعداد دارند ممکن است در زیست‌توده کل فراوان تر باشند بنابراین تعیین تعداد سلول‌ها، اغلب برای اندازه‌گیری زیست‌توده نسبی جلبک، نامناسب است (Smayda 1978; Wetzel and Likens 1991). حجم زیستی اغلب برای تبدیل تعداد سلول به معادل‌های کربنی به منظور تخمین جریان‌ات کربن آلی در جوامع آبی می‌باشد. محاسبه کربن فیتوپلانکتون از حجم زیستی، خطای مربوط به ذرات ریز معلق^۲ موجود در ذرات کربن آلی را حذف می‌کند (Montagnes et al. 1994). اگرچه زیست‌شناسان پلانکتون در سراسر جهان نیاز به تخمین حجم زیستی را درک کرده بودند، ولی هنوز فرمول یا محاسبات استاندارد پیشنهاد نشده بود. پس از آن فرمول‌ها، با نظر دانشمندانی که بر روی جمعیت‌های مختلف کار می‌کردند، بیشتر توسعه یافتند (Rott, 1981).

مشکل خاصی که بیشتر انتظار می‌رفت، برای جنس‌هایی با شکل‌های پیچیده مانند دینوفلاژله‌ها، دیاتومه‌ها و دسمیدها^۳ بود. دانشمندانی مانند کووالا^۴ و لارانس^۵ (1966)، یک روش دقیق ولی پیچیده بیان کردند، در مقابل، ادلر^۶ (1979) روش‌های نسبتاً ساده‌ای را به کار بست که ممکن بود با توجه به شکل سلول دقت بالایی نداشته باشند (Hillebrand et al. 1999). در سال‌های اخیر، بیشتر روش‌های پیشرفته‌ای مانند شمارش الکترونیکی ذرات^۷ (Boyd and Johnson 1995)، فلوسیتومتری^۸ (Steen 1990)، آنالیز تصاویر میکروسکوپی^۹ (Krambeck et al. 1981; Estep et al. 1986) و سیستم‌های ترکیبی (Sieracki et al. 1998) به منظور اندازه‌گیری حجم زیستی سلول فیتوپلانکتون‌ها، به کار گرفته شده است. با این حال، موانع مختلف و تجهیزات گران قیمت، این اجازه را

-
1. prochlorophytes
 2. detrital particulate matter
 3. Desmids
 4. Koval
 5. Larrance
 6. Edler
 7. electronic particle counting
 8. flow cytometry
 9. analysis

به ما نمی‌دهد که تنها یک روش که دقیق‌ترین روش برای اندازه‌گیری حجم زیستی سلولی باشد را معرفی کنیم.

روش فلوسیتومتری به گروه‌هایی که به راحتی قابل تشخیص‌اند (یعنی جلبک‌هایی از رده‌های مختلف یا دارای ترکیبات رنگدانه‌ای متفاوت) محدود می‌شود. این روش اغلب در مورد نمونه‌های کفزی که بیشتر اوقات چسبیده و آغشته به ذرات رسوبی هستند، نتایج اشتباه در بردارد. روش تجزیه و تحلیل تصاویر به واسطه کامپیوتر^۱ برای سیستم‌های باکتریایی قابل اجرا است (Psenner 1993)، که در آن وضوح طبقه‌بندی ناکافی می‌باشد.

علاوه بر این برای اندازه‌گیری‌های درست، این روش‌ها زمان‌بر هستند و به اندازه‌گیری‌های مستقیم میکروسکوپی وابسته می‌باشند (cf Krambeck et al 1981). اخیراً سیراکی^۲ و همکاران (1998) یک سیستم آنالیزی جاری^۳ جدید برای نمونه‌های پلانکتون پیشنهاد کردند. ولی این سیستم به همان اندازه، اطلاعات تاکسونومی را از بین می‌برد. هیلبرند^۴ و همکاران (1999) ضمن مطالعات خود یک روش بسیار قطعی برای تعیین حجم زیستی بر پایه اشکال هندسی سلول‌های جلبکی پیشنهاد کردند. یک گروه استاندارد از 20 طرح هندسی بر پایه ریخت‌شناسی سلول‌های مختلف ریزجلبکی طراحی شد. این روش پیشنهاد کرد که حجم زیستی سلول‌ها باید براساس یک سلول منفرد محاسبه شوند حتی اشکال سنوبیال^۵، کلنی و رشته‌ای. در این کار یک لیست جامع از تاکسون‌های جلبکی منحصر به فرد، متعلق به گروه‌های فیلوژنتیکی متفاوت، آماده شد و به هر تاکسون یک شکل ویژه داده شد. بر این اساس برای هر شکل، یک فرمول ویژه جهت اندازه‌گیری حجم زیستی (V)، توصیه شد. اخیراً، این مجموعه از فرمول‌ها به عنوان روش‌های بسیار تصدیق شده جهت اندازه‌گیری حجم زیستی سلول‌ها در سرتاسر جهان، پذیرفته شده است (جدول 4-2).

-
1. Computer-mediated image analysis technique
 2. Sieracki
 3. flow-through analyzing system
 4. Hillebrand
 5. coenobial

جدول 2-4 اشکال هندسی و معادلاتی برای محاسبه‌ی حجم زیستی آن‌ها (Hillebrand and et al 1999)

معادله	شکل
$V = 4/3 \pi \cdot r^3 = \pi/6 \cdot d^3$	1. کروی
$V = \pi/6 \cdot d^2 \cdot h$	2. اسفروئید کشیده شده (شبه کره‌ی کشیده)
$V = \pi/6 \cdot a \cdot b \cdot h$	3. بیضوی
$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi/4 \cdot d^2 \cdot h$	4. استوانه‌ای شکل
$V = \pi r^2 \cdot h + 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 = \pi \cdot d^2 \cdot (h/4 + d/6)$	5. استوانه‌ای شکل + نیم کره
$V = \pi/4 \cdot d^2 \cdot h + 2 \cdot \pi/12 \cdot d^2 \cdot z = \pi/4 \cdot d^2 \cdot (h + z/2)$	6. استوانه‌ای شکل + مخروط
$V = 1/3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot z = \pi/12 \cdot d^2 \cdot z$	7. مخروطی شکل
$V = 2/3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot z = \pi/6 \cdot d^2 \cdot z$	8. دو مخروطی
$V = 1/3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot z + 1/2 \cdot 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 = \pi/12 \cdot d^2 \cdot (z + d)$	9. مخروطی شکل + نیم کره
$V = a \cdot b \cdot c$	10. مکعب مستطیل
$V = \pi/4 \cdot a \cdot b \cdot c$	11. منشوری شکل با پایه‌ی بیضوی
مثل فرمول قبلی، فقط در اینجا میانگین c در نظر گرفته می‌شود.	12. پایه‌ی بیضوی با انقباض‌های عرضی
$V = 1/2 \cdot a \cdot b \cdot c$	13. منشور با پایه‌ی متوازی-الاضلاع
$V = 1/2 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot a \cdot 2b \cdot c = \pi/4 \cdot a \cdot b \cdot c$	14. منشور نیم-بیضوی
$V = 1/4 \cdot \pi \cdot c \cdot (a \cdot b - a_2 - b_2)$	15. منشور داسی شکل
$V = d^2 / 4 \cdot \left\{ \frac{(2b - d + a) \cdot \pi^2}{12} + \frac{(2b - d + a)}{2} \right\}$	16. Monoraphidioid
$V = 4/6 \pi \cdot b^2 \cdot a \cdot \beta / 360$	17. Cymbelloid
$V = 1/2 \cdot l \cdot m \cdot h$	18. منشور با پایه‌ی مثلثی
$V = 1/3 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot h$	19. هرمی شکل
$V = \pi/4 \cdot c \cdot (a \cdot b + i^2)$	20. منشور بیضوی با تورم فوقانی

V نشانه‌ی حجم، r شعاع، d قطر، h ارتفاع، a محور طولی (طول)، b محور عرضی (عرض)، c محور عمودی (ارتفاع)،
 z ارتفاع مخروط، l طول یک سمت (اگر l_1 و l_2 طول جوانب و نامساوی باشند)، m ارتفاع مثلث، β زاویه‌ی بین دو
سمت فوقانی و تحتانی و $\hat{\alpha}$ قطر ناحیه‌ی متورم

4-2-4- کلروفیل و پیگمان‌های نوری

فیتوپلانکتون‌ها شاید مهم‌ترین اجزای اکوسیستم‌های دریایی باشند که تقریباً تمام انرژی مصرف شده توسط اکوسیستم را به دام می‌اندازند. در نتیجه تخمین زیست‌توده فیتوپلانکتونی با توجه به مقدار کربن جلبکی اهمیت زیادی دارد. متأسفانه این تخمین‌ها اغلب به دلیل تنوع اندازه تاکسون‌های فیتوپلانکتونی بسیار سخت هستند. براین اساس این تخمین‌ها از پارامترهای دیگری که نیازمند محاسبات فراوان و یا استفاده از فاکتورهای تغییردهنده‌ی غیر دقیق هستند، ساخته شده‌اند (Geider et al. 1997). اندازه‌گیری غلظت‌های رنگدانه‌ای، برای تخمین زیست‌توده جلبک‌ها به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود (Smayda 1978). کلروفیل a در تمام موجودات زنده فتوسنتزکننده مشترک است، بعلاوه، این کلروفیل غالب‌ترین رنگدانه فتوسنتز کننده می‌باشد که اندازه‌گیری کمی آن نسبتاً سریع و آسان می‌باشد. در نتیجه از غلظت آن برای تخمین زیست‌توده فیتوپلانکتون‌ها، به‌طور گسترده استفاده می‌شود. در حال حاضر تکنیک‌های مختلفی برای اینکار وجود دارد که درجات مختلفی از دقت را به همراه دارند.

به هر حال، نسبت کلروفیل a به کربن سلول، وابسته به فاکتورهای داخلی و خارجی مثل ترکیب تاکسونومیک فیتوپلانکتون‌ها، شرایط فیزیولوژیکی سلولی، دما، غلظت مواد مغذی و شدت نور می‌باشد (Reynolds 1984). رابطه‌ی بین کلروفیل a و حجم زیستی فیتوپلانکتون به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است (Kalchev et al. 1996) و هر دو رابطه خطی و آلومتری بین این پارامترها دیده شده است (Tolstoy 1977; 1981 Desortová). تغییرات فضایی و زمانی بین کلروفیل و حجم زیستی به میزان زیادی به ترکیب تاکسونومیک جمعیت‌های پلانکتونی وابسته است، مانند اشکال زندگی گروه‌های غالب و میانگین اندازه سلولی آن‌ها. فاکتورهای محیطی مانند تغییرات در شدت نور قابل دسترس، بار مواد مغذی یا غالبیت گونه‌ای، پارامترهای دیگری هستند که می‌توانند بر روی حداکثر میزان کلروفیل در اکوسیستم‌های طبیعی آبی تأثیر گذار باشند.

در گذشته روش‌های فلورومتری^۱ به‌طور گسترده برای آنالیز کمی کلروفیل a و فتوپیگمنت‌ها^۲ استفاده می‌شد. هر چند وجود کلروفیل b و کلروفیل c سبب ایجاد نتایج اشتباه می‌شد. به‌طور کلی مقدار کلروفیل b در سطح آب زیاد نیست و غلظت آن نصف غلظت کلروفیل a در ناحیهٔ حداکثری کلروفیلی می‌باشد که سبب می‌شود غلظت کلروفیل a کمتر و غلظت فتوپیگمنت‌ها بیشتر از حد تخمین زده شود. دی وینیل کلروفیل^۳ نیز در چنین تخمین نادرستی محاسبه می‌شود. بنابراین، نمونه‌های طبیعی آب جمع‌آوری و توسط فیلترهای خاص فیلتر می‌شوند و با استفاده از حلال‌های مختلف عصاره‌گیری می‌شود و جذب آن‌ها در طول موج‌های 450-700 نانومتر خوانده می‌شود. فرمول‌های مختلفی جهت تخمین اجزای مختلف کلروفیل، از نمونه‌های فیتوپلانکتونی طبیعی توسعه یافته‌اند. برخی از شناخته شده‌ترین روش‌ها در پایین توضیح داده شده است.

1-4-2-4 فرمول اندازه‌گیری کلروفیل (عصاره‌گیری با 90 درصد استون)

$$\text{Chl } a \left[\text{mg m}^{-3} \right] = (11.85 D_{663-665} - 1.54 D_{647} - 0.08 D_{630}) v l^{-1} V^{-1}$$

D: جذب در طول موجی که به‌وسیله اندیس زیرین نشان داده شده است، بعد از تصحیح سلول با سلول شاهد^۴ و کاهش جذب سلول با جذب اصلاح شده سلول شاهد، در طول موج 750 نانومتر.

V: حجم ستون

l: طول سلول (کووت)

V: حجم آب فیلتر شده

Chlorophyll b

$$\text{Chl } b \left[\text{mg m}^{-3} \right] = (-5.43 D_{663-665} + 21.03 D_{647} - 2.66 D_{630}) v l^{-1} V^{-1}$$

-
1. fluorometric method
 2. phaeopigments
 3. Divinyl chlorophyll
 4. the cell-to-cell blank

D: جذب در طول موجی که به وسیله اندیس زیرین نشان داده شده است، بعد از تصحیح سلول با سلول شاهد و کاهش جذب سلول با جذب اصلاح شده سلول شاهد، در طول موج 750 نانومتر.

V: حجم ستون

l: طول سلول (کووت)

V: حجم آب فیلترشده

Chlorophyll c

$$\text{Chl } c \left[\text{mg m}^{-3} \right] = (-1.67 D_{663-665} - 7.6 D_{647} + 24.52 D_{630}) v \text{ l}^{-1} \text{ V}^{-1}$$

D: جذب در طول موجی که به وسیله اندیس زیرین نشان داده شده است، بعد از تصحیح سلول با سلول شاهد و کاهش جذب سلول با جذب اصلاح شده سلول شاهد، در طول موج 750 نانومتر.

V: حجم ستون

l: طول سلول (کووت)

V: حجم آب فیلترشده

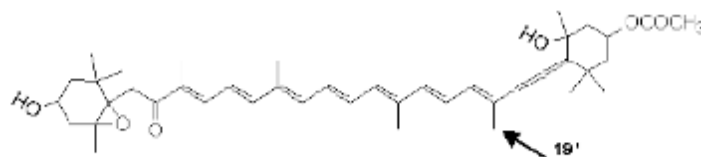
همانطور که قبلاً گفته شد، دخالت فتوپیگمنت‌ها و سایر اجزای‌های کلروفیل، اغلب می‌تواند ارزیابی را دچار اشتباه کند. از این رو اخیراً رویکرد متفاوتی برای اندازه‌گیری کلروفیل a، لحاظ می‌شود که در آن پس از تخمین کلروفیل a، تمام بخش را در معرض اسید قرار می‌دهند که کل کلروفیل به فتوپیگمنت‌ها تبدیل شوند. سپس براساس روش‌های فلورومتری میزان فتوپیگمنت‌ها خوانده می‌شود و هر دو مقدار با اعمال ضریب تصحیح تاثیر تداخل فتوپیگمنت‌ها، برای محاسبه در نظر گرفته می‌شوند (Holm-Hansen and Riemann 1978; Herbland et al. 1985). اخیراً آنالیز رنگدانه‌ها محدود به کلروفیل نمی‌شود و سایر رنگدانه‌ها نیز به عنوان نماینده‌ای برای برآورد زیست‌توده با توجه به ترکیب گونه‌ای تجزیه و تحلیل می‌شوند. این روش به عنوان کموتاکسونومی^۱ در نظر گرفته شده است که رنگدانه‌های کمکی فتوسنتزی یک کلاس خاص، (PAPs) با روش HPLC تخمین زده می‌شود. به عنوان مثال کلروفیل b (در جلبک‌های سبز)، فوکوزانتین^۲ به همراه کلروفیل c (در Chrysophytes، دیاتومه‌ها و وابستگان آنها)، ژیروزانتین دی استر^۳ (در نمونه *Karenia brevis*

-
1. Chemotaxonemi
 2. fucoxanthin
 3. gyroxanthin-diester

در کشند قرمز فلوریدا)، پریدینین^۱ (در دینوفلاژله‌ها) و دی‌وینیل کلروفیل‌های a و b (در پروکلروفیت-ها).

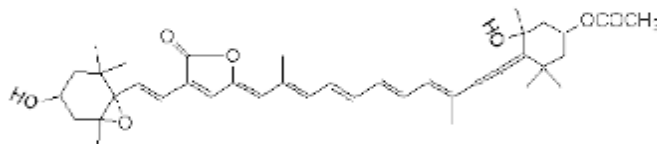
به علاوه تعداد زیادی رنگدانه‌های محافظ نور مخصوص تاکسونی^۲ یا (abundant, 'zea') (PPPs) هم وجود دارد از جمله: زازانتین در سیانوباکتری‌ها، میکسوزانتوفیل^۳ در سیانوباکتری‌ها، کتوکاروتنوئیدها^۴ (در cyanobacteria و canthaxanthin, echinenone)، لوتئین^۵ (در Chlorophytes) و آلوزانتین^۶ (در Cryptophytes) که بخوبی اندازه‌گیری می‌شوند (شکل 4-6).

Zeaxanthin (cyanobacteria and a 'bit' in Chlorophytes)

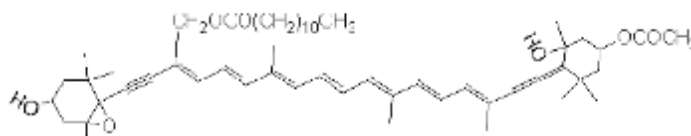


Fucoxanthin (Chrysophytes)

19'-butanoyloxy- and 19'-hexanoyloxy-fucoxanthins (pymnesiophytes)



Peridinin (Pyrrhophyta, Dinoflagellates)



Gyroxanthin diester (Florida Red Tide, *Karenia brevis*; Pyrrhophyta)

شکل 4-6 کاروتنوئیدهای نشانگر زیستی کموتاکسونومی منتخب

1. Pridinin
2. taxon-specific photoprotectorant pigments
3. myxoxanthophyll
4. keto-carotenoids
5. lutein
6. alloxanthin

کمو تاکسونومی بر پایه رنگدانه، توجه فزاینده‌ای را در تحقیقات سریع فضایی - زمانی جوامع ریز جلبکی از جمله توزیع فیتوپلانکتونی در دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها، به دست آورد. تعیین ارتباط عددی بین رنگدانه نشانگر و کلروفیل **a** (نشانگر زیست توده) امکان پذیر است. درصد ترکیب یک جامعه به وسیله فراوانی نسبی کلروفیل **a** ویژه‌ی تاکسون قابل اندازه گیری است. کمو تاکسونومی بر پایه رنگدانه‌ها می‌تواند در اکوسیستم های بزرگ و برنامه های نظارتی بسیار مفید و مقرون به صرفه باشد. اخیراً استفاده از برنامه ی کامپیوتری CHEMTAX در حال اجرا است، در این برنامه داده های حاصل از HPLC برای رنگدانه- های نوری مختص رده، برای تعیین کمی ترکیب گونه ای جمعیت فیتوپلانکتون‌ها استفاده می‌شود. با اینکه این برنامه یک برنامه‌ی خوش ساخت است، اما نمی‌تواند به عنوان جایگزین برای شناسایی تاکسونومی و تخمین حجم زیستی یا شمارش سلول باشد. اشکال روش کمو تاکسونومی این است که فقط برای سطح رده یا شاخه قابل استفاده است و نمی‌تواند برای سطح مختص تاکسون اعمال شود. از این رو ارزیابی تنوع بر اساس استفاده از شاخص های زیستی نمی‌تواند در این نوع از تحقیقات ترکیب جامعه مورد بررسی قرار گیرد.

4-3- شاخص تنوع گونه‌ای^۱

شاخص تنوع گونه‌ای یک شاخص آماری است که فراوانی گونه‌ها را در یک جمعیت مشخص نشان می‌دهد و به طور واضح اشاره می‌کند جمعیتی که تعداد بیشتری از تاکسون‌ها را دارد، شاخص تنوع بالاتری نیز در مقایسه با سایر جمعیت‌ها دارد که در آنها تعداد افراد هر گونه ممکن است مشابه باشد، ولی تعداد کل تاکسون‌ها یا گونه‌ها در مقایسه با جمعیت قبلی دارای موجودات مشابه، کمتر است. شاخص‌های تنوع که معمولاً استفاده می‌شود، تغییرات ساده تعداد مؤثر گونه یا تاکسون هستند، ولی هر شاخص تنوع نیز می‌تواند به عنوان یک معیار مربوط به برخی از پدیده‌های واقعی تفسیر شود. شاخص شانون وینر^۲ یکی از معمول‌ترین شاخص های تنوع در مقالات بوم‌شناسی می‌باشد که تحت عناوین شاخص تنوع شانون^۳، شاخص شانون-وینر^۴، شاخص شانون ویور^۵ یا انتروپی شانون^۶ و غیره نیز شناخته می‌شود. این مقیاس در

-
1. Species diversity index
 2. Shannon-Weiner's Index
 3. Shannon-diversity index
 4. Shannon-Wiener index
 5. Shannon-Weaver index
 6. Shannon entropy

اصل توسط کلود شانون^۱ برای کمی کردن انتروپی (عدم قطعیت یا محتوای اطلاعات) در رشته‌های درسی پیشنهاد شد.

عقیده بر این است که هر چه حروف متفاوت‌تر و تشابه فراوانی نسبی آن‌ها در رشته مورد نظر بیشتر باشد، مشکل‌تر می‌توان به صورت صحیح پیش‌بینی کرد که چه حرفی در رشته در جای بعدی قرار می‌گیرد. انتروپی شانون عدم قطعیت (انتروپی یا درجه‌ی سورپرایز) مرتبط با این پیش‌بینی را اندازه‌گیری می‌کند. انتروپی شانون از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$H' = -\sum_{i=1}^R p_i \log p_i$$

در اینجا p_i می‌تواند به صورت n_i/N ارائه شود که n_i تعداد افراد گونه i ام در جمعیت و N تعداد کل افراد همه گونه‌هایی است که در جمعیت گزارش شده است. در اکولوژی، p_i اغلب نسبت افراد متعلق به گونه i ام در مجموع داده‌ها می‌باشد. پس انتروپی شانون عدم قطعیت در پیش‌بینی هویت گونه‌ای یک فردی که به صورت تصادفی از گروه داده‌ها گرفته شده است را تعیین می‌کند.

پایه لگاریتمی برای اندازه‌گیری شانون می‌تواند آزادانه انتخاب شود. شانون خود لگاریتم را در پایه 2، 10 و e مطرح کرد که هریک به واحدهای اندازه‌گیری مختلف مربوط می‌شوند که به ترتیب بر پایه 2، 10 و e ، رقم‌های دوتایی^۲ (bits)، رقم‌های اعشاری^۳ (decits) و رقم‌های طبیعی^۴ (nats) نامیده شده‌اند. شاخص سیمسون برای اندازه‌گیری میزان تمرکز به کار می‌رود، زمانی که افراد به چند نوع تقسیم می‌شوند. این اندازه‌گیری برابر با احتمال این است که دو واحد که به طور تصادفی از مجموعه داده‌های مورد نظر گرفته می‌شوند، یک نوع را نشان می‌دهند.

$$\lambda = \sum_{i=1}^R p_i^2$$

این همچنین برابر با میانگین محاسبه وزنی از فراوانی نسبی p_i از انواع مورد نظر است که خود فراوانی‌های نسبی به‌عنوان وزن استفاده شده است. براساس تعریف، فراوانی‌های نسبی باید مقادیری بین صفر و یک باشد، اما میانگین محاسبه وزنی و از آنجا λ هرگز نمی‌تواند کوچکتر از

-
1. Claud-Shannon
 2. Double digits
 3. Decimal digits
 4. Natural varieties

1/S باشد که این امر هنگامی که همه‌ی انواع، فراوانی برابری داشته باشند، قابل دستیابی است. از آنجایی که میانگین فراوانی نسبی انواع، با کاهش تعداد انواع و افزایش فراوانی غالب‌ترین نوع، افزایش میابد، λ در دسته‌ای از داده‌ها با تنوع بسیار، مقدار کمی خواهد داشت و در دسته‌ای از داده‌ها که تنوع کمتری دارند، مقدار زیادی دارد. از شاخص‌های مشهور دیگر شاخص سیمپسون معکوس^۱ ($1/\lambda$) و شاخص جینی-سیمپسون^۲ ($1-\lambda$) می‌باشد. هر دوی این دو شاخص‌ها را در تحقیقات بوم‌شناختی شاخص‌های سیمپسون هم می‌نامند. لذا باید دقت شود که اگر آنها مشابه باشند، تصادفاً و به اشتباه شاخص‌های متفاوت را با هم مقایسه نکنیم.

4-3-1- یکنواختی گونه‌ها

یکنواختی گونه‌ها به این معنی است که چقدر تعداد گونه‌ها در یک محیط به هم نزدیکند. از نظر ریاضی این مورد به‌عنوان شاخص تنوع تعریف می‌شود. یک روش اندازه‌گیری تنوع زیستی که تعیین می‌کند که جامعه از نظر عددی چقدر مشابه است. یکنواختی جامعه را می‌توان با شاخص هم‌ترازی پی‌یلو^۳ نشان داد:

$$j' = \frac{H'}{H'_{MAX}}$$

که در آن H' عددی است که از شاخص تنوع شانون مشتق شده و H'_{max} بیشترین مقدار H' است که برابر:

$$H_{max} = - \sum_{i=1}^s \frac{1}{s} \ln \frac{1}{s} = \ln s$$

j' بین صفر و یک قرار می‌گیرد. هر چه اختلاف جمعیتی بین گونه‌ها کمتر باشد مقدار j' بیشتر می‌شود. در نتیجه یکنواختی گونه‌ها فرصتی را فراهم می‌آورد تا سهم یک تاکسون منفرد را به کل جمعیت تعیین کنیم. یکنواختی زیاد گونه‌ها نشان می‌دهد که هر تاکسون در جمعیت تقریباً تعداد مشابه و برابری از افراد را در یک جمعیت دارد. این مسئله همچنین بر این تأکید دارد که زیستگاه جانداران با نیازها و استراتژی‌های متفاوتی از حیات، به جمعیت‌های مختلف اجازه‌ی تنوع‌زایی را می‌دهد. بالعکس یکنواختی اندک گونه‌ها نشان‌دهندگی این حقیقت است که سهم افراد یک تاکسون به کل جمعیت می‌تواند متفاوت باشد تا اطمینان حاصل شود که آن

-
1. Revers simpson index
 2. Ginny simpson index
 3. The uniformity of the species
 4. Pillow alignment index

زیستگاه برای تکثیر تاکسون‌های منتخب که شرایط محیطی مطلوب دارند مناسب می‌باشد. در نتیجه تحت شرایط شکوفایی، یکنواختی گونه‌ها حداقل مقدار را در دوره‌ای که یک گونه منفرد به نمایندگان تقریباً ناچیز سایر تاکسون‌ها غالب می‌شود، نشان می‌دهد.

4-3-2- غنای گونه‌ای

غنای گونه‌ای مقیاسی برای اندازه‌گیری تعداد گونه‌های مختلف حاضر در یک مجموعه یا مجموعه‌ای از افراد در یک جمعیت طبیعی است. غنای گونه‌ای به‌طور ساده به معنای تعداد گونه‌ها می‌باشد و به فراوانی گونه یا فراوانی نسبی و توزیع آن ربطی ندارد. هدف چنین محاسبه‌ای می‌تواند به حسب کمیت افراد مورد نظر متفاوت باشد. در نتیجه برای محاسبه صحیح غنای گونه‌ای، شناسایی افراد حایز اهمیت است. ناهمگونی زیستگاه^۲ دیگر فاکتور تعیین‌کننده در محاسبه غنای گونه‌ای است. اگر نمونه‌ها از زیست بوم‌های مختلف جمع‌آوری شوند، مجموع تعداد گونه‌ی جدید در هر زیست بوم در مقایسه با نمونه‌های جمع‌آوری شده از یک زیست بوم مشابه بیشتر خواهد بود. در نتیجه تنوع گونه‌ای و غنای آن بسیار به هم پیوسته‌اند و با این که به هم وابسته‌اند، شاخص تنوع گونه‌ای روش قابل قبول تری است، زیرا تعداد افراد هر گونه را هم در نظر می‌گیرد. در نتیجه در اینجا شاخص تنوع (H') طبق محاسبات جدول 4-3، 2/091923 است. یکنواختی گونه (J) 0/908 بوده و غنای گونه‌ها برابر 10 می‌باشد.

به‌تازگی مطالعات انجام شده روی پلانکتون فقط به آنالیزهای ریخت‌شناختی محدود نشده است، بلکه آنالیزهای فیلوژنتیک مولکولی^۳ نیز توجه زیادی را به خود جلب کرده است. اکثر کارهایی که تاکنون در این زمینه انجام شده روی پیکویوکاریوت‌ها^۴ متمرکز شده است، زیرا آن‌ها زیرمیکروسکپ نوری به راحتی قابل تشخیص نیستند، به‌علاوه بسیاری از گروه‌های مختلف دانشمندان اظهار کرده‌اند که به خاطر نسبت سطح به حجم اندک این پلانکتون‌ها آن‌ها این قابلیت را دارند که شناور بمانند، به همین خاطر بهره‌فتوسنتزی بالاتری خواهد داشت. علاوه بر این نتایج تحقیقات انجام شده در سراسر جهان نشان داده‌اند که در آب‌های کم تولید، اغلب جمعیت پلانکتون‌ها را پیکویوکاریوت‌ها تشکیل می‌دهند. در نتیجه مطالعه روی ترکیب جمعیت بر اساس تحقیقات مولکولی روشی مطلوب است. بسیاری از تحقیقات موجود بر روی

-
1. The richness of the species
 2. heterogeneous habitat
 3. molecular phylogenetic analyses
 4. Pico eukaryote

ژن 18s rRNA برای تجزیه و تحلیل جامعه متمرکز شده است که به علت ماهیت شدیداً محافظت شده آن‌ها از طریق دوره تکاملی^۱ با تحقیقات انجام شده در بخش استوایی اقیانوس آرام (Staay et al. 2001)، آب‌های قطب جنوب (Lo'pez-Garci'a et al. 2001) و دریای مدیترانه و دریای اسکوتی^۲ و همین‌طور اقیانوس اطلس شمالی (Di'ez et al. 2001.) بوده است. استفاده از توالی ژن هدف برای انالیز مولکولی فقط به ژن‌های 18S rRNA محدود نشده است، بلکه سایر توالی‌ها مانند ITS و rbcL نیز بررسی شده‌اند.

جدول 3-4 محاسبه برای شاخص های زیستی

گونه	تعداد افراد هر گونه (n_i)	$p_i (n_i/N)$	$p_i \ln p_i$
A	123	0.134	-0.26933
B	46	0.049	-0.14778
C	72	0.078	-0.198982
D	22	0.024	-0.089513
E	89	0.097	-0.226305
F	182	0.198	-0.32066
G	111	0.121	-0.255547
H	56	0.061	-0.170609
I	19	0.021	-0.081127
J	201	0.218	-0.33207
Total	921	1.001	-2.091923
$\text{غناي گونه ای} = -2.091923 / \ln(10) = -2.091923 / 2.302585 = 0.908$			

4-4- تجزیه و تحلیل چند متغیره

تحقیقات بسیاری در طول سال‌ها، در نهایت ثابت کردند که جمعیت پلانکتونی در زیست‌بوم‌های طبیعی فقط به یک پارامتر بستگی ندارد، بلکه ترکیبی از متغیرهای زیستی و غیرزیستی، دینامیک فضایی زمانی^۳ فیتوپلانکتون‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در نتیجه یک روش چند متغیره آماری باید استفاده شود که در آن روابط بینابینی میان متغیرهای زیستی و غیرزیستی را می‌توان در یک نمای گرافیکی نشان داد. جیمز و مک کولوک^۴ (1990) نیز اظهار داشتند که

1. evolutionary timescale
2. Scotia
3. Time space Dynamics
4. James and Macculloch

بدون دانش آنالیز چندمتغیره، امکان پذیر نیست که درک درستی از اکولوژی و سیستماتیک داشته باشیم. در نتیجه در اینجا ما سعی داریم بعضی از روش‌های چند متغیره معمول را که در حال حاضر برای مطالعه‌ی فیتوپلانکتون‌ها به کار می رود، تجزیه و تحلیل کنیم که این آماده سازی داده‌ها به ترتیب زیر می‌باشند.

4-4-1- آماده سازی مجموعه داده‌ها^۱

مجموعه داده‌های چند متغیره ابتدایی از جدولی از موضوعات به‌صورت ردیفی و متغیرهای اندازه‌گیری شده به صورت ستونی تشکیل شده است، مهم است که به درستی تشخیص دهیم که موارد و متغیرها کدام هستند. این تمایز میان موضوعات و متغیرها بسیار حائز اهمیت اند تا به درستی آنالیز چند متغیره را به انجام برسانیم. زیرا فرآیندهایی که روابط میان موضوعات و یا متغیرها را آنالیز می‌کنند، با هم متفاوت‌اند. فرض می‌شود که موضوعات مستقل و جدا هستند، در حالی که متغیرها در طول بازنمایی در یک آنالیز چندمتغیره، به یکدیگر وابسته و مرتبط هستند.

4-4-2- تبدیل داده‌ها

در جداول داده‌های چند متغیره، متغیرهای اندازه‌گیری شده می‌توانند جفتی^۲، کمی، کیفی^۳، رتبه‌ای^۴، رده‌ای^۵، فراوانی^۶ یا ترکیبی از این‌ها باشد. اگر متغیرها در بازه‌های متفاوت اندازه‌گیری شود، در آن صورت واحدهای اندازه‌گیری متغیرها (مثل پارامترهای محیطی) باید پیش از انجام آنالیزهای بعدی به فرمت مناسب تبدیل شود. این تبدیلات به توسعه‌ی مقادیر عددی زاید^۸ برای مقادیر اصلی متغیرهای کیفی که متعاقباً در فرآیندهای چند متغیره استفاده می شوند، کمک می‌کند.

تبدیل داده‌ها را می‌توان در دو گروه اصلی دسته‌بندی کرد:

-
1. preparing the datasets
 2. Convert data
 3. Pairs
 4. Qualitative
 5. Ratings
 6. category
 7. abundance
 8. dummy

- استانداردسازی^۱ روشی است که اساساً برای به حداقل رساندن اثر تفاوت مقدار با توجه به مقیاس‌ها یا واحدها استفاده می‌شود. این نوع از تبدیل اساساً برای پارامترهای محیطی که در آن بازه و مقیاس اندازه‌گیری معمولاً باهم متفاوت‌اند، استفاده می‌شود. یکی از روش‌های معمول برای انجام، تبدیل Z-score به مقادیر هر متغیر می‌باشد. برای هر متغیر، از موارد زیر تشکیل شده است:

1. محاسبه اختلاف بین مقادیر اصلی و میانگین متغیر (یعنی مرکزگیری^۲)

2. تقسیم این اختلاف بر انحراف استاندارد^۳ متغیر

- تبدیل‌های نرمال‌سازی^۴ معمولاً برای تصحیح توزیع شکل متغیرهای خاصی که از توزیع نرمال^۵ خارج می‌شوند، به کار می‌رود. این روش کمک می‌کند که واریانس‌های همگن‌تری برای متغیرهایی که امکان استفاده‌ی بهتر از روشهای چند منظوره^۶ را فراهم می‌آورد به دست آید. تبدیلات ریاضیاتی مختلف می‌توانند برای نرمال‌سازی مقادیر X از متغیرهایی مثل موارد زیر به کار رود:

-تبدیل $\arcsin(\sqrt{x})$ می‌تواند برای درصدها یا نسبت‌ها به کار رود.

$\text{Log}(x+c)$ برای متغیرهایی که شدیداً از توزیع نرمال فاصله می‌گیرند.

$\sqrt{x+c}$ که در آن C ثابتی است که عموماً برای جلوگیری از محاسبات نامشخص ریاضیاتی، اضافه می‌شود. به طور کلی ثابت C انتخاب می‌شود، که کوچکترین مقدار غیر صفر به دست آید. این ثابت نیز باید همان اندازه متغیر باشد (Legendre and Legendre 1998). برای محاسبات ترکیب جامعه (حضور، عدم حضور و فراوانی)، داده‌ها حاوی صفرهای بسیار است که برای آنالیز با روش‌های خطی مناسب می‌باشد، تبدیل هلینگر^۷ روش مطلوبی برای به دست آوردن نتایج خوب از آنالیز چند متغیره می‌باشد (Legendre and Gallagher)

-
1. Standard
 2. centring
 3. The standard deviation
 4. Normalization
 5. Normal distribution
 6. Multi-functional methods
 7. Halleirger

(2001). این تبدیلات در نمونه گیری هایی که به صورت تصادفی و بدون هیچ الگوی مشخصی داده‌ها را جمع آوری و کندوکاو می‌کنند، اهمیت دارند.

4-4-3- تجزیه و تحلیل اکتشافی^۱

روش‌های اکتشافی چند متغیره برای درک الگوهای خاص در مجموعه داده‌ها به کار برده می‌شوند و توضیح احتمالی این الگوها در مجموعه داده‌ها منحصراً به نظر فنی محققى که این روش‌ها را به کار می‌برد، بستگی دارد. بنابراین باید به روش‌های تحول داده و همچنین انتخاب روش چند متغیره خاصی که محقق برای به دست آوردن نتایج مطلوب به کار می‌برد، باید توجه شود.

4-4-3-1- آنالیز خوشه‌ای^۲ و ضریب پیوستگی^۳

هدف اصلی آنالیز خوشه‌ای، گروه‌بندی موضوعات بر اساس تفاوت‌ها در گروهی از متغیرهاست. به عبارت دیگر، آنالیز خوشه‌ای زمان تنوع بین گروهی به حداکثر و در هنگام تنوع درون گروهی به حداقل می‌رسد تا ابعاد مجموعه داده‌ها به چند گروه و ردیف کاهش یابد (James Legendre and Legendre 1998; and McCulloch 1990). آنالیز خوشه‌ای اساساً برای مطالعات تنوع میکروبی یا تعیین تفاوت بین توالی‌های DNA و آمینو اسید در گروه‌های مختلف نمونه‌ها به کار می‌رود. آنالیز خوشه‌ای جدول داده‌ها معمولاً در دو مرحله انجام می‌شود. نخست باید یک ضریب همبستگی ویژه بر اساس این که کدام ماتریکس تشابه یا عدم تشابه باید بسط داده شود، انتخاب شود. در مرحله دوم مجموعه داده‌های موجود طبق آن آنالیز می‌شود و ماتریکس محاسبه شده یا به صورت یک درخت افقی (خوشه سازی سلسله مراتبی^۴)، یا به صورت گروه‌های جداگانه‌ای از موارد (خوشه بندی^۵ k -means)، نشان داده می‌شوند. انتخاب ضرایب همبستگی^۶ معنا دار مناسب و اکولوژیکی اهمیت بسزایی دارد، زیرا به طور مستقیم روی مقادیری که متعاقباً برای دسته بندی موارد استفاده می‌شود، تأثیر می‌گذارند.

-
1. exploration analysis
 2. Cluster analysis
 3. Coherency coefficient
 4. Hierarchical clustering
 5. Clustering
 6. association coefficients

4-4-3-2- آنالیز اجزای اصلی^۱ (PCA)

PCA برای تعداد زیادی از مجموعه داده‌های فنوتیپی^۲ و ژنوتیپی^۳ (مثل الگوی اثر انگشت^۴) به کار گرفته شده است و یکی از محبوب ترین آنالیزهای اکتشافی محسوب می‌شود. روش PCA اساساً متغیرهای جدید ترکیبی (اجزای اصلی) را که ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی هستند، محاسبه می‌کند. هدف، نشان دادن موارد (ردیف‌ها^۵) و متغیرهای (ستون‌ها^۶) مجموعه داده‌ها در سیستم جدیدی از مختصات (معمولاً روی 2 یا 3 محور^۷ یا بعد^۸) است، جایی که در آن حداکثر مقدار تغییرات را نسبت به داده‌های اصلی (اولیه) می‌توان نمایش داد. طرح PCA را می‌توان بر اساس ماتریکس واریانس-کوواریانس^۹ و یا بر اساس ماتریکس همبستگی^{۱۰} رسم کرد. رویکرد اول هنگامی به کار می‌رود که واحدها یا انواع داده‌ها مشابه استفاده شوند (مثلاً فراوانی گونه‌های مختلف). سپس، هدف حفظ و نشان دادن موقعیت نسبی موارد و اندازه تنوع بین متغیرها در فضای کاهش یافته است. PCA بر اساس ماتریکس همبستگی وقتی به کار می‌رود که متغیرها با واحدها یا مقیاس‌های مختلفی اندازه‌گیری شوند (مثل پارامترهای محیطی مختلف). دو رویکرد منجر به اجزای اصلی متفاوت و فاصله‌های مختلفی بین اجزای پیش بینی شده در دسته‌بندی می‌شود. از این رو پیش بینی روابط باید با دقت فراوان انجام شود. درواقع برای ماتریکس‌های همبستگی، متغیرها ابتدا باید استاندارد سازی شوند (یعنی از مقیاس اصلی خودشان مستقل شوند) و به همین ترتیب فاصله میان اجزا نیز از مقیاس متغیرهای اصلی مستقل می‌شوند. در نتیجه تمام متغیرها صرف‌نظر از واریانس اولیه خود به یک میزان در دسته‌بندی اجزا دخیل خواهند بود.

نتایج PCA عموماً به صورت یک نمودار دوتایی^{۱۱} نمایش داده می‌شوند (Jolicoeur and Mosimann 1960) که در آن محورها، مشابه سیستم‌های مختصاتی جدید هستند و هم نمونه‌ها (نقطه‌ها) و هم تاکسون‌ها (فلش‌ها) نشان داده می‌شوند. جهت فلش یک گونه بیشترین

-
1. Principal Component Analysis
 2. phenotype
 3. Genotype
 4. Fingerprint pattern
 5. Rows
 6. Columns
 7. axes
 8. Dimension
 9. variance-covariance matrix
 10. variance-covariance matrix
 11. biplot

تغییر را در فراوانی آن نشان می‌دهد. در مقابل، طول آن احتمالاً مربوط به نرخ تغییر می‌شود. بسته به این‌که کدام یک از نمودارهای دوتایی فاصله یا همبستگی انتخاب شوند، از روی ترتیب نمودار می‌توان پیش‌بینی‌های متفاوتی انجام داد. پیش‌بینی روابط بین نمونه‌ها و گونه‌ها متفاوت بوده و مستقیماً تحت تأثیر مقیاسی است که انتخاب می‌شود.

PCA وقتی موفقیت‌آمیز خواهد بود که بیشترین واریانس به بزرگ‌ترین جز مربوط می‌شود (به طور کلی دو یا سه مورد اول). مقدار واریانس مربوط به هر جز اصلی با «مقادیر ویژه»^۱ به دست می‌آید. درصد کل واریانس به بزرگ‌ترین جز نشان می‌دهد که چه نسبتی از واریانس کل با دسته بندی واقعی نشان داده شده است. مقادیر همبستگی مطلق^۲ بالا بین متغیرهای ترکیبی (ترکیبات اصلی) و متغیرهای اولیه برای شناسایی اینکه کدام متغیرها بیشتر در تغییر وتنوع مجموع داده‌ها دخیل‌اند، مفید می‌باشد و این اشاره به قرار گیری متغیرها روی یک محور تعیین شده دارد.

4-3-3-4- آنالیز ارتباط^۳ (CA)

به‌طور کلی CA در اکولوژی میکروبی، برای تعیین این‌که آیا الگوهای توزیع OTU میکروبی^۴ می‌توانند انعکاس‌دهنده تمایز در ترکیب جمعیت به‌عنوان تابعی از فصول، منشاء جغرافیایی یا ساختار خود زیست بوم، باشند، به کار می‌روند (Olapade et al. 2005; Edwards et al. 2006; Kent et al. 2007). هدف کلی این روش، مقایسه ارتباط بین نمونه‌ها و گونه‌های حاصل از جدول داده‌های شمارش شده (یا هر جدولی که از نظر بعد همگن باشد) و آرایه آن در فضایی با دسته بندی محدود شده (فضای مختلط کاهش یافته) می‌باشند (Hill 1974). جالب توجه است که CA به جای به حداکثر رساندن مقدار واریانس بیان شده با دسته بندی، ارتباط بین امتیاز گونه و امتیاز نمونه را افزایش می‌دهد. این تکنیک میان اکولوژیست‌ها محبوب است، زیرا هنگامی که گونه‌ها، ارتباطات یکنواخت را با شیب محیطی نشان می‌دهند، روش CA روش مناسبی خواهد بود.

1. eigenvalue

2. absolute correlation values

3. communication analysis

4. patterns in microbial OTU distribution

4-4-3-4- مقیاس چند بعدی غیرمتریک^۱ (NMDS)

NMDS عموماً در شناسایی شیب‌های زیرین و در ارائه روابط مبتنی بر انواع مختلف اندازه‌گیری از راه دور موثر است. الگوریتم NMDS فاصله میان اجسام را دسته‌بندی می‌کند و از این دسته‌بندی به منظور نمایش اجزا به صورت غیر خطی در یک فضای ساده‌ی دو بعدی^۲ استفاده می‌کند. به این ترتیب تفاوت دسته‌بندی (موقعیت) آن‌ها باقی می‌ماند نه فواصل اصلی (Shepard 1966). در دسته‌بندی NMDS نزدیکی بین اجسام به مشابَهت آن‌ها بستگی دارد، اما دسته‌بندی فواصل به فواصل اصلی بین اجسام ربطی ندارد. از آنجایی که NMDS ترتیب اجسام را حفظ می‌کند، محورهای دسته‌بندی NMDS را می‌توان دوباره آزادانه مقیاس‌بندی کرد، چرخاند یا برگرداند تا دید بهتر یا پیش‌بینی بهتری از آن حاصل شود. NMDS نسبت به آزمون‌هایی مانند CA - PCA - PCoA بیشتر به کار با رایانه وابسته است.

منابع

- Boyd, C. M., & Johnson, G. W. (1995). Precision of size determination of resistive electronic particle counters. *Journal of Plankton Research*, 17, 41–58.
- Desortova, B. (1981). Relationships between chlorophyll-a concentration and phytoplankton biomass in several reservoirs in Czechoslovakia. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 66, 153–169.
- Diez, B., Pedros-Alio, C., & Massana, R. (2001). Genetic diversity of eukaryotic picoplankton in different oceanic regions by small-subunit rRNA gene cloning and sequencing. *Applied and Environmental Microbiology*, 67, 2932–2941.
- Eaton, D. R., Brown, J., Addison, J. T., Milligan, S. P., & Fernand, L. J. (2003). Edible crab (*Cancer pagurus*) larvae surveys off the east coast of England; implications for stock structure. *Fisheries Research*, 65, 191–199.
- Edler, L. (Ed.). (1979). *Phytoplankton and chlorophyll: Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea* (Baltic Marine Biologists Publication No. 5, p. 38). Uppsala, Sweden.
- Edwards, I. P., Burgmann, H., Miniaci, C., & Zeyer, J. (2006). Variation in microbial community composition and culturability in the rhizosphere of

1. non-meric multidimensional scale
2. Two-dimension

Leucanthemopsis alpina (L.) heywood and adjacent bare soil along an alpine chronosequence. *Microbial Ecology*, 52, 679–692.

Estep, K. W., MacIntyre, F., Hjorleifsson, E., & Sieburth, J. M. (1986). MacImage: A user friendly image-analysis system for the accurate mensuration of marine organisms. *Marine Ecology Progress Series*, 33, 243–253.

Geider, R. J., MacIntyre, H. L., & Kana, T. M. (1997). Dynamic model of phytoplankton growth and acclimation: Responses of the balanced growth rate and the chlorophyll a: Carbon ratio to light, nutrient-limitation and temperature. *Marine Ecology Progress Series*, 148, 187–200.

Herbland, A., Bouteiller, A. L., & Raimbault, P. (1985). Size structure of phytoplankton biomass in the equatorial Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 32(7), 819–836.

Hill, M. O. (1974). Correspondence analysis: A neglected multivariate method. *Applied Statistics*, 23, 340–354.

Hillebrand, H., Dürselen, C. D., Kirschtel, D., Pollinger, U., & Zohary, T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*, 35(2), 403–424.

Holm-Hansen, O., & Riemann, B. (1978). Chlorophyll a determination: Improvements in methodology. *Oikos*, 30(3), 438–447.

James, F. C., & McCulloch, C. E. (1990). Multivariate analysis in ecology and systematics: Panacea or pandora's box? *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21, 129–166.

Jolicoeur, P., & Mosimann, J. E. (1960). Size and shape variation in the painted turtle. *Growth*, 24, 339–354.

Kalchev, R. K., Beshkova, M. B., Boumbarova, C. S., Tsvetkova, R. L., & Sais, D. (1996). Some allometric and non-allometric relationships between chlorophyll- a

and abundance variables of phytoplankton. *Hydrobiologia*, 341, 235–245.

Kent, A. D., Yannarell, A. C., Rusak, J. A., Triplett, E. W., & McMahon, K. D. (2007). Synchrony in aquatic microbial community dynamics. *ISME Journal*, 1, 38–47.

Kovala, P. E., & Larrance, J. D. (1966). *Computation of phytoplankton cell numbers, cell volume, cell surface and plasma volume per liter from microscopical counts* (Special Report 38; 21 +Appendix). Seattle: Department of Oceanography, University of Washington.

Krambeck, C., Krambeck, H. J., & Overbeck, J. (1981). Microcomputer-assisted biomass determination of plankton bacteria on scanning electron micrographs. *Applied and Environmental Microbiology*, 42, 142–149.

Legendre, P., & Gallagher, E. D. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129, 271–280.

Legendre, P., & Legendre, L. F. J. (1998). *Numerical ecology* (pp. 1–870). Amsterdam: Elsevier.

Lopez-Garcia, P., Moreira, D., & Rodriguez-Valera, F. (2001). Diversity of free-living prokaryotes from a deep-sea site at the Antarctic Polar Front. *FEMS Microbiology Ecology*, 36, 193–202.

Montagnes, D. J. S., Berges, J. A., Harrison, P. J., & Taylor, F. J. R. (1994). Estimating carbon, nitrogen, protein, and chlorophyll a from volume in marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 39, 1044–1060.

Olapade, O. A., Gao, X., & Leff, L. G. (2005). Abundance of three bacterial populations in selected streams. *Microbial Ecology*, 49, 461–467.

Psenner, R. (1993). Determination of size and morphology of aquatic bacteria by automated image analysis.

In P. F. Kemp, B. F. Sherr, E. B. Sherr, & J. J. Cole (Eds.), *Handbook of methods in aquatic microbial ecology* (pp. 339–345). Boca Raton: Lewis Publishers.

Reynolds, C. S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton* (pp. 1–396). Cambridge: Cambridge University Press.

Rott, E. (1981). Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 43, 34–62.

Shepard, R. N. (1966). Metric structures in ordinal data. *Journal of Mathematical Psychology*, 3, 287–315.

Sieracki, C. K., Sieracki, M. E., & Yentsch, C. M. (1998). An imaging in-flow system for automated analysis for marine microplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 168, 285–296.

Smayda, T. J. (1978). From phytoplankton to biomass. In A. Sournia (Ed.), *Phytoplankton manual* (Monographs on oceanographic methodology 6; pp. 273–279). Paris: UNESCO.

Staay, S. Y. M., Wachter, R. D., & Vault, D. (2001). 18srDNA sequences from picoplankton reveal unsuspected eukaryotic diversity. *Nature*, 409, 607–609.

Steen, H. B. (1990). Characters of flow cytometers. In M. R. Melamed, T. Lindmo, & M. L. Mendelsohn (Eds.), *Flow cytometry and sorting* (2nd ed., pp. 11–25). New York: Wiley-Liss.

Tolstoy, A. (1977). Chlorophyll-a as a measure of phytoplankton biomass. *Acta Universitatis Uppsaliensis*, 416, 1–30.

Wetzel, R. G., & Likens, G. E. (1991). *Limnological analyses* (2nd ed., 391 pp). New York: Springer.

فصل پنجم: مطالعه موردی

5-1- مرور مطالعات انجام شده بر روی نواحی شرقی - مدیترانه‌ای

چندین گزارش در مورد نیجهای متفاوت اکولوژیکی در دسترس است. یک مورد مهم، منطقه مدیترانه است که بیشتر پیکره آبی آن، شرایط الیگوتروفی دارد. تحقیقات زیادی روی قسمت شرقی دریای مدیترانه که محیطی به شدت کم‌تولید (الیگوتروف) می‌باشد انجام شده است (Krom et al. 2003). این منطقه در قسمت انتهایی غربی- شرقی دریای مدیترانه واقع شده که دارای شیب فزاینده الیگوتروفی است (Turley et al. 2000). این شرایط اولترالیگوتروفیک با نفوذ نور بالا (Berman et al. 1984a; Ignatiades 1998; et al. 1984a), غلظت مواد مغذی کم، تراکم پایین فیتوپلانکتون، تولید اولیه و تعداد سلول (Sournia 1973; Berman et al. 1984a, b; Dowidar 1984; Azov 1986; Bonin et al. 1989; Psarra et al. 2000; Christaki et al. 2001) و حضور غالب فیتوپلانکتون‌هایی با اندازه کوچک (Li et al. 1993; Yacobi et al. 1995; Ignatiades 1998; Ignatiades et al. 2002) و فراوانی فوق‌العاده کم باکتریایی و تولید بسیار پایین تأیید می‌شود (Robarts et al. 1996). بسیاری از محققان کشورهای مدیترانه‌ای روی ترکیب و تولید گونه‌های مختلف فیتوپلانکتونی منطقه شرقی مدیترانه مطالعاتی را انجام داده‌اند. ارزیابی وضعیت تروپی زیست- بوم با استفاده از شاخص‌های تجربی، تجزیه و تحلیل‌های آماری و سایر روش‌های آنالیزی توجه بسیاری از زیست‌شناسان پلانکتون را به این منطقه جلب کرده است. چنین ویژگی‌هایی در ناحیه آدریاتیک^۱ با استفاده از روش آماری OECD با بررسی‌های ولنویدر و کرک (1982)^۲ و همچنین ولنویدر و همکاران (1998)^۳ مشخص شده است. ارزیابی‌های مشابهی در بعضی نواحی دریای اژه (خلیج سارونیکوز، جزیره ژوده و جزیره میتیلینی)^۴ با استفاده از اطلاعات مواد مغذی یا گونه فیتوپلانکتونی و نیز تجزیه و تحلیل‌های آماری (Ignatiades et al. 1992; Stefanou et al. 2000)، شاخص‌های اکولوژیکی (Karydis and Tsirtsis 1996) و مدلسازی‌های شبیه سازی (Tsirtis 1995) انجام شده است.

مطالعهٔ جامعی بر روی کلروفیل a و تولید اولیه در دریای اژه از شمال تا جنوب محیط باز دریا (Ignatiades et al. 2002) و از آب‌های نزدیک ساحل^۵ تا دور از ساحل^۶

1. Adriatic

2. Vollenweider and Kerekes (1982)

3. Vollenweider et al. 1998

4. Saronikos Gulf, Island of Rhodes, Mytilini Island

5. Inshore

6. Offshore

(Ignatiades 2005) انجام گرفت. با این‌که این ناحیه کم تولید (الیگوتروف) محسوب می‌شود، ولی به دلیل غنی بودن مواد مغذی ناحیه‌ای، شرایط مزوتروف و پرتولید (یوتروف) هم در آن مشاهده شده است. بدین معنی که آزمایشات تجربی از شمال تا جنوب دریای اژه از آب‌های نزدیک تا دور از ساحل خلیج سارونیکوز انجام گرفته است. نمونه‌ها از اعماق 1 تا 120 متری (Ignatiades et al. 2002) دریای اژه و عمق 1 تا 60 متر خلیج سارونیکوز جمع‌آوری شده‌اند. متغیرهای غیرزیستی مانند شوری، دما کلروفیل a و تولید اولیه برای هر عمق نمونه برداری اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده برای تخمین تولید اولیه در $14C-NaHCO_3$ قرار گرفتند و میزان اتصال $14C$ در یک شمارنده‌ی برقی مایع¹ اندازه‌گیری شد. از روش‌های آماری برای نشان دادن رابطه بین کلروفیل a و تولید اولیه استفاده شد. نتایج نشان داد که شیب مشخصی در آب‌های آزاد شمال تا جنوب دریای اژه و آب‌های نزدیک به ساحل تا دور از ساحل آب‌های ساحلی خلیج سارونیکوز وجود دارد. آب‌های آزاد خنک‌تر از آب‌های نزدیک و دور از ساحل بودند. در حالی‌که میزان شوری در اژه شمالی از اژه جنوبی کمتر بود. همانطور که انتظار می‌رفت آب‌های آزاد و آب‌های دور از ساحل از نظر مواد مغذی در مقایسه با آب‌های نزدیک به ساحل فقیر بودند.

براساس شاخص اندازه‌گیری مواد مغذی، که توسط Ignatiades و همکاران (1992) پیشنهاد شده بود، سطوح مواد مغذی آب‌های آزاد (اژه شمالی و جنوبی) کم تولید (الیگوتروف)، در حالی که آب‌های دور از ساحل (سارونیکوز) مزوتروف و آب‌های ساحلی (نزدیک به ساحل) آن پرتولید (یوتروف) بودند. براساس دسته‌بندی نوری آب دریای جرجو (1997)، آب‌های زیست بوم از ایستگاه‌های نمونه برداری به گروه‌های الیگوتروف (دریای اژه شمالی و جنوبی)، مزوتروف (آب‌های دور از ساحل خلیج سارونیکوز) و یوتروف (آب‌های ساحلی خلیج سارونیکوز) طبقه‌بندی شدند. تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشات بر روی کلروفیل a و تولید اولیه به وضوح نشان می‌دهد که سطوح غلظت هر دو پارامتر به منشاء نمونه آب وابسته است.

در مطالعات دیگر، جریان کربن در شبکه غذایی پلانکتون‌ها همراه با شیب الیگوتروپی مورد مطالعه قرار گرفت (Siakou-Frangou et al. 2002). فرض بر این است که جریان کربن در اقیانوس با مقدار تولید اولیه و فرآیندهای بیوژئوشیمیایی درون ناحیه نوری تنظیم

1. Liquid Scintillation Counter

می‌شود. بعلاوه پیچیدگی شبکه های غذایی منطقه پلاژیک و برهم کنش بین اجزای مختلف آن در تنظیم جریان کربن نقشی اساسی دارند. در آب های کم تولید (الیگوتروف) مثل ناحیه مدیترانه، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که هم کربن و هم مواد مغذی، در میان جمعیت میکروبی پیچیده که در آن تولید کننده ها و مصرف کننده های بسیار ریز غالب هستند، مجدداً بازیافت و معدنی می‌شوند (remineralized) (Caron et al. 1999; Azam et al. 1983; Sherr and Sherr 1988; Roman et al. 1995). بنابراین، برآوردهای همزمان تولید و زیست‌توده فیتوپلانکتونی، باکتریایی، نانو پلانکتون و میکرو پلانکتون‌های هتروتروف و مزوپلانکتون‌ها، پارامترهای مهمی برای تخمین جریان کربنی می‌باشند (Nielsen et al. 1993; Nielsen and Hansen 1995; Richardson et al. 1999; Bradford-Grieve et al. 1998).

بنابراین، همانند بخش گذشته، این مطالعه نیز در دریای اژه در ناحیه ای بین دریای سیاه و سایر دریاهای حوزه شرقی ناحیه مدیترانه (دریای یونان و لوانتین)¹ انجام شد. به علت وجود سیستم های دریایی متفاوت با شرایط شوری و تغذیه ای متغیر، در قسمت‌های مختلف دریای اژه تنوع چشمگیری در وضعیت الیگوتروپی دیده می‌شود. به عنوان بخشی از پروژه EU، این آزمایشات برای تخمین کربن آلی تقسیم شده بین پلانکتون‌های اتوتروف و هتروتروف با اندازه های مختلف و نیز برای بررسی جریان کربن در ناحیه نوری مناطق مختلف دریای اژه انجام گرفت.

در اینجا مجدداً دریای اژه جنوبی و شمالی برای نمونه‌برداری انتخاب شده که درجات مختلفی از الیگوتروپی را نشان میداد. نمونه‌برداری‌ها توسط کشتی تحقیقاتی AEGAEON در دو فصل مختلف مارس و سپتامبر هنگامی که اختلاط و لایه بندی به خوبی در ستون آب رخ می‌دهد انجام شد. کلا 7 ایستگاه در دریای اژه شمالی (N1-N7) و 4 - 5 ایستگاه از دریای اژه جنوبی (S1-S3، S6 و S7) انتخاب شدند. اندازه‌گیری‌های هیدروگرافی (دما، فشار و قابلیت هدایت الکتریکی) با نمونه‌بردار CTD با بطری‌های نیسکین² انجام شد، مواد

1. Ionian and Levantine seas

2. Niskin

مغذی غیر آلی، زیست‌توده و تولید فیتوپلانکتون، زیست‌توده و تولید باکتریایی و نانوتاژکداران هتروتروف¹ و مژه‌داران از عمق 2 تا 100 متر جمع آوری شدند. مواد مغذی غیر آلی با روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های آب به قسمت‌های مختلف تقسیم شدند و غلظت‌های کلروفیل به‌عنوان نماینده زیست‌توده کربنی با استفاده از فاکتور تبدیل توسط مالون² و همکاران (1993)³ اندازه‌گیری شدند. تولید فتوسنتزی نیز در آن ناحیه با روش ^{14}C اندازه‌گیری شد. آزمایشات نگه‌داری و ترکیب مواد با $^{14}\text{C-NaHCO}_3$ انجام گرفت و اندازه‌گیری به صورت ساعتی با یک شمارشگر برقی مایع صورت گرفت. برای تعیین جمعیت باکتری‌های هتروتروف و نانوتاژکداران هتروتروف، از روش میکروسکپی اپی فلورسانس⁴ استفاده شد، همانطور که کریستاک و همکاران (1999)⁵ اشاره کرده بودند. اطلاعات میزان فراوانی باکتریایی به زیست‌توده تبدیل شد (Lee and Fuhrman 1987) و تبدیل "حجم زیستی-کربن" برای تاژکداران انجام شد (Børsheim and Bratbak 1987). تولید باکتریایی⁶ با روش $^3\text{H-leucine}$ تخمین زده شد (Kirchman 1993; Christaki et al. 1999).

شمارش‌های مشابه و اندازه‌گیری متوالی حجم زیستی-کربن و تولیدات برای مژه‌داران نیز انجام شد. جمعیت‌های مزوزئوپلانکتون‌های بزرگ بررسی شدند. از آنجا که پاروپایان⁷ جمعیت غالب بودند، میزان چریده شدن اتوتروف‌ها، از طریق سنجش‌های فلورسانس و تخلیه روده اندازه‌گیری شد (Dam and Peterson 1988). نتایج حاصل از مطالعات هیدروگرافی نشان دادند که لایه‌بندی در دریای اژه شمالی در مقایسه با دریای اژه جنوبی واضح‌تر بود. غلظت مواد مغذی وضعیتی بسیار متضاد در مقایسه با حالت یوتروفی⁷ نشان داد مانند وضعیتی که همین محققین در جریان مطالعه در ساحل غربی بنگال اقیانوس هند مشاهده کردند. از شمال تا جنوب دریای اژه جنوبی، با در نظر گرفتن تغییرات فصلی اندک، در کل منطقه غلظت نیتрат در حدود 0/05 تا 2/5 میکرومولار و غلظت فسفات در حدود 0/02 تا 0/08 میکرومولار بود. باتوجه به این‌که تغییرات فصلی خیلی مشخص نبود اما تعداد فیتوپلانکتون‌ها

1. heterotrophic nanoflagellates (HNAN)

2. Malone et al. (1993)

3. Epifluorescence microscopy

4. Christaki et al. (1999)

5. BP

6. calanoid

7. eutrophic

در ماه مارس نسبت به ماه سپتامبر به نسبت بیشتر بود. زیست توده اتوتروف با اختلاف نه چندان قابل-توجهی بین مناطق، نسبتاً بالا بود ($2/568 \text{ mg C m}^{-2}$ - $1/488$). در تمام مناطق نمونه برداری، پیکوپلانکتون‌ها ($<3 \mu\text{m}$)، به عنوان یکی از اجزای اتوتروف‌ها، غالب بودند، اگرچه بین جمعیت نانوفیتوپلانکتون‌ها در دو منطقه نمونه برداری تفاوت وجود داشت. در حالی که در دریای اژه شمالی مقدار آن‌ها کمتر از $10 \mu\text{m}$ بود، در دریای اژه جنوبی این مقدار خیلی بیشتر از $10 \mu\text{m}$ بود. علاوه بر این، فراوانی کوکولیتوفورها¹ در دریای اژه شمالی در مقایسه با دریای اژه جنوبی بیشتر بود. در میان جمعیت هتروتروف‌ها، الگوهای مجزایی (مشخصی) مشاهده شد. اگرچه جزء باکتریایی به عنوان بزرگترین بخش تولید کننده کربن محسوب شد، زیست توده آن‌ها تفاوت قابل توجهی بین مناطق نداشت. از سوی دیگر، اگرچه مژه‌داران به عنوان بخش کوچکی از زیست توده محسوب می شدند، ولی فراوانی آن‌ها به میزان قابل توجهی در منطقه جنوبی نسبت به منطقه شمالی بسیار بیشتر بود. در مقابل، جمعیت مزوزئوپلانکتون‌ها از منطقه شمالی به منطقه جنوبی کاهش قابل توجهی نشان داد.

تصویر تقسیم‌بندی کربن در این ناحیه تکرار تصویر معمول (نرمال) نبود، که نشان از بیشتر بودن شمار اتوتروف‌ها از هتروتروف‌ها بود. منطقه مورد مطالعه، کاهش تدریجی در اتوتروف‌ها و به دنبال آن افزایش در هتروتروف‌ها از منطقه شمالی به منطقه جنوبی را نشان داد که احتمالاً به دلیل فراوانی میکروهتروتروف‌ها بود. بنابراین، این مطالعه بیشتر وضعیت الیگوتروپی را برای دریای اژه تایید کرد، مشابه آنچه که در بررسی قسمت‌های شرقی دریای مدیترانه نیز (Berman et al. 1984a; Krom et al. 1993; Roberts et al. 1996; Mazzocchi et al. 1997)، راجع به مواد مغذی، زیست توده پلانکتونی و تولید پایین دیده شد. این مطالعه شیبی الیگوتروپی را از شمال به جنوب در دریای اژه اثبات کرد. اگرچه غلظت مواد مغذی در کل منطقه نمونه برداری مشابه بود، تفاوتی تدریجی در جامعه پلانکتونی از قسمت شمال شرقی دریای اژه به سمت جنوب آن وجود داشت. همبستگی معکوس بین غلظت مواد مغذی و زیست توده اتوتروپی در قسمت شمالی دریای اژه می‌تواند به عنوان یک رابطه غیرعادی توصیف شود که قبلاً در خلیج کالیفرنیا ثبت شده است (Hernandez-Becerril 1987).

مطالعات تجربی نشان داده‌اند که جریان مواد مغذی از دریای سیاه که موجب غنی‌سازی منطقه‌ای می‌شود وجود دارد، ولی باتوجه به نرخ بالای جذب، غلظت مواد مغذی اغلب تهی می‌شود. الگوی فراوانی باکتری‌ها، مژه‌داران، هتروتروف‌ها و میکروهتروتروف‌ها، نقش میکروهتروتروف‌ها را به عنوان یک بخش

1. coccolithophorid

ضروری در تنظیم زمانی و مکانی قسمت‌بندی کربن در دریای اژه تأیید می‌کند. بنابراین، باتوجه به این مطالعات می‌توان گفت که اکوسیستم‌های آبی موج خیز^۱ سراسر جهان نشان از تغییرات قابل‌توجهی با توجه به زیستگاه دارند که می‌تواند در محدوده حالت اولتراالیگوتروف^۲ تا یوتروفی شدید^۳ دسته‌بندی شود. علاوه براین، نفوذ نور می‌تواند به طور قابل‌توجهی توسط مواد معلق در ستون آب تغییر کند. این امر می‌تواند به نوبه خود در کاهش میزان منطقه نوری در ستون آب موثر باشد. بنابراین، اگرچه تابش نور ممکن است بالا باشد، تولید خالص و همچنین محتوای اکسیژن محلول در زیستگاه ممکن است مکمل (همراستا) تابش نباشند. جمعیت پلانکتونی به شدت به برخی از تغییرات زیستگاه از جمله در دسترس بودن نور حساس هستند. بنابراین، تغییر ناگهانی در متغیرهای غیرزیستی مثل نور و دما می‌تواند به‌عنوان عامل نوسانات بزرگ در خصوصیات ستون آب که به نوبه خود در تنظیم جمعیت فیتوپلانکتونی منطقه مورد مطالعه مؤثر است به حساب بیاید.

5-2- مطالعه موردی 1: تنوع فیتوپلانکتونی تالاب کلکته شرقی: منطقه رامسار^۴

مطالعه فیتوپلانکتونی در شبه قاره هند به طور گسترده‌ای در اواسط قرن بیستم آغاز شد و در ابتدا روی مطالعات مربوط به تنوع و تاکسونومی متمرکز بود. ارزش فیتوپلانکتون‌ها و جلبک‌های دیگر به‌عنوان خوراک مستقیم یا غیرمستقیم ماهی‌ها و سودمند بودن آن‌ها به‌عنوان شاخص کیفیت آب، مدتی طولانی است که به خوبی شناخته شده است. با پیشرفت شیلات در آب‌های داخلی هند، مطالعه روی تولید و تنوع فیتوپلانکتون‌ها در آب‌های داخلی اهمیت قابل‌توجهی به دست آورده است. بسیاری از اکوسیستم‌های آبی به‌ویژه حوضچه‌های پساب عموماً تحت تأثیر یوتریفیکاسیون هستند، که نشان‌دهنده ورود منابع مواد مغذی معدنی بیش از نیاز رشد فیتوپلانکتونی است. (Fischer et al. 1995; McComb et al. 1988). محققان زیادی ارزیابی‌های زیستی را انجام دادند تا رابطه بین ویژگی مواد مغذی و فراوانی فیتوپلانکتون را مشخص کنند (Redfield 1958; Ryther and Dunstan 1971; Pearl et al. 1990; Siep 1994). عمل پرورش ماهی در حوضچه‌های پساب کم عمق در شبه قاره هند بسیار شایع است. جنبه‌های مختلف اکولوژی فاضلاب‌ها و تولید این نوع اکوسیستم‌ها توسط تعدادی از محققین مورد مطالعه قرار گرفته است (Sen 1941). به گفته رای

1. lotic

2. ultra-oligotrophic

3. high eutrophic

4. Ramsar

کایودهووری و همکاران (2008)¹، پیکره‌های آبی کم عمق تولید کننده ماهی در بنگال غربی هند (که بهری‌ها² نامیده می‌شوند) دارای معماری متمایزی می‌باشند که سبب تصفیه فاضلاب به میزان گسترده‌ای می‌شوند. این حوضچه‌های ماهی‌های آب شیرین از مجموعه تالاب کلکته شرقی (22°27' شمالی و 88°27' شرقی) هم توسط کنوانسیون رامسر در 19 آگوست 2002 به‌عنوان جایگاه رامسر اعلام شد (سند مورد نظر براساس ماده 8 کنوانسیون رامسر صادر شد). دولت هند این تالاب را به‌دلیل اهمیتش تالاب بین‌المللی اعلام کرد. بنابراین، تالاب کلکته شرقی می‌تواند به‌عنوان بهترین نمونه برای بازیابی جامع منابع ذکر شود. استفاده از فاضلاب شهری کلکته در زندگی و پرورش ماهی توسط نایار (1944) و بوس (1944)³ گزارش شده‌اند. روی و همکاران (1981)⁴ پیشتر، گزارش‌هایی درباره استفاده فاضلاب شهری کلکته برای مجموعه شیلاتی بیدیهاری- کولتی⁵ ارائه داده بودند. اکولوژی عمومی و تنوع زیستی جانوران بسیاری از حوضچه‌ها توسط بسیاری از محققین مورد بررسی قرار گرفته است (Mukherjee 1996; Chakraborty 1988; Jana 1998; Mukherjee et al. 2002).

موکهرجی و همکاران (2010)⁶ این مسأله را مورد بررسی قرار دادند که بهری هم در سطوح کمی در مقایسه با آب باران و هم به‌عنوان حوضچه‌های پساب‌ها سیستمی پیچیده زیستی است. پرادهان و همکاران (2008)⁷ پیشنهاد کردند که رشد فیتوپلانکتون می‌تواند یکی از عوامل مهم تولید بیشتر ماهی باشد و همچنین می‌تواند نقش یک شاخص برای ارزیابی کیفیت آب در بهری‌ها را ایفا کند. به هر حال، نتیجه رشد بیش از حد پلانکتون‌ها، شکوفایی است که می‌تواند مشکلی برای مدیریت حوضچه باشد. ماهی‌ها همچنین نقشی تعیین‌کننده برای حفظ تعادل مناسب رشد فیتوپلانکتون‌ها بازی می‌کنند و پلانکتون‌ها پساب را به مواد مغذی در دسترس به‌عنوان ماده مغذی مصرفی ماهی تبدیل می‌کنند (Ghosh 1999). آب و پساب حاصل از بهری‌ها برای کشت سبزیجات استفاده می‌شود، که در این مورد هیچ تجمع مضر مشاهده نشد (Ray Chaudhuri et al. 2007). در مطالعه حاضر تنوع

1. Ray Chaudhuri et al. (2008)

2. Bheris

3. Nayar (1944) and Bose (1944)

4. Roy et al. (1981)

5. Bidyadhari-Kulti

6. Mukherjee et al. (2010)

7. Pradhan et al. (2008)

فیتوپلانکتون‌ها در حوضچه‌های ماهیان که با پساب تغذیه می‌شوند و مستندات طبقه‌بندی آن‌ها با جزئیات ارائه شده است.

5-2-1- منطقه مورد مطالعه

یکی از حوضچه‌های ماهی آب شیرین یوتروف بنام کاپتاین¹ از جایگاه رامسر، استخر مورد مطالعه ما بود. این حوضچه در بخش شرقی کلکته بین عرض‌های جغرافیایی $27^{\circ} 88'$ شرقی و $27^{\circ} 22'$ شمالی، در جنوب شهر سالت لیک² در گذرگاه شرقی، پوششی به مساحت 450 متر مربع واقع شده است. این حوضچه به دو منظور هم تصفیه فاضلاب کلانشهر کلکته و هم برای پرورش گسترده ماهی استفاده می‌شد. فاضلاب، پسماندهای شهری و در مقیاس کوچکتر پساب‌های صنعتی مناطق شهری و نیمه شهری شرقی کلکته را شامل می‌شد. تغییرات در عوامل فیزیکی-شیمیایی نیز در طول سال ثبت شد. دمای آب از $15/3$ تا 31 درجه سانتی گراد و pH از $7/5$ تا $8/62$ متغیر بود. این امر، ماهیت قلیایی آب زیستگاه را نشان می‌دهد. مواد مغذی مختلف مثل نیترات، نیتريت، فسفات، آمونیوم نیتروژن و غیره نیز اندازه‌گیری شد. میزان نیترات بین مقادیر $0/286$ mg/ml و $0/0775$ متغیر بود. نیتريت در محدوده $4/4$ mg/L تا $0/885$ مشاهده شد. مقدار فسفات بین $0/277$ mg/L تا $0/057$ بود. غلظت آمونیوم نیتروژن نیز بین $0/187$ mg/L و $0/45$ متغیر بود.

5-2-2- نتایج

تعداد 55 تاکسون در طول دوره مطالعه ثبت شد که مشخص شد متعلق به گروه‌هایی از Cyanophyta، Chlorophyta، Bacillariophyta و Euglenophyta بودند. جمعیت Chlorophyta شامل 30 گونه بود. از طرفی 9 تاکسون مربوط به Cyanophyta، 8 تاکسون مربوط به Euglenophyta و 8 تاکسون مربوط به Bacillariophyta ثبت شد (جدول 5-1). از نمودار دایره‌ای جمعیت، پیداست که بیشترین تعداد تاکسون را Chlorophyta داشتند که 55% از کل جمعیت را تشکیل داده بودند، سیانوباکتری‌ها با 16% کل جمعیت، و بعد Euglenophyta و Bacillariophyta (به ترتیب 15% و 14%) کل جمعیت را تشکیل دادند (شکل 5-1). شرح چند

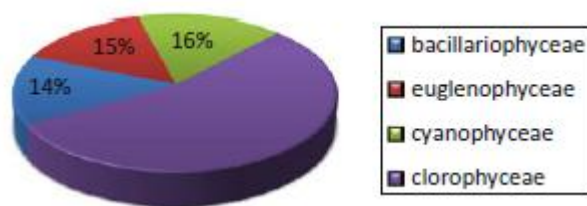
1. the Captain Bheri
2. Salt Lake

گونه در زیر آورده شده است که فقط به این منطقه مطالعاتی محدود شده بود؛ بقیه در موارد مطالعاتی 2 و 3 آورده شده است.

جدول 1-5 لیست تاکسون‌های فیتوپلانکتونی که گزارش شده

S. No.	Name of taxa
Cyanophyta	
1.	<i>Chroococcus dispersus</i>
2.	<i>Coelosphaerium dubium</i>
3.	<i>Merismopedia glauca</i>
4.	<i>Merismopedia minima</i>
5.	<i>Merismopedia trolleri</i>
6.	<i>Synechococcus elongatus</i>
7.	<i>Planktolyngbya contorta</i>
8.	<i>Arthrospira platensis</i>
9.	<i>Spirulina subsalsa</i>
Chlorophyta	
10.	<i>Chlorococcum humicola</i>
11.	<i>Pediastrum duplex</i>
12.	<i>Pediastrum duplex</i> var . <i>clathratum</i>
13.	<i>Pediastrum tetras</i> var . <i>tetras</i>
14.	<i>Pediastrum tetras</i> var . <i>tetraodon</i>
15.	<i>Coelastrum microporum</i>
16.	<i>Coelastrum proboscideum</i>
17.	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
18.	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> var . <i>tumidus</i>
19.	<i>Kirchneriella lunaris</i>
20.	<i>Kirchneriella contorta</i>
21.	<i>Selenastrum bibraianum</i>
22.	<i>Tetraedron minimum</i>
23.	<i>Tetraedron muticum</i>
24.	<i>Tetraedron trigonum</i>
25.	<i>Tetraedron caudatum</i>

26.	<i>Crucigenia apiculata</i>
27.	<i>Crucigenia quadrata</i>
28.	<i>Crucigenia crucifera</i>
29.	<i>Crucigenia tetrapedia</i>
30.	<i>Scenedesmus abundans</i>
31.	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
32.	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>
33.	<i>Scenedesmus bijuga</i>
34.	<i>Scenedesmus dimorphus</i>
35.	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var . <i>parvus</i>
36.	<i>Scenedesmus obliquus</i>
37.	<i>Scenedesmus acutus</i>
38.	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
39.	<i>Scenedesmus ecornis</i>
Euglenophyta	
40.	<i>Euglena gracilis</i>
41.	<i>Euglena viridis</i>
42.	<i>Phacus helikoides</i>
43.	<i>Phacus nordstedii</i>
44.	<i>Phacus tortus</i>
45.	<i>Phacus chloroplastes</i>
46.	<i>Phacus curvicauda</i>
47.	<i>Euglena proxima</i>
Bacillariophyta	
48.	<i>Pleurosigma angulatum</i>
49.	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
50.	<i>Amphora coffeaeformis</i>
51.	<i>Navicula halophila</i>
52.	<i>Navicula microspora</i>
53.	<i>Navicula lanceolata</i>
54.	<i>Nitzschia actinastroides</i>
55.	<i>Aulacoseira granulata</i>



شکل 1-5 نمودار دایره‌ای درصد فراوانی جمعیت فیتوپلانکتون منطقه مورد مطالعه

دسته – Cyanophyta

رده – Myxophyceae

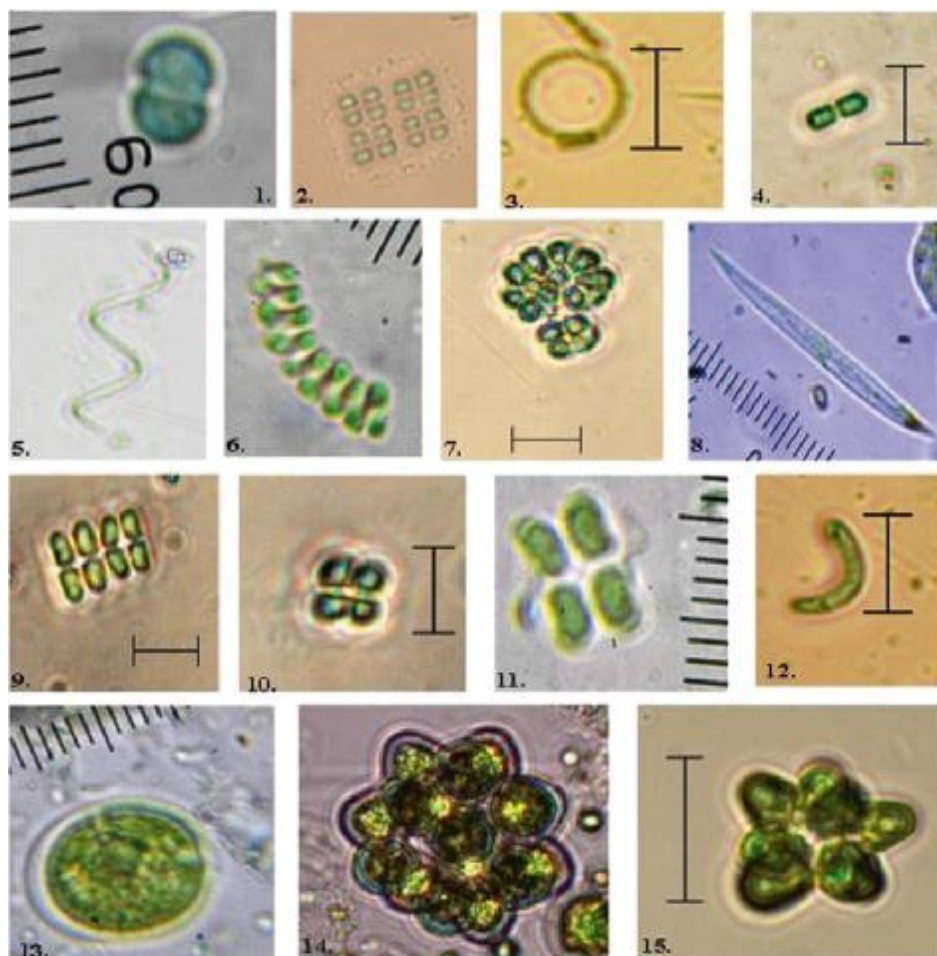
راسته - Chroococcales

خانواده – Chroococcaceae

Chroococcus dispersus (Keissl.) Lemmermann (تصویر 1-5، شکل 1)

Lemmermann 1904، صفحه 102؛ Prescott 1982، تصویر 100، شکل 7

کلنی تخم مرغی شکل یا با شکل نامنظم از 4 تا 6 سلول کروی، شناور آزاد و مسطح؛ سلول‌ها به صورت تکی یا آرایش یافته در خوشه‌های کوچک، فاصله یکسان از هم در پوشش موسیلاژی، آشکار نبودن پوشش سلول‌های تکی؛ محتویات سلول به رنگ سبز – آبی، سلول‌ها به قطر 3 تا 4/5 میکرون .



تصویر 1-5 (1) *Merismopediatrolleri* (2) *Chroococcus dispersus* (3) *Arthrospira platensis* (5) *Synechococcus elongatus* (4) *Planktolyngbya circumcreta* (6) *Ankistrodesmus falcatus* var. (8) *Coelosphaerium dubium* (7) *Spirulina subsalsa* (9) *Crucigenia tumidus* (11) *Crucigenia quadrata* (10) *Crucigenia apiculata* (12) *Crucifera* (14) *Chlorococcum humicola* (13) *Kirchneriella contorta* (15) *Coelastrum proboscideum* (15) *Coelastrum microporum*

Coelosphaerium dubium Rabenhorst در (تصویر 1-5، شکل 7)

Rabenhorst 1865، صفحه 55؛ Prescott 1982، تصویر 106، شکل 1

کروی یا گاهی اوقات کلنی شکل نامنظم، سلول‌ها بصورت متراکم مرتب شده‌اند، سلول‌های کروی، شناور آزاد، دارای ماده ژلاتینی مهم در لایه سطحی کلنی، سلول‌ها به رنگ سبز-آبی، سلول‌ها 5-7 میکرون قطر دارند، قطر کلنی‌ها تا اندازه 300 میکرون می‌رسد.

Merismopedia trolleri Bachmann (تصویر 1-5، شکل 2)

Bachmann 1920، صفحه 350؛ Prescott 1982، تصویر 101، شکل 5

کلنی، هر سلول با یک دندانه مجزا، 8-16 سلول کروی به طور هموار با یک لایه ژلاتینی شفاف مرتب شده‌اند، سلول دارای واکوئل کاذب، به خاطر انعکاس نور سلول‌ها مایل به قهوه‌ای یا ارغوانی هستند، قطر سلول‌ها 2-3/5 میکرون است.

Synechococcus elongatus Nag. (تصویر 1-5، شکل 4)

Desikachary 1959، تصویر 25، شکل 7

سلول‌ها استوانه‌ای، 1/4-2 میکرون عرض دارد، محتوای سلول همگن است و سبز-آبی روشن می‌باشد.

راسته: Oscillatoriales

خانواده: Oscillatoriaceae

Planktolyngbya circumcreta (G.S. West) Anagnostidis et Komarek (تصویر

1-5، شکل 3)

Komarek 2005، صفحه 160، شکل 194

رشته‌ای، منفرد، فنر مانند مارپیچی، 2-2/5 میکرون عرض، عرض مارپیچ‌ها 33-39 میکرون، 2-3 چرخش دارند، دندانه‌ها باریک، بی‌رنگ، کرک‌ها سبز-آبی روشن هستند.

Arthrospira platensis (Nordst.) Gomont (تصویر 1-5، شکل 5)

Desikachary 1959، تصویر 35، شکل 2

ریسه مارپیچی سبزآبی، کرک‌ها به میزان اندک در دیواره بالایی، عرض 6-8 میکرون، فاصله بین مارپیچ‌ها 8-10 میکرون، انتهای سلول‌ها گرد شده است.

Spirulina subsalsa Oernst. ex Gomont (تصویر 1-5، شکل 6)

Desikachary 1959، تصویر 36، شکل 3 و 9

ریسه مارپیچی، عرض کرک‌ها 1-2 میکرون، ریسه سبز-آبی روشن یا مایل به زرد، مارپیچ‌های نامنظم، مارپیچ‌ها بسیار نزدیک به هم، مارپیچ‌ها 3-5 میکرون عرض دارند.

شاخه: Chlorophyta

رده: Chlorophyceae

راسته: Chlorococcales

خانواده: Chlorococcaceae

Chlorococcum humicola (Naeg.) Rabenhorst (تصویر 1-5، شکل 13)

Rabenhorst 1868، صفحه 58، شکل 1؛ Prescott 1982، تصویر 45، شکل 1.

جلبک سبز تک سلولی، دیواره‌ی سلولی حساس، کلروپلاست جداری، سلول‌ها کروی، منفرد یا در گروه‌های کوچک، دارای اندازه‌های متغیر در یک توده، عرض سلول‌ها 8-25 میکرون.

خانواده: Hydrodictyaceae

Pediastrum duplex var. *clathratum* (A. Braun) Lagerheim (تصویر 2-5، شکل 6)

Lagerheim 1882، صفحه 56؛ Prescott 1982، تصویر 48، شکل 6

کلنی جلبک سبز، کلنی دارای لبه کنگره‌ای بزرگتر نسبت به نوع منفرد، نوک لوب‌های سلول‌های محیطی کوتاه است، عرض سلول‌ها 12-20 میکرون

Pediastrum tetras var. *tetraedon* (Corda)

Rabenhorst ((تصویر 2-5، شکل 7)

Rabenhorst 1868، صفحه 78؛ Prescott 1982، تصویر 50، شکل 7

کلنی 4 تا 8 سلولی، لوب‌ها به قسمت‌های تیز گسترش یافته است، زائده شاخ مانند، قطر سلول‌ها 12-15 میکرون، طول 16-18 میکرون

Pediastrum tetras (Ehrenb.) Ralfs var. *teras* (تصویر 5-2، شکل 9)

Ralfs 1844، صفحه 469، Prescott 1982، تصویر 50، شکل‌های 3 و 6

کلنی کامل، سلول‌های داخلی با 4-6 حاشیه مستقیم اما با یک حاشیه عمیق منقوش، سلول‌های محیطی کنگره‌دار، دارای یک شکاف عمیق در حاشیه آزاد بیرونی، حاشیه جانبی دو سوم طول آنهاست، قطر سلول‌ها 8-16 میکرون

خانواده: Coelastraceae

Coelastrum microporum Naegeli (تصویر 5-1، شکل 14)

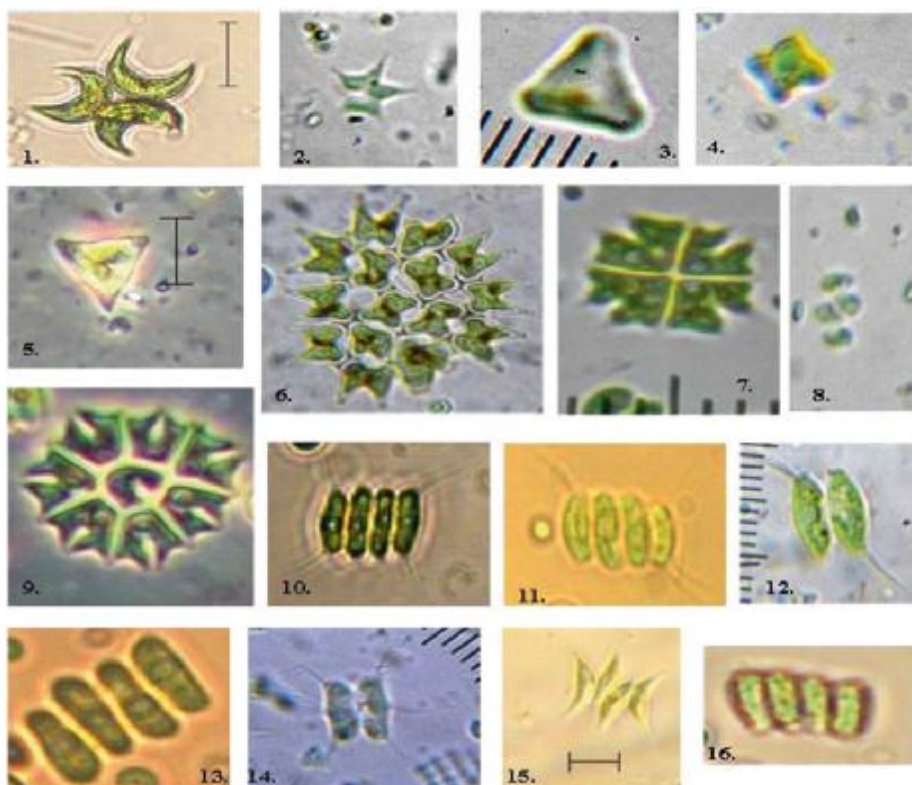
A. Braun 1855، صفحه 70، Prescott 1982، تصویر 53، شکل 3

متشکل از 68-8 سلول کروی دندان‌دار (گاهی اوقات تخم‌مرغی، به طور مستقیم با یک انتهای باریک بر حسب ظاهر)، به ندرت زائده‌های ژلاتینی آن قابل تشخیص هستند، در فضاها بین سلولی کوچک هستند، قطر سلول‌ها 20-8 میکرون، دندان‌دار هستند.

Coelastrum proboscideum Bohlin (تصویر 5-1، شکل 15)

Bohlin 1897، صفحه 33، Prescott 1982، تصویر 53، شکل‌های 4، 5 و 8

هرمی یا مکعب مانند (به ندرت چند وجهی) از 32-16-8-4 سلول به شکل مخروط ناقص با نوکی که به طور مستقیم به سمت خارج قرار گرفته تشکیل شدند، سلول‌های مقعر با دیواره‌ی داخلی یا پایه-ای، دیواره‌های پایین‌تر جانبی سلول‌ها در یک فضای وسیعی در مرکز کلنی به هم می‌پیوندند، قطر سلول‌ها 15-8 میکرون، هر کلنی 4 سلولی دارای 35 میکرون قطر است.



تصویر 2-5 (1) *Selenastrum bibraianum* (2) *Tetraedron caudatum* (3) *Tetraedron* (4) *Tetraedron muticum* (5) *Tetraedron trigonum* (6) *Pediastrum duplex* (7) *Pediastrum tetras* var. *tetraodon* (8) *Pediastrum tetras* var. *clathratum* (9) *Scenedesmus acutus* (10) *Scenedesmus quadricauda* var. *parvus* (11-12) *Scenedesmus quadricauda* var. *parvus* (13) *Scenedesmus abundans* (14) *Scenedesmus ecomis* (15) *Scenedesmus obliquus* (16) *Scenedesmus acuminatus*

خانواده: Oocystaceae

Ankistrodesmus falcatus var. *tumidus* (West & West) G. S. West (تصویر 5-)

1، شکل 8)

West 1904 ، صفحه 224 ؛ Prescott 1982 ، تصویر 56 ، شکل 9

تک سلولی، سلول‌ها دوکی یا هلالی شکل، سلول‌های حاشیه‌ای جانبی به طور حتم متورم هستند (آماس کرده هستند)، قطر سلول‌ها 4/5-6/5 میکرون، طول 61-73 میکرون

Kirchneriella contorta (Schmidle) Bohlin (تصویر 5-1، شکل 12)

Bohlin 1897، صفحه 20؛ Prescott 1982، تصویر 57، شکل‌های 7 و 8

کلنی، شناور آزاد، معمولا 16 بار پیچ خورده، کمائی، سلول‌های استوانه‌ای عریض، نوک محدبی، درون یک محیط همگن به طور نامنظم پراکنده‌اند، پوشش ژلاتینی، کلروپلاست به طور کامل دیواره سلول‌ها را می‌پوشاند، قطر 1-2 میکرون، طول 5/8-10 میکرون.

Selenastrum bibraianum Reinsch (تصویر 5-2، شکل 1)

Reinsch 1867، صفحه 64؛ Prescott 1982، تصویر 57، شکل 9

در نمای کلی کلنی بیضی شکل، شامل 4-16 سلول به شکل هلالی و داسی با نوک تیز آرایش یافتند، به طوری که سطوح محدب را تشکیل می‌دهند و به طور مستقیم به سمت مرکز کلنی قرار گرفته‌اند، قطر سلول‌ها 5-8 میکرون، طول 20-38 میکرون، فاصله‌ی بین نوک‌ها 16-42 میکرون.

Tetraedron minimum (A. Braun) Hansgirg (تصویر 5-2، شکل 4)

Hansgirg 1888، صفحه 131؛ Prescott 1982، تصویر 60، شکل‌های 12-15

تک سلولی، سلول‌ها کوچک، صاف، تتراگونال، دارای زوایای گرد شده بدون خار، لوب‌ها گاهی اوقات به شکل صلیبی، حاشیه سلول‌ها مقعر، قطر سلول‌ها 6-20 میکرون

Tetraedron muticum (A. Braun) Hansgirg (تصویر 5-2، شکل 3)

Hansgirg 1888، صفحه 131؛ Prescott 1982، تصویر 60، شکل‌های 16 و 17

تک سلولی، سلول‌ها کوچک، صاف، مثلثی، گوشه‌های بدون خار یا انشعاب، کناره‌های سلول یا برداشته شدند یا به صورت مقعر هستند، قطر سلول‌ها 6-18 میکرون

Tetraedron trigonum (Naeg.) Hansgirg (تصویر 5-2، شکل 5)

Hansgirg 1888، صفحه 130؛ Prescott 1982، تصویر 61، شکل‌های 11 و 12

سلول‌ها صاف، سه‌گوشه، از ستون‌های سر باریک تا دایره نوک تیز، نوک‌های سر تیز، حاشیه محدب، کناره‌های سلول به صورت مقعر یا صاف، قطر سلول ها 19-29/8 میکرون

Tetraedron caudatum (Corda) Hansgirg (تصویر 5-2، شکل 2)

Hansgirg 1888، صفحه 131؛ Prescott 1982، تصویر 59، شکل‌های 17، 24 و 25

سلول‌ها صاف، پنج ضلعی، زوایای گرد شده یا تیز با خارهای تیز کوتاه، کناره‌های بین زوایا به صورت مقعر، با یک حاشیه باریک و عمیق، سلول‌ها در اندازه‌های بزرگ (22)-15-8 میکرون هستند.

خانواده: Scenedesmaceae

Crucigenia apiculata (Lemn.) Schmidle (تصویر 5-1، شکل 9)

Schmidle 1901، صفحه 234؛ Prescott 1982، تصویر 65، شکل 3

کلنی، چهار شکل بیضی وار یا تا حدی مثلثی به صورت صلیب در آمده اند، قطر سلول ها 3-7 میکرون، طول 5-10 میکرون، عرض کلنی 6-12/5، طول 8-9 میکرون

Crucigenia quadrata Morren (تصویر 5-1، شکل 10)

Morren 1830، صفحات 415-426؛ Prescott 1982، تصویر 65، شکل 10

کلنی، شناور آزاد، دارای یک صفحه چرخان از 4 سلول مثلثی، از یک مکان کوچک مرکزی نظم یافتند، دارای دیسک‌های جداری کلروپلاست که به تعداد چهار تا در هر سلول وجود دارد، پیرنوتید همیشه وجود ندارد، قطر سلول ها 6-2/5 میکرون، طول 3/7، کلنی‌های چهارگوش چندتایی از آرایش-های بسته‌ای از اجزای چهارگوش تشکیل شدند

Crucigenia crucifera (Wolle) Collins (تصویر 5-1، شکل 11)

Collins 1909، صفحه 170؛ Prescott 1982، تصویر 65، شکل 4

کلنی از سلول‌های چهار ضلعی تشکیل شده که پیرامون یک روزنه مربع مرکزی آرایش یافتند، دیواره‌های آزاد خارجی بلندتر و مقعر، زوایای آزاد سلول‌های خارجی گرد شدند، جوانب سلول‌ها با سلول‌های دیگر به هم می‌پیوندند، دیواره‌های داخلی کلنی ناشی از اتصال چهارجانبه سلول ها با حفظ

دیواره های سلولی مادری است، قطر سلول ها 5-3/5 میکرون، طول 7-5 میکرون، عرض کلنی 11-9 میکرون

Scenedesmus abundans (Kirch.) Chodat (تصویر 5-2، شکل 14)

Chodat 1913، صفحه 77؛ Prescott 1982، تصویر 62، شکل 21

سلول ها مستطیل یا بیضی شکل، در سری های خطی چهارتایی، سلول های انتهایی با یک یا دو خار قطبی و دو خار روی دیواره ی جانبی، سلول های داخلی با یک خار در هر قطب، قطر سلول ها 7-4 میکرون، طول 12-7 میکرون

Scenedesmus acuminatus (Lag.) Chodat (تصویر 5-2، شکل 15)

Chodat 1902، صفحه 211؛ G.W. Prescott 1982، تصویر 62، شکل 16

سلول هایی که در یک منحنی چهارتایی آرایش یافتند (به ندرت هشت تایی)، سلول ها هلالی شکل، دارای نوک تیز، دیواره های محدب به هم می پیوندند، طرف مقعر دیواره ها به طور مستقیم به سمت بیرون است، قطر سلول ها 7-3 میکرون، طول 40-30 میکرون

Scenedesmus bicaudatus Deuds (تصویر 5-2، شکل 11 و 12)

Jaiswal & Tiwari، صفحه 94، تصویر 13، شکل 8

مجموعه ای 8-2 سلولی، به صورت خطی یا یکی در میان آرایش یافتند، سلول ها طویل شدند، سلول های بیرونی با خار انحنادار طویل بصورت یکی در میان در قطبین، سلول های داخلی بدون خار، بیضی تا سیلندری شکل، طول 12-10 میکرون، پهنا 6-4 میکرون

Scenedesmus obliquus (Turp.) Kuetzing (تصویر 5-2، شکل 16)

Kuetzing 1833، صفحه 609؛ Prescott 1982، تصویر 63، شکل 17

کلنی متشکل از 8-2 سلول دوکی شکل که در یک سری قرار گرفته اند، نوک های سلولی به سمت خارج، دیواره ها مسطح، قطر سلولی 9-4/2، طول 21-14 میکرون

(تصویر 2-5، شکل 10) *Smith Scenedesmus quadricauda* var. *parvus* G.M.

Smith 1916a، صفحه 680؛ Prescott 1982، تصویر 64، شکل 6

کلنی متشکل از 2-16 سلول تخم‌مرغی - استوانه‌ای که در یک سری قرار گرفته‌اند، سلول‌های بیرونی با یک خار بلند در هر قطب، سلول‌های داخلی با دیواره‌های بدون خار، قطر سلولی 4-6/5 میکرون، طول 12-17 میکرون

(تصویر 5-2، شکل 13) *Scenedesmus ecornis* (Ehrenb.) Chodat

کلنی‌ها از 4 سلول متصل به شکل لبه به لبه که به شکل زیگزاگ چیده شده‌اند، بدنه‌ی سلول بیضوی، دیواره‌های سلولی مسطح، بدون فضاها یا داخلی، بدون خار یا برآمدگی، طول 7-20 میکرون، قطر 4-10 میکرون

(تصویر 5-2، شکل 8) *Scenedesmus acutus* Meyen

Jaiswal & Tiwari، صفحه 95، تصویر 13، شکل 12

کلنی 4 سلولی، سلول‌ها به شکل خطی چیده شده‌اند، سلول‌های انتهایی یا نمای بیرونی مقعر، طول 20-24 میکرون و پهنای 5-7 میکرون

شاخه: Euglenophyta

رده: Euglenophyceae

راسته: Euglenales

خانواده: Euglenaceae

(تصویر 3-5، شکل 1 و 2) *Euglena gracilis* Klebs

Klebs 1883، صفحه 303، Prescott 1982، تصویر 85، شکل 17

تک سلولی، سلول‌ها نسبتاً بزرگ، سبز رنگ، سلول‌ها به شکل هلالی، کلروپلاست با توزیع همگن در تمام سلول، قطر سلولی 8-20 میکرون، طول 35-50 میکرون

(تصویر 5-3، شکل 3) *Euglena proxima* Dangeard

Dangeard 1902 ، صفحه 154؛ Prescott 1982 ، تصویر 85، شکل 25

سلول‌ها هلالی بزرگ، به سمت عقب باریک و نوک ضخیم یا پهن، پری‌پلاست به شکل رشته‌های مارپیچی، کلروپلاست فراوان، قطر سلولی 21-14 میکرون، طول 95-50 میکرون

Euglena viridis (O.F. Müller) Ehrenberg (تصویر 3-5، شکل 4)

سلول بزرگ، طول 65-40 میکرون، پهن 20-14 میکرون، انتهای داخلی به شکل گرد، و انتهای بیرونی به شکل تیز، در حال حرکت به شکل هلالی، در حالت ایستا به شکل ارتجاعی، کلروپلاست کم و بیش نواری، با چیدمان دایره‌ای، هسته خلفی

Phacus chloroplastes Prescott (تصویر 3-5، شکل 8)

Prescott 1982 ، تصویر 87، شکل‌های 15، 16

سلول‌ها پهن، گلابی‌شکل، در انتهای خلفی یک کادوس (زائده)¹ صاف یا با انحنای بسیار کم شکل می‌گیرد، انتهای جانبی گرد، پری‌پلاست² مخطط طولی، کلروپلاست بصورت نوارهای جداری، قطر سلولی 22-20 میکرون، طول 31-29 میکرون

Phacus curvicauda Swirenko (تصویر 3، 5، شکل 7)

Swirenko 1915 ، صفحه 333؛ G.W. Prescott 1982 ، تصویر 87، شکل 14

سلول‌ها به شکل تخم‌مرغی و گرد، قسمت خلفی مارپیچی، که تا کادوس ادامه پیدا کرده است، کلروپلاست فراوان، قطر 26-24، طول 30-28 میکرون

Phacus nordstedtii Lemmermann (تصویر 3-5، شکل 5)

Lemmermann 1904 ، صفحه 125؛ Prescott 1982 ، تصویر 88، شکل 1

سلول‌ها شلغمی شکل، تقریباً کروی و یا کادوس نوک تیز بلند، پری‌پلاست مارپیچ مخطط، قطر سلولی 19-18 میکرون، طول 40-35 میکرون

Phacus tortus (Lemm.) Skvortzow (تصویر 3-5، شکل 10)

1. caudus
2. periplast

Skvortzow 1928 ، صفحه 110؛ Prescott 1982 ، تصویر 88، شکل 20
سلول‌ها هلالی، بیشترین پهنا در انتهای خلفی سلول، مارپیچ در انتهای جلویی برای تشکیل کادوس
مستقیم بلند، قطر سلولی 38-50 میکرون، طول 85-95 میکرون

Phacus helikoides Pochmann (تصویر 3-5، شکل 6)
Pochmann 1942 ، صفحه 212؛ Prescott 1982 ، تصویر 87، شکل 9
سلول‌ها هلالی کشیده که در طول پیچ‌دار هستند، قسمت خلفی تقریباً نازک، قسمت جلویی آن به
کادوس (زائده) بلند مستقیم منجر شده است، حاشیه کامل با دو یا سه برآمدگی، قطر سلولی 30-50
میکرون، طول 70-120 میکرون

شاخه: Bacillariophyta
رده: Bacillariophyceae
راسته: Thalassiosirales
خانواده: Catenulaceae

Amphora coffeaeformis Agardh (تصویر 3-5، شکل 14)
فروستول‌ها^۱ حلقوی، نوک بیضوی کوتاه شده، کفه‌ها کمانی در حاشیه پشتی و کمی مقعر بر روی
حاشیه‌ی شکمی، استریای^۲ ظریف

راسته – Thalassiosirales
خانواده – Stephanodiscaceae

Cyclotella meneghiniana Kutz (تصویر 3-5، شکل 16)
Venkataraman 1939 ، تصویر 303، شکل 11
فروستول‌ها از منظر کفه‌ای دیسکی، از منظر حلقه‌ای مستطیلی؛ به شکل مقعر بر روی حاشیه
شکمی، حاشیه به خوبی مشخص، مخطط و استریای گوه‌ای شکل، قطر 11-30 میکرون

1. Frustules
2. Striae

راسته: Naviculales
خانواده: Naviculaceae

Navicula microspora Kant & Gupta (تصویر 3-5، شکل 12)

Kant & Gupta 1998، صفحه 27، تصویر 127، شکل 12

فروستول‌ها بیضوی تا نیزه‌ای، نوک‌ها منقاردار، شبه رافه در مرکز، ناحیه محوری پهن، خط بندی در نمونه تازه نامشخص، طول 42-54 میکرون، پهنای 10-14/5 میکرون

Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg (تصویر 3-5، شکل 13)

کفه‌ها خطی نیزه‌ای، همراه با نوک‌های دایره‌ای بیرون زده، استریا در مرکز به شکل دایره‌ای، که در نوک‌ها همگرا می‌شود، ناحیه مرکزی دایره‌ای متمایل به مربع، طول 28-70 میکرون، پهنای 9-12 میکرون

Navicula halophila (Grun.) Cleve (تصویر 3-5، شکل 11)

کفه‌ها نیزه‌ای با انتهای متورم، ناحیه محوری باریک‌تر و خطی، که در بخش میانی کمی پهن‌تر می‌شود، خط‌بندی‌ها موازی و در لبه‌ها به صورت جزئی همگرا

خانواده - Pleurosigmataceae

Pleurosigma angulatum (Quekett) W. Smith (تصویر 3-5، شکل 15)

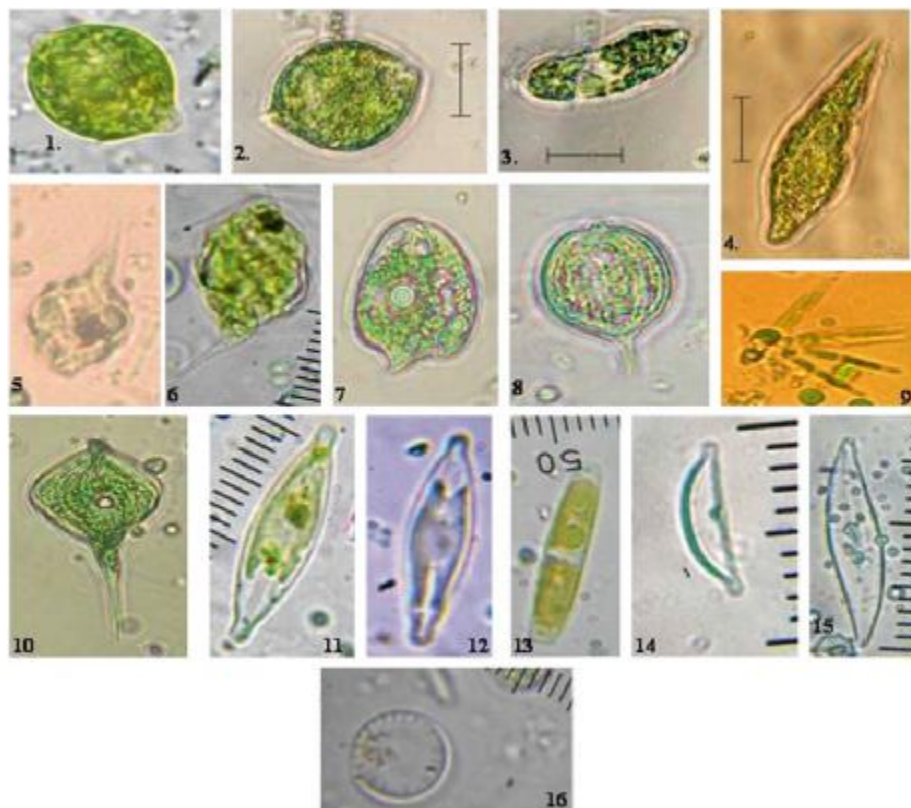
کفه‌ها نیزه‌ای، کمی سیگموئید، انتهای کمی تیز، طول 116 میکرون، پهنای 16/5 میکرون، رافه سیگموئیدی‌تر از کفه، در انتها خارج از مرکز

راسته: Bacillariales
خانواده: Bacillariaceae

Nitzschia actinastroides Van Goor (تصویر 3-5، شکل 9)

Huber – Pestalozii 1942 ، صفحه 472، تصویر 88، شکل 560

فروستل‌های صاف، خطی، طول بسیار بیشتر از عرض، طول 60-90 میکرون، عرض 2-4 میکرون،
خط‌بندی در نمونه تازه نامشخص، 4-5 فروستول متصل در یک انتها



تصویر 3-5 (1-2) *Euglena gracilis* (3) *Euglena proxima* (4) *Euglena viridis* (5)
Phacus (8) *Phacus curvicauda* (7) *Phacus helikoides* (6) *Phacus nordstedtii*
Navicula (11) *Phacus tortus* (10) *Nitzshia actinastroides* (9) chloroplastes
(14) *Navicula lanceolata* (side view) (13) *Navicula micropora* (12) *halophila*
Cyclotella Meneghiniana (16) *Pleurosigma angulatum* (15) *Amphora coffeaeformis*

منابع

- Agardh, C. A. (1827). *Aufzählung einiger in den österreichischen Ländern gefundenen neuen Gattungen und Arten von Algen, nebst ihrer Diagnostik and beigefügten . Bemerkungen.*
- Bachmann, H. (1920). *Merismopedia trolleri* nov. spec. *Zeitschrift für Hydrologie*, 1 (3–4), 350.
- Barinova, S., et al. (2010). The influence of the monsoon climate on hytoplankton in the Shibpukur pool of Shiva temple in Burdwan, West Bengal, India. *Limnological Review*, 12 (2), 47–63.
- Bohlin, K. (1897). *Die Algander ersten Regnell'schen Expedition. I .* Protococcoideen. Bih.
- Bose, B. C. (1994). Calcutta sewage-fisheries culture. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, 10 , 443–459.
- Braun, A. (1855). *Algarum unicellularum genera nova vel minus cognita* (p. 70). Pls. 1–6.
- Chakraborty, S. (1988). East Kolkata Wetlands its significance, preservation protection and developments. *Meenbrata (Special issue on Wetland)*, 58–60.
- Chodat, R. (1902). *Algues vertes de la Suisse*. 1(No. 3, pp. 1–373).
- Chodat, R. (1913). *Monographie dialuges en culture pure .* Ibid., 4 (Fasc. 2, pp. 1–226).
- Collins, F. S. (1909). *The green algae of North America* (Tufts College Studies, pp. 79–170). Scientific series 2.
- Deshikachary, T. V. (1959). *Cyanophyta* (pp. 1–686). New Delhi: Indian Council of Agricultural Research.
- Fischer, T. R., Harding, L. W., Stanley, D. W., & Ward, L. G. (1988). Phytoplankton, nutrients, and turbidity in the Chesapeake, Delaware and Hudson estuaries. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 27 , 61–93.
- Ghosh, D. (1999). *Participatory management in wastewater treatment and reuse in WestBengal .*
- Hansgirg, A. (1888). Ueber die Susswasser—gattungen Trochiscia Ktz [Astericum Corda, Polyedrium Nag., Cerasterias Reinsch]. *Hedwigia* 27 , 126–132.

- Huber-Pestalozzi, G. (1942). *Das phytoplankton des Süßwassers*. 2 (Teil, 2. Hälfte, 545 p). Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Hustedt, F. (1952). Neue und wenig bekannte Diatomeen, IV. *Botaniska Notiser Hf4*, 366–410. 134 Figs, *Flora* 10 (40), 625–640.
- Jadhav, S. B. (2008). *Studies on quality of Lentic water resources of Wadi atnagiri* (162 p). M.Phil. thesis, Shivaji University Kolhapur.
- Jaiswal, K. K., & Tiwari, G. L. (2003). *Chlorococcales (green algae)*. Allahabad: Bioved Research Society.
- Jana, B. B. (1998). Sewage fed aquaculture: The Kolkatas model. *Ecological Engineering*, 11, 73–85.
- Kant, S., & Gupta, P. (1998). *Algal flora of Ladakh* (341 p). Jodhpur: Scientific Publication.
- Klebs, G. (1883). Über die Organisation einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. *Untersuchungen aus dem Botanischen Institut zu Tübingen*, 1, 233–362.
- Komarek, J., & Anagnostidis, K. (2008). *Cyanoprokaryota*. Heidelberg: Spectrum.
- Krishna Kumari, L., et al. (2002). Primary productivity in Mandovi-Zuari estuaries in Goa. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 44 (1&2), 1–13.
- Kützing, F. T. (1834 [1833]). Synopsis diatomearum oder Versuch einer systematischen Zusammenstellung der Diatomeen. *Linnaea* 8, 529–620, Plates XIII–XIX [79 figs].
- Lagerheim, G. (1882). *Bidrag till kannedomen om Stockholmstraktens Pedicaster, Protococcaceer och Palmellaceer*. Oefv. Kongl. Sv. Vet.-Akad, Forhandl., 39 (No. 2, pp. 47–81; Pls. 2, 3).
- Lemmermann, E. (1904). Das Plankton schwedischer Gewässer. *Arkiv för Botanik*, 2 (2), 1–209. Pls. 1, 2.
- McComb, A. J., & Lukatelich, R. J. (1995). In A. J. McComb (Ed.), *The Peel-Harvey estuarine system, Western Australia*.
- Morren, C. (1830). Memoire sur un vegetal microscopique dun nouveau genre, propose sous le nomme Microsoter, ou conservateur des perites choses. *Annales des Sciences Naturelles – Biblioteca*, 20 (Ser. 1), 404–426.

- Mukherjee, M. (1996). Pisciculture and environment: An economic evaluation of sewage-fed fisheries in East Kolkata. *Science, Technology and Development*, 14 (2), 73–79.
- Mukherjee, M., Nath, U., Kashem, A., & Chattopadhyay, M. (2002). Peri-urban aquaculture and its environmental status: Kolkata experience. *Fishing Chimes*, 22 (i), 9–15.
- Mukherjee, I., Bhaumik, P., Mishra, M., Ranjan Thakur, A., & Ray Chaudhuri, S. (2010). Bheri-a unique example of biological complex system. *Journal of Biological Sciences*, 10 (1), 1–10.
- Nayar, K. K. (1994). The effect of Calcutta sewage on fish life. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, 10 , 147–156.
- Pearl, H. W., Rudek, J., & Mallin, M. A. (1990). Stimulation of phytoplankton production in coastal waters by natural rainfall inputs: Nutritional and trophic implications. *Marine Biology*, 107 , 247–254.
- Pradhan, A., Bhaumik, P., Das, S., Mishra, M., Khanam, S., et al. (2008). Phytoplankton diversity as indicator of water quality for fish cultivation. *American Journal of Environmental Sciences*, 4 , 406–411.
- Prescott, G. W. (1982). *Algae of the Great Western Lakes area* (pp. 1–997). Dubuque: W.C. Brown Co.
- Rabenhorst, L. (1864–1868). *Florae Europaea Algum Aque dulcis et submarinae* (3 Vols.). Leipzig.
- Ralfs, J. (1844). On the British Desmidiaceae. *Annals and Magazine of Natural History*, 14 (Ser. 1), 469.
- Ray Chaudhuri, S., Salodkar, S., Sudarsan, M., & Thakur, A. R. (2007). Integrated resource recovery at East Calcutta Wetland: How safe is this? *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 2 , 75–80.
- Ray Chaudhuri, S., Mishra, M., Nandy, P., & Thakur, A. R. (2008). Waste management: A case study of ongoing traditional practices at east Calcutta wetland. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 3 , 315–320.
- Redfield, A. C. (1958). The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist*, 46 , 205–222.

Reinsch, P. F. (1867). Die Algenflora des mittleren Theiles von Franken, enthaltend die vom Autor bis jetzt in diesen Gebieten beobachteten Susswasseralgen etc. *Abh Naturh Ges Nurnberg*, 3, 64.

Roy, P., Saha, S. B., & Banerjee, K. K. (1981, December 11–13). A case study of Calcutta municipal wastes for fish culture in Bidyadhari-Kulti complex. W.B. international symposium of water resources conservation, pollution and abatement, University of Roorkee.

Ryther, J. H., & Dunstan, W. M. (1971). Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. *Science*, 171, 1008–1013.

Schmidle, W. (1901). *Algologische Notizen*. XV. Allg Bot Ges, 19, p. 234.

Sen, S. (1941). *Fisheries of West Bengal*. Alipore: West Bengal Government Press.

Sewell, R. B. S. (1935). A study of fauna of Salt Lake, Calcutta. *Records of the Indian Museum*, 36, 45–49, 58–60.

Shafi, N., et al. (2013). Phytoplankton dynamics of Nigeen Lake in Kashmir Himalaya. *International Journal of Environment and Bioenergy*, 6 (1), 13–27.

Siep, K. L. (1994). Phosphorous and nitrogen limitation of algal biomass across trophic gradients. *Aquatic Sciences* 56, 16–28.

Smith, G. M. (1916). A monograph of the algal genus *Scenedesmus* based upon pure culture studies. *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences Arts and Letters*, 18, 422–530.

Sterner, R. W. (1994). Seasonal and spatial patterns in macro and micronutrient limitation in Joe Pool Lake, Texas. *Limnology and Oceanography*, 39, 535–50.

Thajuddin, N., & Subramanian, G. (1992). *Survey of Cyanobacterial Flora of the Southern East Coast of India*, *Botanica Marina* (Vol. 35, pp. 305–314).

Venkataraman, G. (1939). A systematic account of some south Indian diatoms. In *Proceedings of the Indian Academy of Sciences* (Vol. X, No. 6, Sec. B).

West, W., & West, G. S. (1904). *Fresh water algae from the Orkneys and Shetlands* (p. 224) Edinburgh: Transactions of the Botanical Society.

5-3- مطالعه موردی 2: تنوع فیتوپلانکتون سونداریانس هندی¹

جنگل حرای سونداریانس یکی از بزرگ‌ترین جنگل‌های حرا در جهان است (140000 هکتار) که در قسمت جنوب شرقی آسیا و یا در سواحل جنوب شرقی هند و بنگلادش، در دلتای رودخانه‌های گنگ، براهماپوترا و مگهنا² در دهانه خلیج بنگال واقع شده است. قسمت هندی آن در موقعیت جغرافیایی $21^{\circ}31'$ تا $22^{\circ}53'$ شمالی و $88^{\circ}37'$ تا $89^{\circ}09'$ شرقی قرار گرفته است. در سال 1974 یونسکو به‌دلیل زیبایی و غنای حیات وحش منطقه، آن را به‌عنوان میراث طبیعی جهانی اعلام کرد. این مکان به‌وسیله شبکه پیچیده‌ای از جزایر جنگلی کوچک و جلگه‌ها و بعضی از رودخانه‌های جزر و مدی به هم پیوسته، خورها و کانال‌ها تقسیم‌بندی شده است، که تشکیل شبکه پیچیده‌ای از آبراه‌های جزرومدی را می‌دهد. زمین به‌طور مداوم توسط فعالیت‌های جزر و مدی به‌وسیله فرسایش در طول مصب‌ها و رسوب نمک آب دریاها دچار تغییرات و قالب‌بندی‌هایی شده است. سانداریانس از 3 پناهگاه حیات وحش (سونداریانس غربی، شرقی و جنوبی) شامل انواع ببر سلطنتی آدم‌خوار بنگال تشکیل شده است. زیبایی سونداریانس مربوط به محیط طبیعی منحصربه‌فرد اطراف آن است. هزاران جوی پرپیچ و خم، خور، رودخانه و مصب، جذابیت آن را زیاد کرده‌اند، مناطق جنگلی توسط گیاهان حرای معمولی مانند ساندرای و گویو³ و تکه‌هایی از نخل نایپا⁴ غالب شده‌اند. سونداریانس زیستگاه طبیعی ببر معروف جهان (ببر بنگال سلطنتی)، آهوی کوهی خالخال، کروکودیل‌ها، مرغ جنگلی، گراز وحشی، مارمولک، میمون و انواع بیشمار از پرندگان زیبا می‌باشد. کل منطقه در طول مد با آب لب شور غرق می‌شود که با آب شیرین رودخانه‌های خشکی مخلوط می‌شود. باران‌های موسمی، جاری شدن سیل، تشکیل دلتا و تأثیر جزرومد در سانداریانس به هم می‌پیوندند تا یک چشم‌انداز پویا را تشکیل دهند که همواره در حال تغییر است. اکولوژی و تنوع زیستی جلبک سونداریانس توسط تعدادی از محققین مورد مطالعه قرار گرفته است (prain 1903; Naskar and Mandal 1999; Sen and Naskar 2003). چندین محقق اکوسیستم جنگل حرا با مرجع قرار دادن سکونت انسان و استقرار آن‌ها، توسعه زمین‌های کشاورزی و ماهیگیری آب لب‌شور را مورد مطالعه قرار دادند. فلور جلبکی سانداریانس به‌طور گسترده‌ای از نقطه نظر طبقه‌بندی (تاکسونومیک) و بعنوان یک منبع بالقوه برای سوخت زیستی (بیودیزل) توسط گروه اخیر مورد مطالعه قرار گرفته است (2002; Choudhury and Mukhopadhyay and pal)

-
1. Indian Sunderbans
 2. the Ganges, Brahmaputra and Meghna rivers
 3. Sundri and Gewu
 4. Nypa

(pal 2008; Satpati et al. 2013)، جمعیت فیتوپلانکتون رودخانه‌های سونداریانس به میزان زیادی با شیب شوری تغییر می‌کند. در مطالعه حاضر، فیتوپلانکتون‌ها از جزایر مختلف سانداریانس مثل باسنتی، پاتارپراتیما، باکحالی^۱ و جزایر لوئیان^۲ و سیستم‌های رودخانه‌ای اطراف آن مثل رودخانه خونار خال و ویدیا^۳، رودخانه مورینگا^۴، رودخانه ساپتاموخی^۵، رودخانه ماتلا و بیشالاکسیخا^۶ جمع‌آوری شدند. نمونه‌برداری میان رودخانه‌ای برای جمع‌آوری فیتوپلانکتون‌ها انجام شد. بخش‌های نمونه‌برداری از منطقه آب شیرین تا منطقه دریایی را شامل می‌شد. تغییرات شوری از صفر تا 22 psu، پروفیل-های دمایی از 22-34 درجه سانتی گراد و میانگین pH 7/98 اندازه‌گیری شد. Bacillariophyceae در جمعیت فیتوپلانکتون غالب بود و بدن‌بال آن جلبک‌های سبز و سایر گروه-های جلبکی مانند Cyanophyceae، Euglenophyceae و Dinophyceae ثبت شدند. در مجموع 34 گونه متعلق به 5 گروه ثبت شد. تنوع گونه‌ای در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصل تابستان (مارس) حداکثر و در فصل زمستان (نوامبر) حداقل بود.

5-3-1- فهرست جنس‌های فیتوپلانکتون ثبت شده از سونداریانس

<i>Cyanobacteria</i>	1. <i>Merismopedia glauca</i>
	2. <i>Merismopedia minima</i>
	3. <i>Spirulina platensis</i>
	4. <i>Gloeocapsa punctata</i>
<i>Chlorophyceae</i>	5. <i>Chlorococcum infusionum</i>
	6. <i>Pediastrum tetras</i>
	7. <i>Crucigenia tetrapedia</i>
	8. <i>Scenedesmus quadricauda</i>
	9. <i>S. bijuga</i>
	10. <i>S. dimorphus</i>
	11. <i>Closterium tumidum</i>
<i>Euglenophyceae</i>	12. <i>Euglena gracilis</i>

1. Basanti, Patharpratima, Bakkhali
2. Lothian
3. Khonar khal and Vidya
4. Muriganga
5. Saptamukhi
6. Matla and Bishalaksikha

	13. <i>E. polymorpha</i>
	14. <i>Phacus longicauda</i>
	15. <i>P. segretii</i>
<i>Bacillariophyceae</i>	16. <i>Achnanthes hauckiana</i>
	17. <i>Pleurosigma angulatum</i>
	18. <i>P. normanii</i>
	19. <i>Navicula halophila</i>
	20. <i>N. cincta</i>
	21. <i>N. minima</i>
	22. <i>N. ignorata</i>
	23. <i>N. peregrina</i>
	24. <i>Coscinodiscus excentricus</i>
	25. <i>C. excentricus</i>
	26. <i>Cyclotella meneghiniana</i>
	27. <i>Cyclotella striata</i>
	28. <i>Nitzschia obtuse</i>
	29. <i>N. amphibian</i>
	30. <i>Melosira nummuloides</i>
	31. <i>Fragilaria intermedia</i>
	32. <i>F. oceanic</i>
<i>Dinophyceae</i>	33. <i>Ceratium hirundinella</i>
	34. <i>Noctiluca scintillans</i>

5-3-2- گزارش طبقه‌بندی از چند گونه فیتوپلانکتون ثبت شده از سونداریانس (بقیه در مطالعات موردی 1 و 3 اشاره شده است)

شاخه: Euglenophyta

رده: Euglenophyceae

راسته: Euglenales

خانواده: Euglenaceae

Euglena polymorpha Dangeard (تصویر 4-5، شکل A)

Dangeard 1902، صفحه 175، تصویر 85، شکل 21.22؛ Prescott 1982، صفحه 393
 سلول‌ها بیضوی، گلابی شکل یا تقریباً استوانه‌ای، که به تدریج از پشت به یک راس بی‌نوک کوتاه
 محدود می‌شوند، پری‌پلاست با نوار مارپیچی، کلروپلاست زیاد و دیسک مانند با لبه دنداندار، دارای
 یک پیرنوئید، سلول‌ها از نظر قطر 20-26 میکرون و از نظر طولی 80-90 میکرون هستند.
Phacus segretii var. *ovum* Prescott (تصویر 4-5، شکل B)
 Prescott 1982، صفحه 369، تصویر 88، شکل 23
 سلول‌ها بزرگ‌تر از اندازه نرمال، به‌طور گسترده‌ای تخم مرغی شکل، 29 میکرون قطر و 40
 میکرون طول دارند. در حوضچه چهارخالی¹ (22°01'142 شمالی، 88°41'168 شرقی)، آب شیرین
 یافت می‌شوند.

شاخه: Heterokontophyta

رده: Bacillariophyceae

راسته: Pennalales

زیر راسته: Araphidineae

خانواده: Fragilariaceae

زیر خانواده: Fragilarioideae

Fragilaria brevistriata Grun. forma *elongate* f. nov
 Venkataraman 1939، صفحه 305، شکل 25.26
 کفه‌های باریک نیزه‌ای با انتهای گرد، دارای نوار باریک کوتاه و حاشیه‌ای، رافه کاذب گسترده، طول
 31/20 میکرون، عرض 4/31 میکرون، استریا 13 در 10 میکرون .
Fragilaria oceanica Cleve (تصویر 4-5، شکل H)
 Subrahmanyam 1946، صفحه 165، شکل 336-339
 دیواره فروستول از منظر کمربندی طولی مستطیلی، زنجیره‌ای روبان مانند بسیار متراکم را تشکیل
 می‌دهد. کفه‌ها به طور گسترده نیزه‌ای با انتهای گرد، طول 11/5 میکرون و عرض 6/5 میکرون است .

1. Jharkhali

زیر راسته: Monoraphidineae

خانواده: Achnanthaceae

زیرخانواده: Achnanthoideae

Achnanthes hauckiana var. *rostrata* (تصویر 4-5، شکل I)

Schulz 1926، صفحه 191، شکل 40

کفه‌های بیضوی نیزه‌ای با کمی انتهای بریده است، رافه نازک، رشته مانند، منطقه محوری باریک، منطقه مرکزی تا حدودی پهن است، اندازه‌ی استریا 20 در 10 میکرون است، طول 20/41 میکرون و عرض 6/806 میکرون است.

زیرراسته: Biraphidineae

خانواده: Naviculaceae

زیرخانواده: Naviculoideae

Navicula cincta (Ehr.) Kutz., var. *Heufleri* Grun. (تصویر 4-5، شکل G)

G.Venkataraman 1939، صفحه 326، شکل 89

کفه باریک نیزه‌ای با انتهای کند است، منطقه‌ی محوری باریک، منطقه مرکزی پهنای کمتری دارد، خطوط در انتها همگرا هستند، طول 26/56 میکرون و پهنای 5/81 میکرون و اندازه‌ی شیارها 10 در 10 میکرون است.

Navicula ignorata Krasske (پلیت 4-5، شکل E)

Hustedt 1952، صفحه 442، شکل 819؛ Foged 1979، صفحه 87، تصویر XLIII، شکل 5

کفه باریک نیزه‌ای، با انتهای تقریباً خمیده است، طول 57/44 میکرون و عرض 3/59 میکرون است

رده: Coscinodiscophyceae

راسته: Melosirales

خانواده: Melosiraceae

Melosira nummuloides var. *lesdiana* Pantocsek (تصویر 4-5، شکل C)

Agardh 1827، صفحه 307، شکل 312

سلول‌ها استوانه‌ای تا کروی، که زنجیره تشکیل می‌دهند. سطح کفه صاف یا گنبدی شکل، با برآمدگی‌های کوچک یا گرانول‌ها پوشش داده شده است، که تاج کم و بیش توسعه یافته است.

دسته: Dinophyta

رده: Dinophyceae

راسته: Noctilucales

خانواده: Noctilucaceae

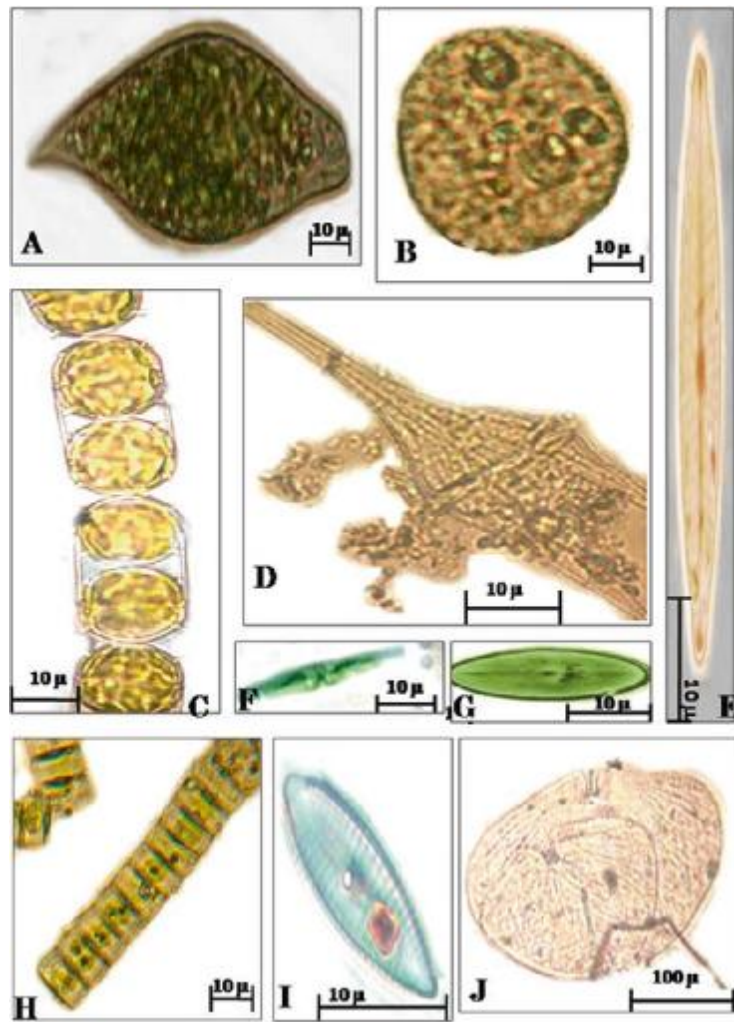
Noctiluca scintillans (Macartney) (تصویر 4-5، شکل J)

سلول‌ها، بزرگ، گرد و کلیوی شکل، با تانتاکول مخطط هستند، یک تاژک و یک هسته یوکاریوتی دارند، سیتوپلاسم ممکن است دارای همزیست فتوسنتزی باشد و گامت‌ها ژیمنوتید هستند. فاگوتروف با واکوئل غذایی حاوی طعمه است. کلروپلاست وجود ندارد، قطر سلول 200-250 میکرون است.

Ceratium hirudinella (O.F. Muell) Dujardin (تصویر 4-5، شکل D)

Prescott 1982، صفحه 437، تصویر 92، شکل 4 و 5

سلول‌ها با صفحات چند ضلعی، اپی‌کن معمولاً بزرگ‌تر از هیپوکن است، سلول‌های مثلثی شاخ‌دار شیارهای برجسته عرضی است. طول سلول‌ها 45 میکرون و عرض آن‌ها 15 میکرون است.



تصویر 4-5 (A) *Euglena polymorpha* (B) *Phacus segretii* (C) *Melosira*
numuloides (D) *Ceratium hirudinella* (E) *Navicula ignorata* (F) *Fragilaria*
brevistriata (G) *Navicula cincta* (H) *Fragilaria oceanica* (I) *Acnantes*
hauckiana (J) *Noctiluca scintillans*

منابع

- Agardh, C. A. (1827). *Aufzählung einiger in den österreichischen Ländern gefundenen neuen Gattungen und Arten von Algen, nebst ihrer Diagnostik and beigefügten . Bemerkungen.*
- Choudhury, A., & Pal, R. (2008). Diversity of planktonic diatoms from West Bengal coast with special reference to taxonomic accounts. *Phytomorphology* , *ISPM*, 58 (1 and 2), 29–42–41.
- Hustedt, F. (1952). Neue und weing bekannte Diatomeen, IV. *Botaniska Notiser Hf4*, 366– 410. 134 Figs, *Flora* 10 (40), 625–640.
- Mukhopadhyay, A., & Pal, R. (2002). A report on biodiversity of algae from coastal West Bengal (South & North 24-parganas) and their cultural behavior in relation to mass cultivation programme. *Indian Hydrobiology*, 5 (2), 97 – 107.
- Naskar, K. R. & Mandal, R. N. (1999). *Ecology and biodiversity of Indian mangrove* (Vols. 1 & 2). New Delhi: Daya Publishing House.
- Prain, D. (1903). Flora of sundarbans. *Records of the Botanical Survey of India*, 2 , 231–390.
- Presscott, G. W. (1982). *Algae of the Western Great Lakes area* (2nd ed.). Dubuque: WM Brown & Co. Satpati, G. G., Barman, N., & Pal, R. (2013). A study on green algal fl ora of Indian sundarbans mangrove forest with special reference to morphotaxonomy. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 4 (1), 26.
- Schulz, P. (1926). Die Kieselalgen der Danziger Bucht mit Einschluss derjenigen aus glazialen und postglacialen Sedimenten. *Bot Arch Königsberg*, 13 (3/4), 149–327.
- Sen, N., & Naskar, K. (2003). *Algal fl ora of sundarbansMangal* . New Delhi: Daya Publishing House.
- Subrahmanyam, R. (1946). A systematic account of the marine plankton diatoms of the Madras Coast. *Proceedings of the Indian Academy of Science*, 24B , 85–197.

5-4- مطالعه موردی 3: پویایی فیتوپلانکتون در ساحل شرقی هند

5-4-1- منطقه مورد مطالعه

مصب بهاگیراٹی- هوگلی¹، واقع در ساحل شرقی هند، انشعایی دلتایی از رودخانه گنگ است و در موقعیت جغرافیایی تقریبی بین $21^{\circ}31'$ - $23^{\circ}20'$ شمالی و $87^{\circ}45'$ - $88^{\circ}45'$ شرقی واقع شده است. این منطقه یک مصب ساحلی گرمسیری است و با ذخیره بیوسفری جنگل حرا سونداریانس که جزئی است از بزرگ‌ترین دلتای جهان (دلتای برهماپوترای گنگ)، در ارتباط می‌باشد. مصب قیفی شکل، با وسعت و مساحت سطح مقطع در دهانه با 25 کیلومتر و 156/250 متر مربع شروع می‌شود، که به 6 کیلومتر و 36/799 متر مربع در انتها کاهش می‌یابد. شرایط آب و هوایی از طریق بادهای موسمی شمال شرقی و جنوب غربی ایجاد می‌شود که در آن میزان بارش سالانه بین 188 و 245 سانتی متر متغیر است، که 75-85 درصد از کل میزان بارش سالانه در ماه‌های مانسون (بارش‌های موسمی) رخ می‌دهد. نفوذ بادهای موسمی جنوب غربی منجر به بارش فصلی شدید می‌شود که ممکن است مقدار باران را به بیش از 500 میلی‌متر در یک ماه هم برساند. این خط ساحلی گرمسیری، تابستان طولانی مدت (آوریل - می - ژوئن) با یک دمای متوسط 35 ± 5 درجه سانتی گراد و یک فصل بارش موسمی طولانی (جولای - آگوست - سپتامبر) با دمای متوسط 35 ± 5 درجه سانتی گراد را نشان می‌دهد. زمستان (نوامبر - دسامبر - ژانویه) در این منطقه از جهان نسبتاً معتدل با دمای متوسط 12 ± 5 درجه سانتی گراد است. بنابراین این منطقه افزایش تدریجی دما از ژانویه تا می و به دنبال آن، کاهش دما با شروع بادهای موسمی جنوب غربی از ژوئن به بعد را نشان می‌دهد و در طی پایان سال به حداقل می‌رسد. از مصب رودخانه و منطقه ساحلی، ما چهار ایستگاه اصلی را برای مطالعه‌مان انتخاب کردیم که هریک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری عمدتاً بر اساس شیب شوری انتخاب شده بودند (بندر الماس، کاکدویپ، جانیپوت و دیگها)². ایستگاه‌های نمونه‌برداری به‌صورت منطقه آب شیرین (بندر الماس)، منطقه مصب رودخانه (کاکدویپ) و منطقه دریایی (جانیپوت و دیگها) طراحی شدند. بندر الماس ($22^{\circ}8'78'$ شمالی و $88^{\circ}9'$ شرقی) در فاصله 56 کیلومتری از کلکته، مرکز ایالت بنگال غربی، هند واقع شده است (شکل 5-2). درست در بالا دست این ایستگاه ساحلی، رودخانه راپنارایان³ با رودخانه هوگلی⁴ ادغام می‌شود که پیش تر به رودخانه هالدی¹ در فاصله 20 کیلومتری در پایین دست ملحق

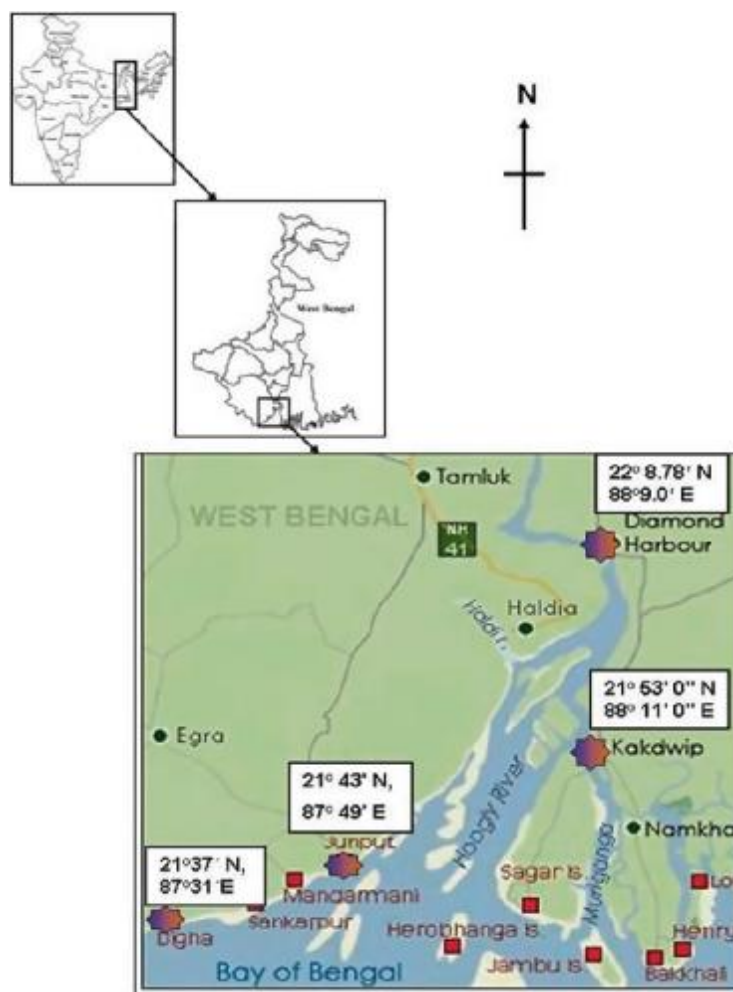
1. Bhagirathi-Hugli

2. Diamond Harbour, Kakdweep, Junput and Digha

3. Rupnarayan

4. Hugli

شده بود. از آنجا که این ایستگاه ساحلی در بالادست ناحیه مصب بهاگیرائی - هوگلی واقع شده است، بر این اساس، شوری نسبتاً پایین ($0-4/5$ psu) بود و در ماه‌های مانسون نیز به میزان کم یعنی حدود صفر psu می‌رسد. بنابراین، این ایستگاه به عنوان ایستگاه آب شیرین تعیین شد (شکل 2-5). دومین ایستگاه نمونه برداری ما کاکدویپ ($21^{\circ}53'0''$ شمالی، $88^{\circ}11'0''$ شرقی) بود که در فاصله 36 کیلومتری از بندر الماس واقع شده است و به عنوان یک ایستگاه مصبی (شوری $4-17$ psu) در نظر گرفته شد. در این ایستگاه، شرایط اختلاط بین آب شیرین بهاگیرائی - هوگلی و آب دریایی خلیج بنگال متداول‌تر است که باعث ایجاد شرایط مزوهایلین در این ناحیه می‌شود (شکل 2-5). برای نمونه‌های دریایی در امتداد یک شیب شوری نسبتاً زیاد (26 تا 36 psu)، دو ایستگاه ساحلی (جانپوت، $21^{\circ}43'$ شمالی، $87^{\circ}49'$ شرقی و دیگها، $21^{\circ}37'$ شمالی، $87^{\circ}31'$ شرقی) از تلاقی رودخانه هوگلی و خلیج بنگال، با هم به عنوان منطقه دریایی ساحلی انتخاب شدند (شکل 2-5).



شکل 2-5 نقشه منطقه مورد مطالعه واقع در ساحل بنگال غربی

2-4-5- تغذیه و پویایی فیتوپلانکتون در ساحل غربی بنگال

جمعیت فیتوپلانکتون ساحل غربی بنگال در یک حالت پویا می‌باشد که نتیجه اثر متقابل چندین فاکتور فیزیکی-شیمیایی و زیستی است. تغییرات محیطی و غلظت مواد مغذی به‌طور قابل‌توجهی هم بر اساس ماه و هم بر اساس فصل در حال نوسان هستند. چنین تغییراتی در وضعیت مواد مغذی و محیط

فیزیکی‌شیمیایی زیستگاه باعث نوسانات در جمعیت فیتوپلانکتون و همچنین در شاخص‌های زیستی می‌شود.

بر این اساس، نتایج در بخش‌های مختلف به شرح زیر ارائه شده است:

الف- تنوع فیتوپلانکتون در منطقه مورد مطالعه

ب- تجزیه و تحلیل پارامترهای فیزیکی‌شیمیایی منطقه مورد مطالعه

ج- مطالعه جمعیت فیتوپلانکتون (شمارش سلول) با استفاده از شاخص‌های زیستی

د- برآورد تولید اولیه (GPP, NPP و CRR) و غلظت اکسیژن (DO و BOD)

ه- اجرای روش‌های چند گانه برای تجزیه و تحلیل الگوی جمعیت منطقه مورد مطالعه

5-4-2-1- تنوع فیتوپلانکتون در منطقه مورد مطالعه

جمعیت فیتوپلانکتون منطقه مورد مطالعه با 75 گونه متعلق به 3 گروه جلبکی متفاوت، مانند سیانوباکتری‌ها، Chlorophyta و Bacillariophyta گزارش شد. در میان گونه‌های گزارش شده، 8 گونه سیانوباکتری، 17 گونه Chlorophyta و 51 گونه Bacillariophyta (جدول 2-5) شناسایی شد. به‌طور واضحی، دیاتومه‌ها بخش اصلی جمعیت فیتوپلانکتون را تشکیل می‌دادند که حدود 96 درصد از کل جمعیت را به خود اختصاص داده بود. اگرچه تاکسون دیاتومه از هر سه منطقه نمونه- برداری (منطقه آب شیرین، منطقه مصب و منطقه دریایی) گزارش شدند، ولی جمعیت سیانوباکتریایی به منطقه آب شیرین، ایستگاه بندر الماس، محدود بود. از سوی دیگر، جنس‌های جلبک سبز از ایستگاه های آب شیرین و مصب گزارش شدند ولی در منطقه ساحلی دریایی حضور نداشتند. در بین اعضای متفاوت دیاتومه‌ها، انواع دایره‌ای¹ در منطقه مصب تا ناحیه دریایی بسیار غالب بودند در مقابل دیاتومه‌های کشیده² از منطقه آب شیرین تا منطقه مصب گزارش شدند. بر اساس ایستگاه، جمعیت فیتوپلانکتون در بندر الماس در مقایسه با دو منطقه دیگر، با 54 تاکسون بیشترین تنوع را داشت. از جمعیت منطقه ساحلی دریا (دیگها و جانپوت) 41 جنس از دیاتومه‌ها گزارش شد. جمعیت در ایستگاه مصب (کاکدویپ)، کمترین تنوع را با 25 تاکسون جلبکی نشان داد. هر ایستگاه اجتماع فیتوپلانکتونی مجزایی را نشان داد که پاسخی به شرایط محیط زیستی از لحاظ مکانی و زمانی بود.

1. centric

2. pennate

جدول 2-5 لیست فیتوپلانکتون ثبت شده از کل منطقه مورد مطالعه (ایستگاه آب شیرین ، ایستگاه مصب و منطقه دریایی ساحلی)

S. No.	Name of taxa
1.	<i>Gloeocaspapunctata</i>
2.	<i>Microcystis aeruginosa</i>
3.	<i>Merismopedia glauca</i>
4.	<i>Merismopedia minima</i>
5.	<i>Merismopedia punctata</i>
6.	<i>Gloeotheca rupestris</i>
7.	<i>Spirulina meneghiniana</i>
8.	<i>Spirulina platensis</i>
Chlorophyta	
9.	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>rotundatum</i>
10.	<i>Pediastrum simplex</i>
11.	<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>duodenarium</i>
12.	<i>Pediastrum tetras</i>
13.	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
14.	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> var. <i>stipitatus</i>
15.	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>
16.	<i>Shroederia judayi</i>
17.	<i>Kirchneriella lunaris</i>
18.	<i>Scenedesmus bijuga</i>
19.	<i>Scenedesmus dimorphus</i>
20.	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
21.	<i>Crucigenia rectangularis</i>
22.	<i>Crucigenia tetrapedia</i>
23.	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>
24.	<i>Rhizoclonium riparium</i>
Bacillariophyta	
25.	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>
26.	<i>Skeletonema costatum</i>
27.	<i>Thalassiosira decipiens</i>
28.	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
29.	<i>Cyclotella striata</i>
30.	<i>Coscinodiscus granii</i>

31.	<i>Coscinodiscus excentricus</i>
32.	<i>Coscinodiscus excentricus</i> var. <i>fasciculata</i>
33.	<i>Actinocyclus normanii</i> f. <i>subsala</i>
34.	<i>Leptocylindrus danicus</i>
35.	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>
36.	<i>Bacteriastrum varians</i>
37.	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
38.	<i>Chaetoceros diversus</i>
39.	<i>Chaetoceros messanensis</i>
40.	<i>Chaetoceros wighami</i>
41.	<i>Eucampia zoodiacus</i>
42.	<i>Ditylum brightwellii</i>
43.	<i>Biddulphia alternans</i>
44.	<i>Odontella aurita</i>
45.	<i>Biddulphia dubia</i>
46.	<i>Biddulphia heteroceros</i>
47.	<i>Biddulphia mobiliensis</i>
48.	<i>Odontella rhombus</i>
49.	<i>Thalassionema nitzschoides</i>
50.	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
51.	<i>Asterionella japonica</i>
52.	<i>Cocconeis dirupta</i>
53.	<i>Gyrosigma beaufortianum</i>
54.	<i>Gyrosigma acuminatum</i>
55.	<i>Gyrosigma obtusatum</i>
56.	<i>Pleurosigma normanii</i>
57.	<i>Pleurosigma salinarum</i>
58.	<i>Diploneis weissfl ogii</i>
59.	<i>Diploneis interrupta</i>
60.	<i>Navicula minima</i> Grunow
61.	<i>Navicula mutica</i> fo. <i>cohnii</i>
62.	<i>Navicula peregrina</i>
63.	<i>Navicula quadripartita</i>
64.	<i>Amphiprora gigantea</i>
65.	<i>Cymbella naviculiformis</i>

66.	<i>Bacillaria paradoxa</i>
67.	<i>Nitzschia amphibia</i>
68.	<i>Nitzschia bilobata</i> var. <i>minor</i>
69.	<i>Nitzschia ignorata</i>
70.	<i>Nitzschia obtusa</i>
71.	<i>Nitzschia punctata</i>
72.	<i>Nitzschia sigmoidea</i>
73.	<i>Nitzschia delicatissima</i>
74.	<i>Nitzschia pacifica</i>
75.	<i>Surirella fastuosa</i> var. <i>recedens</i>

جمعیت فیتوپلانکتون در منطقه آب شیرین (بندر الماس) با 54 تاکسون فیتوپلانکتونی به ثبت رسید که 8 گونه آن جلبک سبزآبی، 16 تاکسون جلبک سبز و 30 جنس از دیاتومه‌ها بودند (جدول 5-3). جمعیت فیتوپلانکتونی الگوهای مشخصی را نشان داد به طوری که جمعیت جلبک‌های سبز عمدتاً در طول ماه‌های گرم تابستان و بارش موسمی، درحالی‌که دیاتومه‌ها در ماه‌های خنک پس از بارش موسمی و زمستان بیشتر مشاهده شدند.

جدول 3-5 لیست جنس‌های فیتو پلانکتون گزارش شده در طول دوره بررسی از ایستگاه آب شیرین (بندر الماس)

شاخه	نام جنس	دوره دسترسی	فراوانی
Cyanobacteria	<i>Merismopedia minima</i> (MM)	July to Nov	+
	<i>Merismopedia punctata</i> (MP)	August to Nov	+
	<i>Merismopedia glauca</i> (MG)	June, July	+
	<i>Spirulina platensis</i> (SP)	Apr to Sept	+
	<i>Spirulina meneghiniana</i> (SM)	July, Aug	+
	<i>Gloeocapsa punctata</i> (Glcp)	Apr to July	+
	<i>Gloeotheca rupestris</i> (Glthc)	July	+
	<i>Microcystis aeruginosa</i> (MAero)	Oct to Dec	++
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (AF)	Apr to Sept	+
	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> var. <i>stipitatus</i>	Apr to June	+
	<i>Kirchneriella lunaris</i> (KL)	Apr to Nov	+
	<i>Shroederia judayi</i> (SJ)	Mar to Aug	+
	<i>Crucigenia rectangularis</i> (CR)	May, June	++
	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (CT)	May, June	+
	<i>Crucigenia quadrata</i> (CQ)	Rare	+
	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (SQ)	Mar to June	++
	<i>Scenedesmus bijuga</i> (Sbi)	Mar to June	++
	<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Sdi)	Mar to June	+
	<i>Pediastrum simplex</i>	June, July	++
	<i>Pediastrum tetras</i> (Ptet)	Mar to June	+
	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>Rotundatum</i> (Pdro)	Mar to June	++
	<i>Pediastrum simplex</i> var. <i>duodenarium</i> (Psduo)	Mar to June	+
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> (Dictyo)	Mar, Apr	++
	<i>Rhizoclonium riparium</i> (RR)	Mar to Sept (irregular)	+

شاخه	نام جنس	دوره دسترسی	فراوانی
Bacillariophyta	<i>Odontella aurita</i> (OAu)	Nov to Feb	+
	<i>Biddulphia dubia</i> (Bdu)	Nov to Feb	+
	<i>Gyrosigma obtusatum</i> (GOB)	irregular	+
	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (GAcu)	Aug to Oct	++
	<i>Gyrosigma beaufortianum</i> (Gbeau)	Oct to Apr	+
	<i>Pleurosigma salinarum</i> (Psal)	Oct to Mar	++
	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (CM)	Sept to Oct	++
	<i>Cyclotella striata</i> (CS)	Mar and Sept	+
	<i>Coscinodiscus excentricus</i> (CE)	Mar and Sept	++
	<i>Actinocyclus normanii</i> f. <i>subsala</i> (AN)	Oct to Apr	+
	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (SH)	Nov to Feb	+
	<i>Ditylum brightwellii</i> (DB)	Mar, Apr	+
	<i>Bacteriastrum varians</i> (BV)	Sept, Oct	+
	<i>Bacteriastrum delicatulum</i> (Bdeli)	Aug to Oct	+
	<i>Aulacoseira granulata</i> (Aug)	Aug to Oct	+
	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (TF)	Nov to Feb	++
	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (TN)	Nov to Mar	++
	<i>Bacillaria paxillifer</i> (Bpax)	Nov to Feb	+
	<i>Amphiprora gigantea</i> (AG)	Nov to Jan	+
	<i>Leptocylindrus danicus</i> (LD)	Feb to Sept	+++
	<i>Cymbella naviculiformis</i> (CN)	Nov to Feb	+
	<i>Navicula peregrina</i> (Nper)	Feb to June	+
	<i>Navicula quadripartita</i> (Nquad)	Oct to Mar	+
	<i>Nitzschia ignorata</i> (Nig)	Nov, Dec	+
	<i>Nitzschia amphibia</i> (Namp)	Rare	+
	<i>Nitzschia obtusa</i> (Nob)	Oct to Dec	+
	<i>Nitzschia punctata</i> (Npu)	Nov to Feb	++
	<i>Nitzschia delicatissima</i> (Ndeli)	Nov to Feb	++
	<i>Navicula minima</i> (Nmi)	Oct to Feb	++
	<i>Navicula mutica</i> (Nmu)	Rare	++

$\geq 1 \times 10^4$ سلول در لیتر

$1 \times 10^4 \leq ++$ تا 5×10^4 سلول در لیتر

$5 \times 10^4 \leq +++$ تا 1×10^5 سلول در لیتر

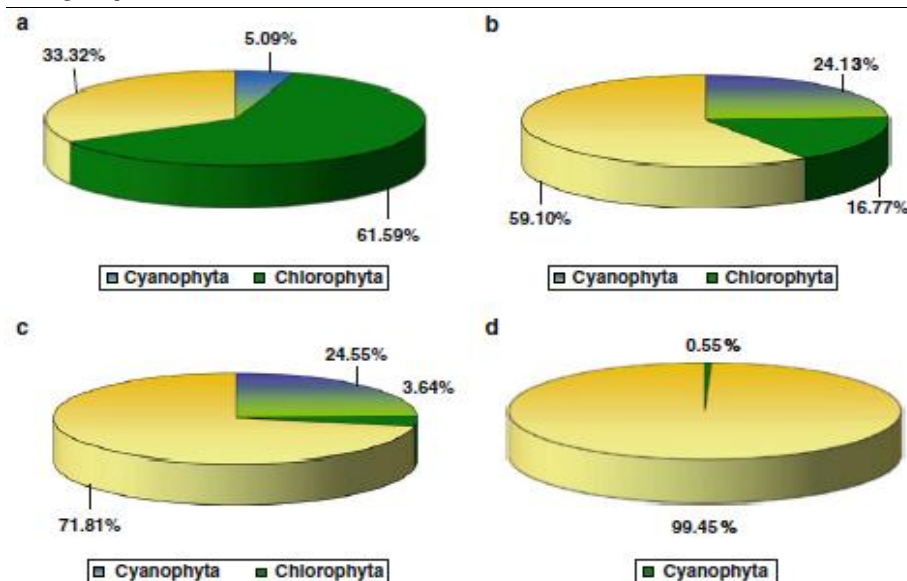
$1 \times 10^5 \leq ++++$ تا 20×10^5 سلول در لیتر

مشاهده و فراوانی جمعیت سیانوباکتری‌ها عمدتاً به دوره‌های مانسون (بارش موسمی) و پس از مانسون (بارش موسمی) محدود شد. تاکسون غالبی که در کل دوره نمونه‌برداری گزارش شده است *Leptocylindrus danicus* بود (جدول 5,4).

سایر جنس‌های غالب فیتوپلانکتونی شامل *Thalassiothrix frauenfeldii*، *Thalassionema*، *P. simplex* var. *P. duplex* var. *rotundatum*، *Pediastrum tetras nitzschoides* و *Scenedesmus* spp. می‌باشند. در دوره مطالعه مربوط به آنالیز فصلی ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها، نتایج کلی زیر در منطقه آب شیرین بدست آمده است.

جدول 4-5 نمایش درصد فراوانی جنس‌های فیتوپلانکتونی غالب در منطقه آب شیرین (بندر الماس)

فصل	گونه غالب	حداکثر سهم نسبت به کل جمعیت (%)
تابستان	<i>Leptocylindrus danicus</i>	9/53
مانسون	<i>Leptocylindrus danicus</i>	18 /54
پس از مانسون	<i>Microcystis aeruginosa</i>	21
زمستان	<i>Nitzschia delicatissima</i>	10 /07



شکل 3-5 درصد سهم فصلی از تقسیمات متفاوت جلبکی به کل جمعیت فیتوپلانکتونی: (a) تابستان، (b) مانسون، (c) پس از مانسون و (d) زمستان در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس)

در تابستان جمعیت جلبک‌های سبز تا 61/59% از جمعیت کل فیتوپلانکتون‌ها را تشکیل دادند در حالیکه دیاتومه‌ها و جلبک‌های سبز آبی به ترتیب 33/32% و 5/09% از جمعیت کل فیتوپلانکتون‌ها را به خود اختصاص دادند (شکل 3-5a). بطور قابل توجهی مشاهده شد که بیشترین فراوانی تاکسون مربوط به جنس دیاتومه *Leptocylindrus danicus* بود که 9/53% از جمعیت کل و به دنبال آن جنس‌هایی از جلبک‌های سبز مانند *Pediastrum duplex* var. *rotundatum* و *Ankistrodesmus falcatus* و *Pediastrum simplex* var. *duodenarium* که به ترتیب 8/94%، 8/82% و 7/32% از جمعیت کل فیتوپلانکتونی را تشکیل دادند.

در دوره‌ی بارش موسمی غالبیت و فراوانی دیاتومه‌ها ادامه داشت (59/1% جمعیت کل)، اگرچه افزایشی در جمعیت سیانوباکتری‌ها وجود داشت (24/13% جمعیت کل) که به همراه جلبک‌های سبز 16/77% جمعیت کل را به خود اختصاص دادند (شکل 3-5b). در یک سطح کلی، غالبیت دیاتومه *Leptocylindrus danicus* تا 18/54% جمعیت کل رسید. در میان جنس‌های جلبک‌های سبز، بیشترین فراوانی تاکسون مربوط به *Kirchneriella lunaris* بود که 10/54% جمعیت کل فیتوپلانکتون‌ها را به خود اختصاص داد. جمعیت سیانوباکتریایی شامل تاکسون‌هایی مانند *Spirulina* spp.، *Merismopedia* spp. و *Microcystis aeruginosa* و غیره بود. در دوره‌ی بعد از بادهای موسمی به دلیل کاهش بارندگی‌های فصلی تغییری دیگر در ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها مشاهده شد (شکل 3-5c). دسترسی به جلبک‌های سبز کمتر شد و فقط 3/64% جمعیت فیتوپلانکتون‌ها را تشکیل دادند. از طرف دیگر، جمعیت دیاتومه‌ها به افزایش خود ادامه داد و در این دوره‌ی زمانی حدود 71/81% کل جمعیت را به خود اختصاص دادند. همچنین جمعیت سیانوباکتری‌ها نیز در این دوره توسعه یافته و گونه *Microcystis aeruginosa* به‌عنوان فراوان‌ترین تاکسون دیده شد که 24/55% کل جمعیت را تشکیل داد. جمعیت دیاتومه‌ها با چندین جنس گزارش شد که فراوان‌ترین آن‌ها شامل *Thalassionema nitzschoides*، *Pleurosigma sali*، *Nitzschia amphibia* و *Gyrosigma obtusatum* بودند که هر یک از آن‌ها 5% کل جمعیت را تشکیل می‌دادند. با فرا رسیدن زمستان اکثر جمعیت به صورت دیاتومه‌ها دیده شد (99/45%) و درصد باقیمانده مربوط به جلبک‌های سبز بدون حضور جلبک‌های سبز-آبی بود (شکل 3-5d). تعداد کل سلول‌های فیتوپلانکتونی در این دوره در مقایسه با سایر فصل‌ها به طرز قابل توجهی بیشتر بود. این امر موجب افزایش تعداد سلول‌های هر یک از تاکسون‌ها به طور مستقل شد. بیشترین فراوانی در تاکسون *Nitzschia delicatissima* دیده شد که 10/07% جمعیت تاکسون‌ها را تشکیل داد (جدول 4-5). دیاتومه‌های کشیده زیاد بودند و گرایش به سمت گونه‌هایی مثل *Thalassionema nitzschoides*، *Pleurosigma salinarum* (syn. *Nitzschia paradoxa*) و *Bacillaria paxillifer*.

frauenfeldii Thalassiothrix بود. هر یک از این تاکسون‌ها بیش از 5% جمعیت را تشکیل می‌دادند. همچنین تاکسون‌هایی از دیاتومه‌های نوع دایره‌ای مانند *Biddulphia dubia* و *Coscinodiscus excentricus* بخش قابل توجهی از جمعیت فیتوپلانکتون‌ها را تشکیل می‌دادند.

جدول 5-5 لیست جنس‌های فیتوپلانکتون گزارش شده در طول دوره‌ی مطالعه از ایستگاه مصب

فرآوری	دوره دسترسی	نام جنس	شاخه
++	Mar to Sept	<i>Kirchneriella lunaris</i> (KL)	Chlorophyta
++	Mar to Oct	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (AF)	
++	Mar to June	<i>Scenedesmus bijuga</i> (Sbi)	
++	Mar to June	<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Sdi)	
+	Apr to May	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Squa)	
+	Apr to Sept (irregular)	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (CT)	
++		<i>Rhizoclonium riparium</i> (RR)	
++	June to Feb	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (TF)	Bacillariophyta
++	May to Nov	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (CM)	
++	May to Nov	<i>Cyclotella striata</i> (CS)	
++	May to Nov	<i>Ditylum brightwellii</i> (DB)	
++	May to Nov	<i>Gyrosigma obtusatum</i> (GOB)	
++	May to Nov	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (GACu)	
+	Sept to Oct	<i>Bacteriastrum varians</i> (BV)	
+	Aug and Sept	<i>Bacteriastrum delicatulum</i> (Bdeli)	
+	irregular	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (SH)	
+	Oct to Apr	<i>Thalassionema nitzschoides</i> (TN)	
+	Oct to Apr	<i>Aulacoseira granulata</i> (AuG)	
+	Oct to Apr	<i>Pleurosigma salinarum</i> (PS)	
+	Oct to Mar	<i>Amphiprora gigantea</i> (AG)	
+	Oct to Mar	<i>Coscinodiscus excentricus</i> (CEX)	
+	Oct to Apr	<i>Nitzschia delicatissima</i> (Ndeli)	
+	Nov to Mar	<i>Odontella aurita</i> (Oau)	
+	Nov to Mar	<i>Biddulphia dubia</i> (Bdu)	

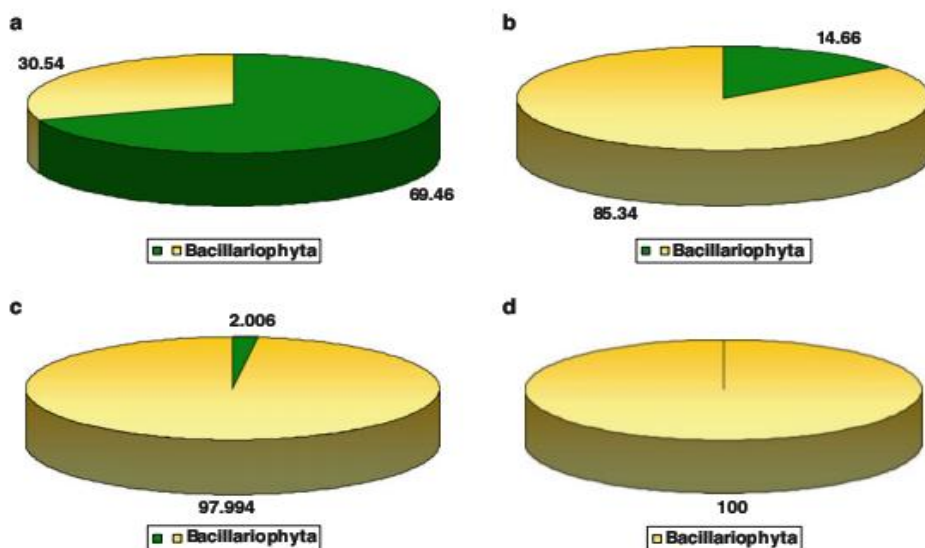
$\geq 1 \times 10^4$ سلول در لیتر = +

$1 \times 10^4 \leq$ تا 5×10^4 سلول در لیتر = ++

$5 \times 10^4 \leq$ تا 1×10^5 سلول در لیتر = +++

$1 \times 10^5 \leq$ تا 20×10^5 سلول در لیتر = ++++

در کاکدوپ، ایستگاه ساحلی مصبی، در مقایسه با سایر مناطق نمونه‌برداری کمترین میزان تنوع فیتوپلانکتونی را به‌خود اختصاص داد. جمعیت جلبک‌های سبز و دیاتومه‌ها غالب بود و گزارشی از تاکسون‌های سیانوباکتریایی وجود نداشت. از ناحیه مصبی جمعیت فیتوپلانکتون‌ها با 25 تاکسون گزارش شد که بیش از 8 گونه جلبک سبز و 17 جنس دیاتومه بودند (جدول 5-5). در اینجا همچنین الگوی متمایزی از جمعیت فیتوپلانکتون‌ها دیده شد که در آن جلبک‌های سبز بیشترین فراوانی را در تابستان و ماه‌های مانسون داشتند، اما دیاتومه‌ها در دوره‌های بعد از مانسون و زمستان بیشترین فراوانی را داشتند. در این ناحیه بر خلاف سایر مناطق یک گونه‌ی منفرد نمی‌تواند به عنوان غالب ترین تاکسون مشخص شود. در تابستان جمعیت جلبک‌های سبز غالب بود و 69/46% کل جمعیت فیتوپلانکتون‌ها و در صورتی که دیاتومه‌ها 30/54% جمعیت را تشکیل می‌دادند (شکل a 4-5).



شکل 4-5 درصد سهم فصلی از تقسیمات متفاوت جلبکی از کل جمعیت فیتوپلانکتونی: (a) تابستان، (b) مانسون، (c) پس از مانسون و (d) زمستان در ایستگاه مصب (کاکدوپ) *Kirchneriella lunaris* با سهم 13/81% کل جمعیت دیده شد. دیگر تاکسون‌های غالب شامل *Scenedesmus brevicauda* و *S. dimorphus* بودند که به ترتیب 12/53% و 11/43% کل جمعیت را تشکیل می‌دادند (جدول 5-6). در ماه‌های مانسون تغییری در ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها با سقوطی در جمعیت جلبک‌های سبز (14/66%) و افزایشی در جمعیت دیاتومه‌ها (85/34%) گزارش شد (شکل b 4-5). در سطح جنس بیشترین فراوانی در تاکسون

Thalassiothrix frauenfeldii با سهم 12/73% از کل جمعیت دیده شد (جدول 5-6). دیگر جنس‌های اصلی که در این دوره شکوفا شدند *Ditylum brightwellii* و *Stephanodiscus hantzschoides* بودند. هر یک به تنهایی 10% از کل جمعیت را تشکیل می‌دادند. جمعیت جلبک-های سبز با *Rhizoclonium riparium*، *Kirchneriella lunaris*، *Ankistrodesmus falcatus* و *Crucigenia tetrapedia* غالب بودند، اگرچه تعداد کل آن‌ها خیلی کمتر از دیاتومه‌ها بود.

در دوره بعد از مانسون به دلیل کاهش بارندگی‌های فصلی ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها مجدداً تغییر کرد. جلبک‌های سبز کاهش یافت و تنها به میزان 2/006% از کل جمعیت فیتوپلانکتونی رسید. از طرف دیگر، افزایش جمعیت دیاتومه‌ها ادامه یافت و تعدادشان به 98% از کل جمعیت در این دوره رسید (شکل 4-5c). جمعیت دیاتومه‌ها شامل چندین جنس مختلف بود که در بین آنها غالب‌ترین تاکسون‌ها *Thalassionema nitzschoides* بود که بیش از 15% از کل جمعیت را به خود اختصاص داد. جنس‌های غالب بعدی شامل *Paralia sulcata*، *Nitzschia Aulacoseira granulata*، *Thalassiothrix frauenfeldii* بودند. با فرا رسیدن زمستان، تقریباً تمام جمعیت را دیاتومه‌ها تشکیل دادند (شکل 4-5d). مجموع شمارش سلولی نشان‌دهنده افزایش قابل توجه آن‌ها در مقایسه با سایر فصول همراه با افزایشی در شمارش سلولی تاکسون منفرد بود. غالب‌ترین تاکسون، گونه *Thalassionema nitzschoides* بود که سهمی برابر با 20/49% از کل جمعیت را داشت. فراوانی دیاتومه‌های دایره‌ای در مقایسه با دیاتومه‌های کشیده بیشتر بود، مثلاً جنس‌های *Pleurosigma salinarum*، *Aulacoseira granulata* و *Coscinodiscus excentricus* و *Biddulphia dubia* بیشتر بودند. هر یک از این جنس‌ها بیش از 5% از کل جمعیت را تشکیل می‌دادند. دیاتومه‌های کشیده مانند *Thalassiothrix frauenfeldii*، *Nitzschia delicatissima* و *Amphiprora gigantea* نیز سهم قابل توجهی را در جمعیت فیتوپلانکتونی داشتند (جدول 5-6).

جدول 5-6 درصد فراوانی جنس‌های غالب فیتوپلانکتونی در منطقه مصب کاکدویپ

فصل	گونه غالب	حد اکثر سهم نسبت به کل جمعیت (%)
تابستان	<i>Kirchneriella lunaris</i>	13/81
مانسون	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	13 /73
پس از مانسون	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	15/54
زمستان	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	20 /49

در ناحیه ساحلی دریایی جمعیت فیتوپلانکتون‌ها شامل 41 تاکسون متعلق به 26 جنس بود. فیتوپلانکتون‌ها به طور عمده دیاتومه‌ها بودند. فقط 2 جنس از Dinophyta به نام‌های *Dinophysis* و *Gymnodinium* در طول مدت مطالعه گزارش شدند (جدول 5-7).

جدول 5-7 لیست جنس‌های فیتوپلانکتون گزارش شده در طول دوره‌ی مطالعه منطقه ساحلی دریا

شاخه	نام جنس	دوره دسترسی	فراوانی
Bacillariophyta	<i>Asterionella japonica</i> (AJ)	تقریباً سرتاسر سال	+++
	<i>Odontella rhombus</i> (OR)	Apr to Oct	+++
	<i>Odontella mobilensis</i> (OM)	Mar to Oct	++
	<i>Odontella aurita</i> (OAu)	Oct to Mar	++
	<i>Biddulphia alternans</i> (Balt)	Aug to Jan	++
	<i>Biddulphia dubia</i> (Bdu)	Oct to Mar	++
	<i>Biddulphia heteroceros</i> (BH)	Oct, Nov	+
	<i>Gyrosigma obtusatum</i> (GOB)	Mar to July	+
	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (GAcu)	Feb to Apr	+
	<i>Pleurosigma normanii</i> (PN)	Dec to Mar	+
	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (CM)	تقریباً سرتاسر سال	++
	<i>Coscinodiscus perforatus</i> (CP)	تقریباً سرتاسر سال	++
	<i>Coscinodiscus centralis</i> (CC)	Nov to Apr	++
	<i>Coscinodiscus excentricus</i> (CE)	Apr to July	++
	<i>Actinocyclus normanii</i> f. <i>subsala</i> (AN)	June to Oct	++
	<i>Coscinodiscus granii</i> (CG)	Oct, Nov	+
	<i>Nitzschia delicatissima</i> (ND)	Apr to July	++
	<i>Nitzschia sigmaidea</i> (NS)	Apr	+

شماره	نام جنس	دوره دسترسی	فرآوری
Bacillariophyta	<i>Cyclotella striata</i> (CS)	May to Sept	+
	<i>Stephanodiscus hantzschoides</i> (SH)	Nov (2006)	++
	<i>Thalassiosira decipiens</i> (TD)	Mar (2007)	+
	<i>Cocconeis dirupta</i>	Aug to Mar	نادر
	<i>Ditylum brightwellii</i> (DB)	May (2005)	++
	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	تقریباً سرتاسر سال	++
	<i>Surirella fastuosa</i> (SF)	June, July (2005)	نادر
	<i>Bacteriastrum varians</i> (BV)	June, Oct	+
	<i>Chaetoceros diversus</i> (CD)	Mar	+
	<i>Diploneis interrupta</i> (DI)	July to Sept	++
	<i>Diploneis weissflogii</i> (DW)	July to Nov	+
	<i>Aulacoseira granulata</i> (AuG)	Oct, Nov	+
	<i>Chaetoceros wighami</i> (CW)	July to Nov	+
	<i>Chaetoceros messanensis</i> (ChM)	July to Oct	+
	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (TF)	July to Oct	++
	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (TN)	Aug to Oct	++
	<i>Bacillaria paxillifer</i> (BPax)	Aug to Feb	++
	<i>Nitzschia pacifica</i> n. sp. (Npac)	Nov to Jan	++
	<i>Amphiprora gigantea</i> (AG)	Mar, Oct	+
	<i>Eucampia zodiacus</i>	Oct, Nov	+
		Oct, Nov	نادر
	<i>Skeletonema costatum</i>	June (2006)	نادر
		March (2006)	نادر
	<i>Gymnodinium</i> sp.	May (2005)	نادر

$\geq 1 \times 10^4$ سلول در لیتر = +

$1 \times 10^4 \leq$ تا 5×10^4 سلول در لیتر = ++

$5 \times 10^4 \leq$ تا 1×10^5 سلول در لیتر = +++

$1 \times 10^5 \leq$ تا 20×10^5 سلول در لیتر = ++++

تعداد کمی از جنس‌ها مانند *Amphiprora*, *Nitzschia pacifica*, *Bacillaria oaxillifer*, *Coscinodiscus*, *Aulacoseira granulate*, *Biddulphia heteroceros*, *gigantea* و *Eucampia zoodiacus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Surirella fastuosa*, *granii* و *Aulacodiscus johnsonii* به‌ندرت در منطقه مطالعاتی حضور داشتند.

در مطالعه حاضر گرایش فصلی مشخصی که در جمعیت فیتوپلانکتونی این ایستگاه ساحلی دیده شد به شرح ذیل توضیح داده می‌شود.

در تابستان، تعداد کل 12 تاکسون در جمعیت فیتوپلانکتون‌ها قابل مشاهده بود. جنس‌های دیاتومه دایره‌ای (82/69٪) در مقایسه با جنس‌های کشیده (17/31٪) بسیار فراوان‌تر بودند (تصویر 5-5a). فراوان‌ترین گونه‌ها *Odontella rhombus* و *Asterionella japonica* بودند که به ترتیب با سهمی 24/06٪ و 11/59٪ از کل جمعیت *Odontella rhombus* و *Asterionella japonica* را داشتند (جدول 5-8).

جدول 5-8 درصد فراوانی جنس‌های غالب فیتوپلانکتونی در منطقه ساحلی دریا (دیگ‌ها و جانپوت)

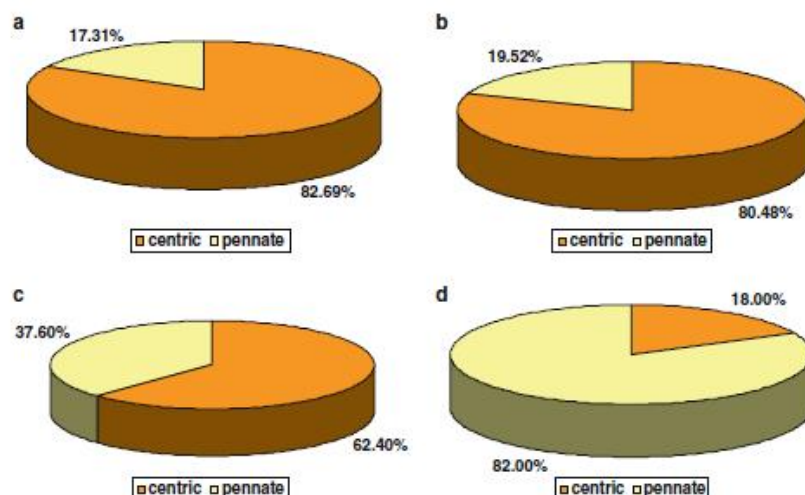
فصل	گونه غالب	حداکثر سهم نسبت به کل جمعیت (%)
تابستان	<i>Skeletonema costatum</i>	26/63
مانسون	<i>Odontella rhombus</i>	13 /48
پس از مانسون	<i>Biddulphia alternans</i>	16/05
زمستان	<i>Asterionella japonica</i>	77 /35

جمعیت *Odontella rhombus* به تدریج در ماه‌های تابستان و با تعداد سلول بیش از 700 سلول بر میلی‌لیتر در ژوئن 2005 افزایش یافت. *Cocconeis dirupta* در ماه می 2005 ظاهر شد که جمعیت آن 25٪ کل جمعیت فیتوپلانکتونی، تخمین زده شد. بقیه جنس‌های دیاتومه‌ها با سهم 5 تا 25٪ کل جمعیت فیتوپلانکتونی در فصل‌های مختلف ظاهر شدند. ظهور ناگهانی گونه *Skeletonema costatum* با شمار سلولی بالا یکی دیگر از تاکسون‌های مهم بود که در ماه ژوئن 2006 ثبت شد و سهم آن 31/50٪ از کل جمعیت فیتوپلانکتونی بود.

در ماه‌های بارش موسمی نیز جمعیت دیاتومه‌های دایره‌ای در مقایسه با دیاتومه‌های کشیده بیشتر بود (شکل 5-5b). جمعیت *Odontella rhombus* همچنان به عنوان جنس غالب با سهم 13/48٪ کل جمعیت در ماه‌های بارش موسمی باقی ماند. تاکسون‌های دیگری که فراوانی نسبی داشتند

Ditylum brightwellii و *Odontella mobiliensis* بودند و سهم هر کدام بیش از 100 سلول در میلی‌لیتر بود. گونه‌های *Chaetoceros* spp. فقط در طول دوره بارش موسمی در این منطقه دیده شدند. تاکسون‌هایی مانند *C. diversus* (7/64٪) و *C. messanensis* (7/73٪) در این زمان بسیار فراوان بودند. در طول این دوره افزایش صعودی در فراوانی دیاتومه‌های دایره‌ای مشاهده شد تا جایی که 80/48٪ جمعیت کل را تشکیل دادند.

در طول دوره پس از مانسون، جمعیت دیاتومه‌های دایره‌ای (62/4٪) رو به کاهش رفت و جمعیت دیاتومه‌های کشیده (37/6٪) افزایش یافت. فراوان ترین جنس *Biddulphia alternans* بود که 16/05٪ از جمعیت را تشکیل می‌داد (شکل 5-5c). سایر دیاتومه‌های دایره‌ای غالب *Biddulphia dubia* و *Odontella aurita* بودند. در میان دیاتومه‌های کشیده تاکسون‌هایی مانند *Diploneis*، *Thalassionema nitzschoides*، *Thalassiothrix frauenfeldii* و *weissflogii* و *Diploneis interrupta* جز اعضای اصلی جمعیت فیتوپلانکتونی بودند. با نزدیک شدن زمستان، کاهش چشمگیری در میزان ورودی آب شیرین به ناحیه ساحلی به همراه با کاهش تدریجی دما مشاهده شد. این عوامل باعث تغییر در ترکیب گونه‌ای جمعیت شد. در این دوره در درجه اول افزایش زیادی در جمعیت دیاتومه‌های کشیده مشاهده شد که علت آن نرخ سریع رشد تاکسون *Asterionella japonica* بود. جنس‌های دیاتومه‌های کشیده بیش از 80٪ از کل جمعیت را شامل شدند، گونه *A. japonica* 77/35٪ از این جمعیت را شامل می‌شد. (تصویر 5-5d). جمعیت دیاتومه‌های دایره‌ای شامل چندین تاکسون مانند *Coscinodiscus* sp.، *Biddulphia* spp.، *Paralia sulcata*، *Ditylum brightwellii*، *Stephanodiscus hantzschii* و غیره بود.



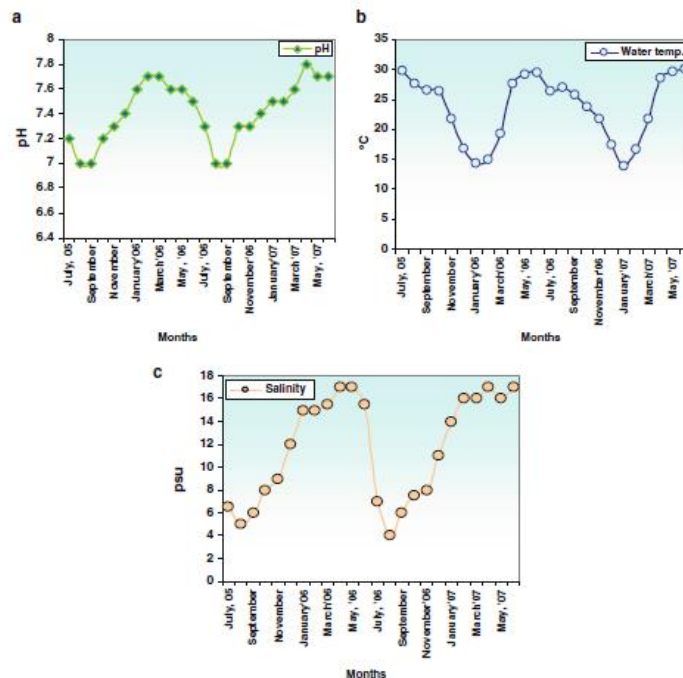
شکل 4-5 و شکل 5-5 درصد سهم فصلی از دیاتومه‌های دایره‌ای و کشیده به کل جمعیت فیتوپلانکتونی: (a) تابستان، (b) مانسون، (c) پس از مانسون و (d) زمستان در منطقه ساحلی دریا (دیگها و جانپوت).

5-2-2-4- بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی منطقه تحقیقاتی

ساحل شرقی هندوستان از لحاظ مواد مغذی و نور غنی است و می‌تواند برای حمایت از جمعیت فیتوپلانکتونی کافی باشد. بنابراین، نور و مواد مغذی هیچگاه به‌عنوان عوامل محدود کننده در منطقه تحقیقاتی محسوب نشدند، اگرچه تولیدات فیتوپلانکتون‌ها به علت محتویات گل و لای توام با عوامل انسانی، محدود شد. تغییرات شوری بین 0 تا 36 psu متفاوت بود. بارش فصلی و افزایش جریان آب ورودی به رودخانه‌ها خصوصاً در ماه‌های مانسون نقش مهمی را در کاهش درجات شوری همه ایستگاه‌ها ایفا کرد. در این خط ساحلی استوایی تابستان‌های طولانی (آوریل - مه - ژوئن) با دمای متوسط 5 ± 35 درجه سانتی‌گراد و فصل مانسون طولانی (جولای - اوت - سپتامبر) با دمای متوسط 2 ± 35 درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود. زمستان (نوامبر - دسامبر - ژانویه) نسبتاً معتدل با دمای متوسط 5 ± 12 درجه سانتی‌گراد است. سطح pH از 7 تا 8/3 در کل منطقه مورد مطالعه متغیر بود. محتوای ماده مغذی خصوصاً با توجه به نیتروژن معدنی محلول (DIN)¹ و فسفات معدنی محلول (DIP)²، در

-
1. Dissolved inorganic nitrogen
 2. Dissolved inorganic phosphate

ایستگاه آب شیرین و ایستگاه رودخانه‌ای نسبتاً بیشتر از ایستگاه دریایی بود، در مقابل سیلیکات محلول (DSi)^۱ روند عکس نشان داد و مقادیر آن در ایستگاه دریایی در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها بیشتر بود. نتایج حاکی از این بود که زیستگاه آبی در ایستگاه آب شیرین دارای خاصیت قلیایی ضعیفی بوده و محدوده pH از 7 تا 8/3 و میانگین آن 7/57 بود (تصویر 5-6).



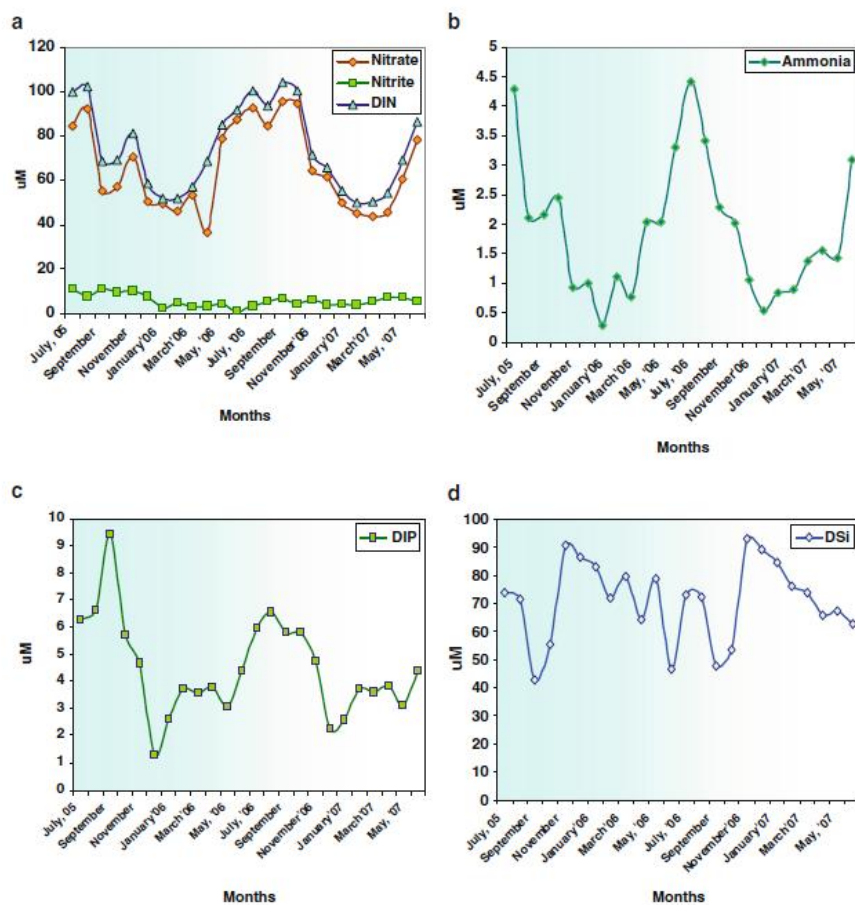
شکل 5-6 تغییرات ماهانه در (a) pH، (b) دمای آب و (c) شوری در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس)

در طول ماه‌های خشک‌تر و بی‌آب تابستان و زمستان، pH نسبتاً تا محدوده 7/5 تا 8/3 افزایش یافت که این افزایش حداکثری مربوط به تابستان سال‌های 2005 و 2006 بود. همان‌طور که انتظار می‌رفت دمای آب نیز در تابستان حداکثر و در زمستان حداقل بود. میزان شوری نسبتاً کم با متوسط 2/2psu بود و به کمترین میزان خود یعنی صفر در دوره مانسون رسید و دلیل آن افزایش ورودی آب شیرین از طریق رودخانه‌های دائمی به همراه بارش‌های فصلی سنگین بود (شکل 5-6). بالاترین شوری

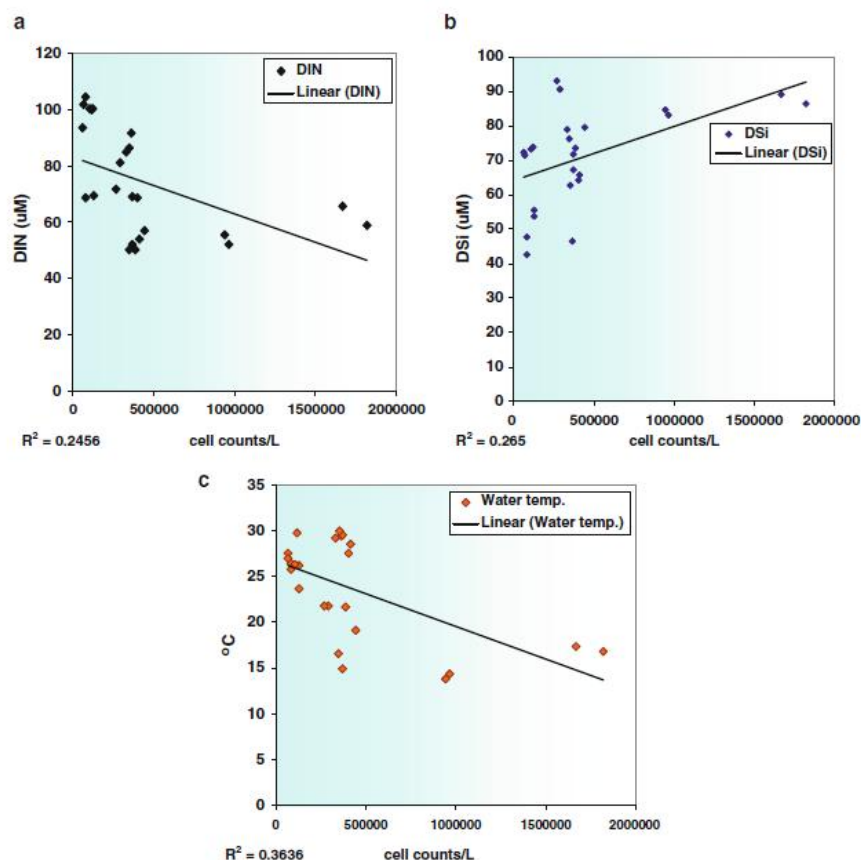
1. Dissolved silicate

در این ایستگاه با درجه شوری کم¹ در زمستان در ژانویه 2006 با میزان شوری بیشینه یعنی 5 psu گزارش شد، زمانی که بارش فصلی و جریان ورودی آب رودخانه‌ای آب شیرین در حداقل خود بود. در زمان مانسون درجات پایینی از شوری و pH ثبت شد. مقدار DIN زیستگاه آبی در کل دوره مطالعه زیاد بود و میزان آن 50/12 (در فوریه 2007) تا 104/36 میکرومولار (در سپتامبر 2006) بود (شکل 7-5a). غلظت نیتريت (11/263 – 1/086 میکرومولار) و آمونیاک (4/41 – 0/294 میکرومولار) بود (شکل 7-5 a و b). در مقایسه با نیترات، نیتروژن غلظت کمی داشت (95/42 – 43/66 میکرومولار). ترکیب نیترات نیتروژن 85 – 90٪ از DIN را تشکیل می‌دهد (شکل 7-5a). مقدار فسفات معدنی محلول زیستگاه آبی از 2/23 تا 9/44 میکرومولار متفاوت بود و حداکثر مقدار آن در سپتامبر 2005 (9/44 میکرومولار) و حداقل مقدار آن در دسامبر 2006 (2/23 میکرومولار) بود (شکل 7-5c). مقدار سیلیکات محلول در زیستگاه آبی نسبتاً بیشتر و مقدار آن حدود 42/61 (در سپتامبر 2005) تا 90/77 میکرومولار (در نوامبر 2005) بود (شکل 7-5d). از نظر فصلی هم میزان DIN و هم DIP زیستگاه های آبی در ماه‌های مانسون در حداکثر خود بود (DIP 7/45 میکرومولار و DIN 90/22 میکرومولار در 2005) و در دوره پس از مانسون متوسط بود (DIP 5/17 میکرومولار و DIN 75/31 میکرومولار در 2005) و در زمستان حداقل میزان را داشت (DIP 3/21 میکرومولار و DIN 54/24 میکرومولار در 2005 – 2006).

1. hyposaline



شکل 5-7 تغییرات ماهانه در (a) DIN (نیترژن معدنی محلول)، (b) آمونیاک، (c) DIP (فسفات معدنی محلول)، (d) DSi (فسفات محلول) در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس).

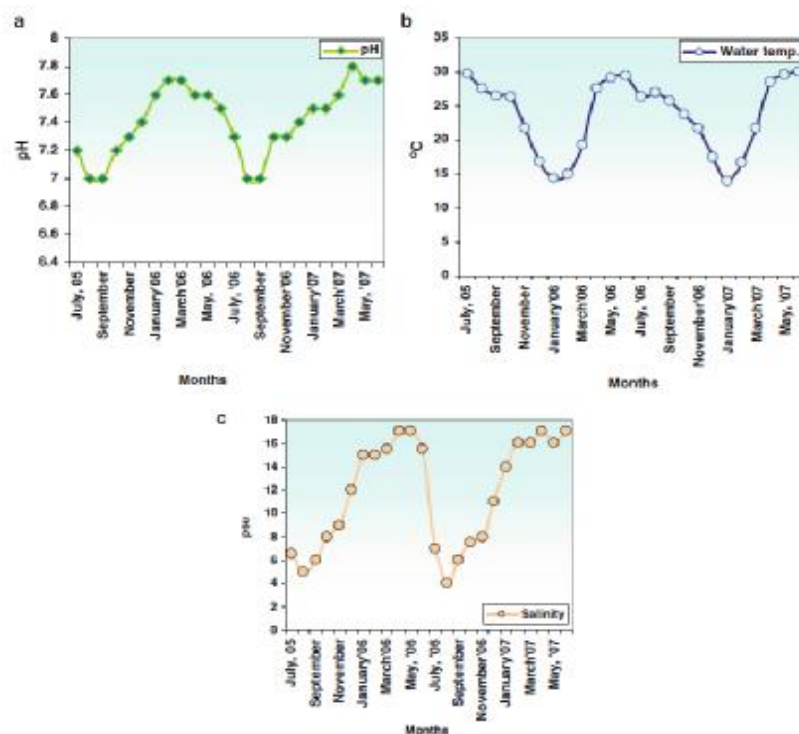


شکل 5-8 نمایش گرافیکی از همبستگی معنی دار بین (a) تعداد سلول و DIN، (b) تعداد سلول و DSi و (c) تعداد سلول و دمای آب در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس)

در زمستان DIN 54/24 میکرومولار و DIP 3/21 میکرومولار در 2005-2006 بود. این روند برای تمام مدت مطالعه، با تغییر بین سالانه‌ی ناچیزی ادامه داشت. سیلیکات محلول الگوی متفاوتی نشان داد، یعنی مقادیر پایین‌تر در ماه‌های مانسون و مقادیر بالاتر در ماه‌های زمستانی ثبت شد. بین DIN و تعداد سلول فیتوپلانکتون رابطه منفی معنی‌داری دیده شد ($R^2=0/25$, $r = -0/49$, $p < 0/05$) (شکل 5-8a). از سوی دیگر جمعیت دیاتومه‌ها ارتباط مثبت قابل توجهی با سیلیکات محلول نشان

داد ($R^2=0/26$, $r = 0/51$, $p < 0/05$) (شکل 5-8b) اما ارتباط منفی با تغییرات درجه حرارت فصلی داشت ($R^2=0/36$, $r = -0/6$, $p < 0/05$) (شکل 5-8c).

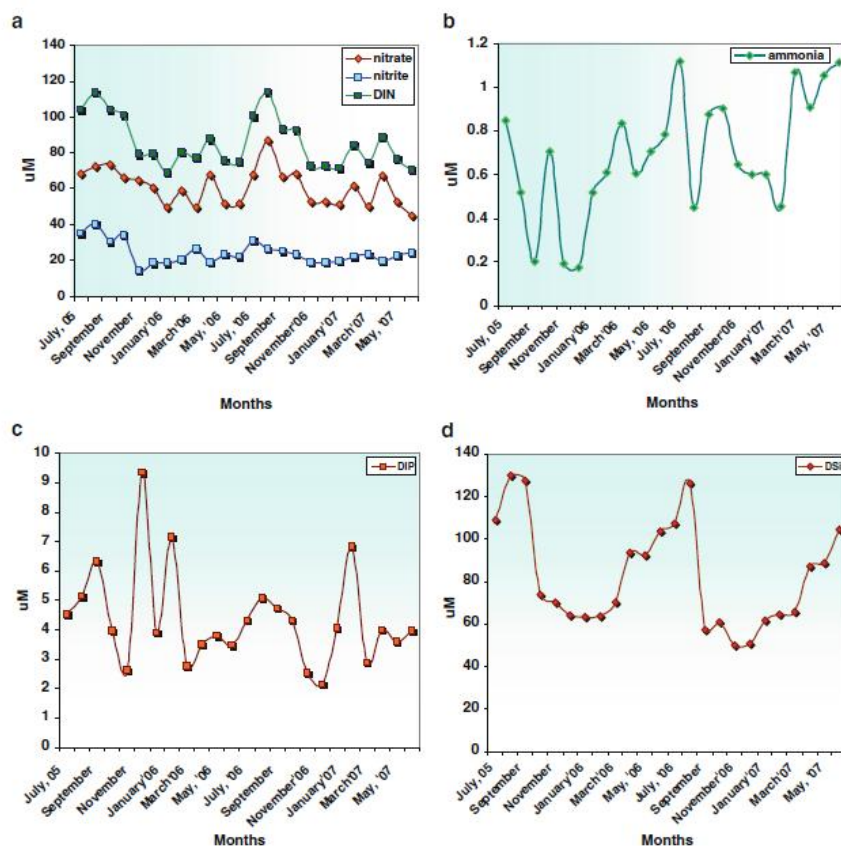
در محیط آبی ایستگاه مصب (کاکدویپ)، دامنه pH از 7 تا 7/8 به ثبت رسید (شکل 5-9a) و دمای آب از 13/9 درجه سانتیگراد (در ژانویه ی 2007) تا 30 درجه سانتیگراد (در ژوئن 2007) متغیر بود (شکل 5-9b). بیشترین میزان شوری در تابستان گزارش شد (آوریل و می 2006 و آوریل و ژوئن 2007، 17 psu) که در دوره مانسون کاهش یافت (آگوست 2006، 4 psu) (تصویر 5-9c).



تصویر 5-9 تغییرات ماهانه در (a) pH، (b) دمای آب و (c) شوری در ایستگاه دهانه‌ی رودها (کاکدویپ)

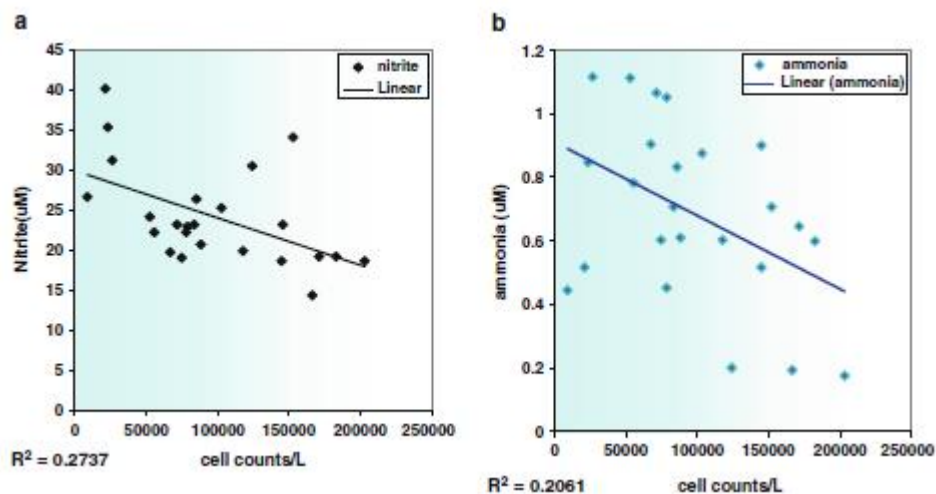
مقادیر DIN (نیتروژن معدنی محلول) به طور فصلی و همچنین موقت در نوسان بود (تصویر 10a-5). مقدار نترات در آگوست 2006 حداکثر بود (87/25 میکرومولار) و حداقل مقدار را در ژوئن 2007 (45/32 میکرومولار) داشت، که سطوح نسبتاً پائینی از نترات در تابستان و مقادیر بالا در طول

ماه‌های مانسون را نشان داد. برخلاف نیترات، میزان آمونیاک به طور چشمگیری، با میانگین غلظت تنها 0/69 میکرومولار پایین‌تر بود (شکل 10-5b). غلظت نیتريت در حد متوسط از 40/22 میکرومولار (آگوست 2005) تا 14/39 میکرومولار (نوامبر 2005) متغیر بود. غلظت‌های فسفات یک الگوی منظم و مکرر از تغییر در داده‌ها را نشان نداد، این اعداد در مجموعه‌ای بین دامنه‌ای از 2/15 تا 9/37 میکرومولار قرار گرفته بودند (تصویر 10-5C). غلظت سیلیکات در مقایسه با مقادیر فسفات در طول سال کاملاً بالا بود که در محدوده‌ای از 49/93 تا 129/82 میکرومولار با بالاترین مقدار در آگوست 2005 و پایین‌ترین در دسامبر 2006 قرار داشت (شکل 10-5D).

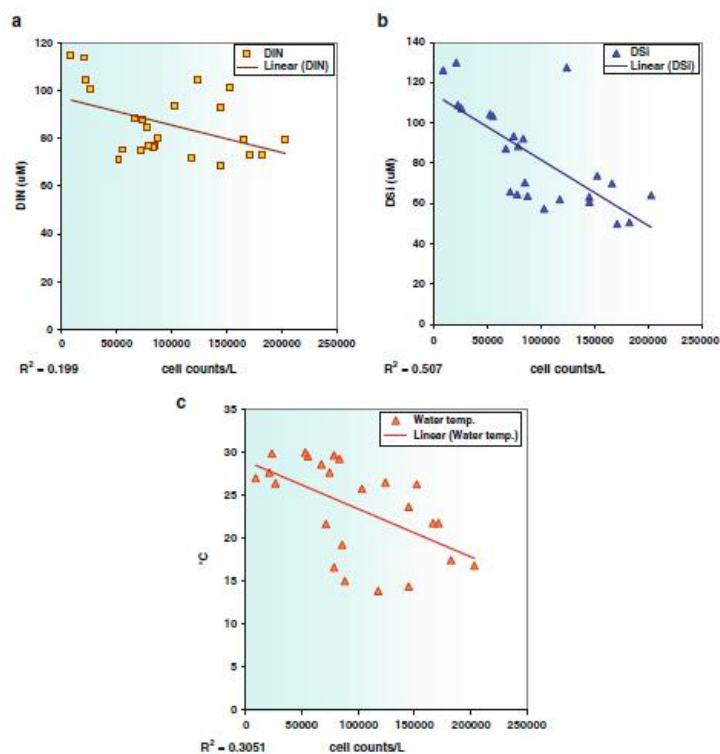


تصویر 10-5 تغییرات ماهانه در (a) DIN (نیتروژن معدنی محلول)، (b) آمونیاک، (c) DIP (فسفات معدنی محلول)، (d) DSi (فسفات محلول) در ایستگاه‌های دهانه‌ی رود (کاکدویپ).

بنابراین، در منطقه‌ی مورد مطالعه مقدار ماده‌ی مغذی در دوره‌های مانسون حداکثر و در ماه‌های تابستانی و زمستانی حداقل بود. ماتریکس همبستگی و نمودارهای پراکندگی دو بعدی بر اساس ارزش پیرسونی نشان داد که مقدار سلول رابطه‌ی منفی واضحی با نیتريت ($r = -0/52$, $p < 0/05$) (تصویر 5-11a), آمونیاک ($R^2=0/27$, $r = -0/45$, $p < 0/05$) (تصویر 5-11b), DIN ($R^2=0/51$, $r = -0/71$, $p < 0/05$) (تصویر 5-12a) و DSi ($R^2=0/2$, $r = -0/45$, $p < 0/05$) (تصویر 5-12b) داشت، و ارتباط معنی‌داری با نیترات و DIP نداشت (جدول 5-7). در میان پارامترهای فیزیکی ارتباط منفی معنی‌دار فقط بین تعداد سلول و درجه‌ی حرارت به‌دست آمد ($r = -0/55$, $p < 0/05$) (تصویر 5-12c).

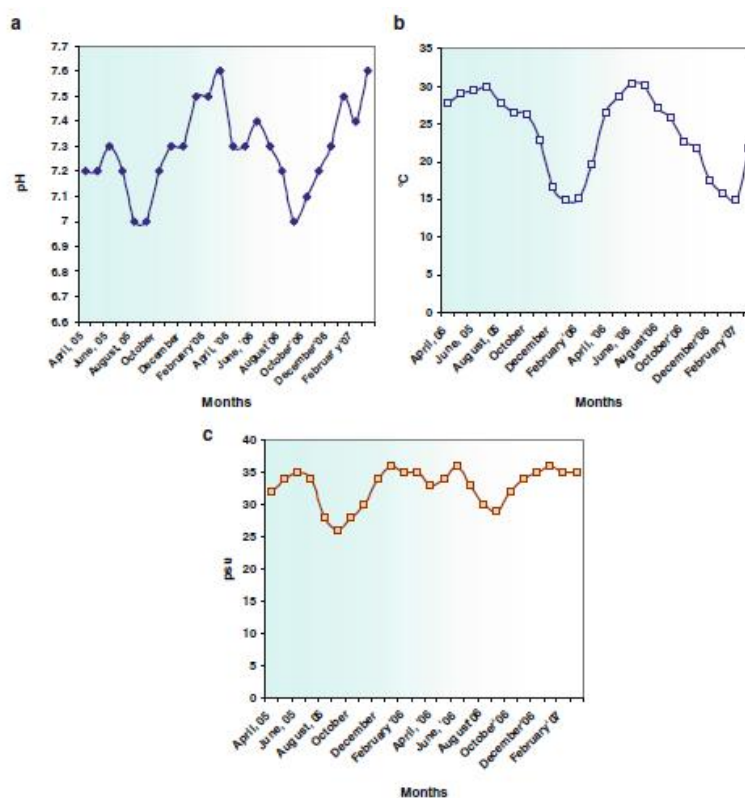


شکل 5-11 نمایش گرافیکی ارتباط معنی‌دار بین (a) تعداد سلول و نیتريت و (b) تعداد سلول و آمونیاک در ایستگاه دهانه رودخانه (کاکدویپ)



شکل 5-12 نمایش گرافیکی ارتباط معنی‌دار بین (a) تعداد سلول و DIN، (b) تعداد سلول و DSI و (c) تعداد سلول و دمای آب در ایستگاه مصب (کاکدویپ)

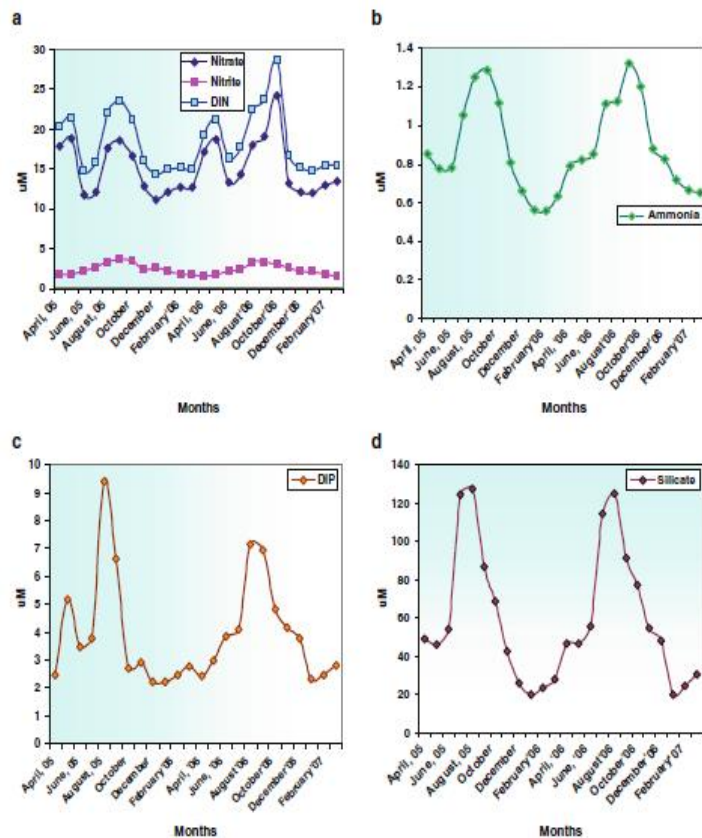
منطقه ساحلی دریایی وضعیت‌های فیزیکوشیمیایی متفاوتی در مقایسه با دو ایستگاه دیگر نشان داد. دما و میزان pH آب ساحلی منطقه مورد مطالعه به ترتیب از 15 تا 30 درجه‌ی سانتیگراد و 7 تا 7/6 متغیر بود (شکل a و 5-13b). پایین‌ترین دما در زمستان و پایین‌ترین pH در ماه‌های مانسون مشاهده شد. بیشترین سطح شوری در زمستان گزارش شد (36 psu)، که در ماه‌های مانسون تا سطح 26 psu کاهش یافت (شکل 5-13c).



شکل 5-13 تغییرات ماهانه در (a) pH و (b) درجه حرارت آب و (c) شوری در منطقه دریایی ساحلی (دیگها و جانپوت)

همان‌طور که شکل 5-16 نشان می‌دهد، مقادیر DIN در اکتبر 2006 به حداکثر مقدار (28/48 میکرومولار) و در دسامبر 2005 (14/32 میکرومولار) به حداقل مقدار خود رسید (شکل 14a-5). همانند ایستگاه‌های آب شیرین و مصب، غلظت‌های نیتрат اصولاً مسئول تغییرات مقادیر DIN در آب‌های زیستگاه بودند. مقادیر نیتريت متوسط بود که حداکثر آن در سپتامبر 2005 (3/67 میکرومولار) و حداقل آن در مارس 2007 (1/45 میکرومولار) به ثبت رسید. مقادیر آمونیاک پایین بود و به ندرت به سطح بالای 1 میکرومولار رسید (شکل 14b-5). بیشترین میزان فسفات در آگوست 2005 (9/41 میکرومولار) و حداقل آن در دسامبر 2005 و ژانویه 2006 (2/23 میکرومولار، شکل

5-14c) گزارش شد. بنابراین، در منطقه مورد مطالعه، میزان مواد مغذی در ماه‌های مانسون حداکثر بود. غلظت سیلیکات در مقایسه با سطوح نیترات و فسفات در طول سال بسیار بالا در محدوده 19/97 تا 127/32 میکرومولار با بیشترین مقدار در آگوست 2005 و کمترین مقدار در ژانویه 2006 بود (شکل 5-14d) که به رشد دیاتومه‌ای کمک می‌کند.

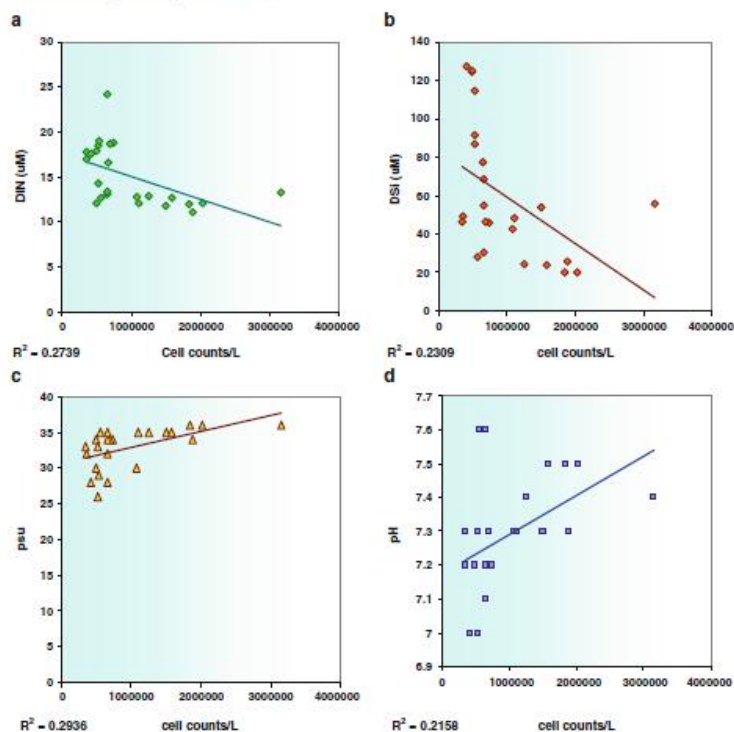


شکل 5-14 تغییرات ماهانه در (a) DIN (نیتروژن غیر آلی حل شده)، (b) آمونیاک، (c) DIP (فسفات محلول معدنی) و (d) DSi (فسفات محلول) در منطقه دریایی ساحلی (دیگها و جانپوت)

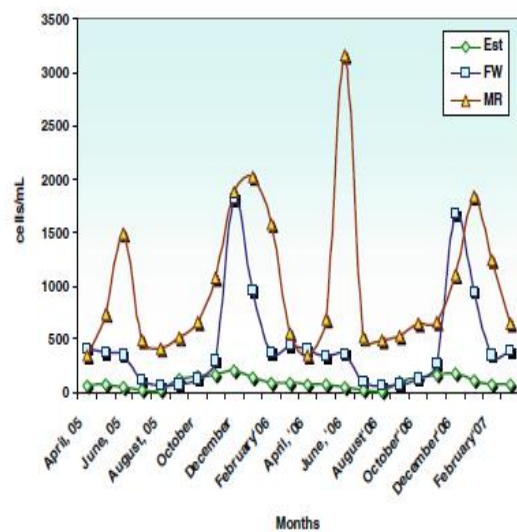
جدول 9-5 طرح ماتریکس همبستگی بین شمارش سلول، حاصلخیزی و تغییرات محیطی در ایستگاه آب شیرین

	Cell count	DIN	DIP	DSi	Saln	pH	Water temp.	BOD	DO	GPP	NPP	Chl
Cell count		-0.50	-0.75	0.91	0.68	0.21	-0.60	-0.64	0.72	0.89	0.91	0.05
DIN	-0.50		0.58	-0.35	-0.80	-0.42	0.65	0.64	-0.64	-0.60	-0.49	-0.40
DIP	-0.75	0.58		-0.39	-0.78	-0.63	0.32	0.71	-0.73	-0.74	-0.64	-0.35
DSi	0.91	-0.35	-0.39		0.59	0.22	-0.56	-0.21	0.44	0.64	0.55	0.30
Saln	0.68	-0.80	-0.78	0.59		0.46	-0.80	-0.71	0.79	0.76	0.63	0.49
pH	0.21	-0.42	-0.63	0.22	0.46		0.86	-0.49	0.24	0.23	0.06	0.47
Water temp.	-0.60	0.65	0.52	-0.56	-0.80	0.06		0.45	-0.70	-0.71	-0.70	-0.30
BOD	-0.64	0.64	0.71	-0.21	-0.71	-0.49	0.45		-0.80	-0.68	-0.59	-0.35
DO	0.72	-0.64	-0.73	0.44	0.79	0.24	-0.70	-0.80		0.76	0.72	0.49
GPP	0.89	-0.60	-0.74	0.64	0.76	0.23	-0.71	-0.68	0.76		0.96	0.17
NPP	0.91	-0.49	-0.64	0.55	0.63	0.06	-0.70	-0.59	0.72	0.96		-0.09
Chl	0.05	-0.40	-0.35	0.30	0.49	0.47	-0.30	-0.33	0.19	0.17	-0.09	

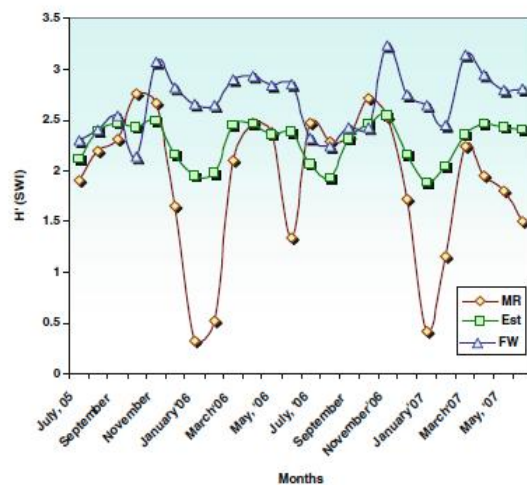
Correlations (marked correlation are significant at $p < 0.0001$, $N = 24$)



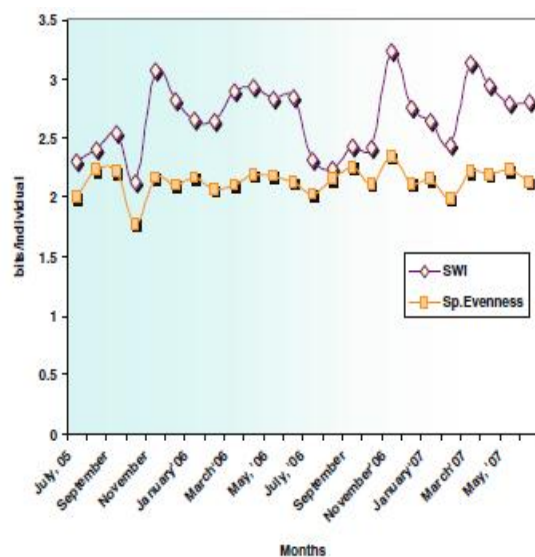
شکل 5-15 نمایش گرافیکی ارتباط معنی‌دار بین (a) شمارش سلول و DIN (نیتروژن غیر آلی حل شده)، (b) شمارش سلول و DSi (فسفات محلول) و (c) شمارش سلول و شوری و (d) شمارش سلول و pH در منطقه دریایی ساحلی (دیگها و جانپوت)



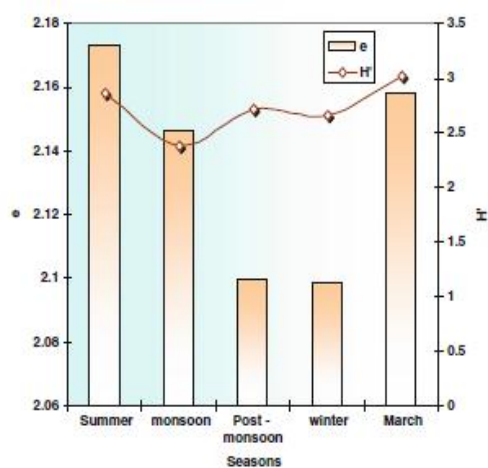
تصویر 5-16 تغییرات ماهانه در شمارش سلول (cells/mL) در سه ایستگاه نمونه‌برداری (FW: ایستگاه آب شیرین؛ Est: ایستگاه مصب؛ MR: ناحیه ساحلی دریا)



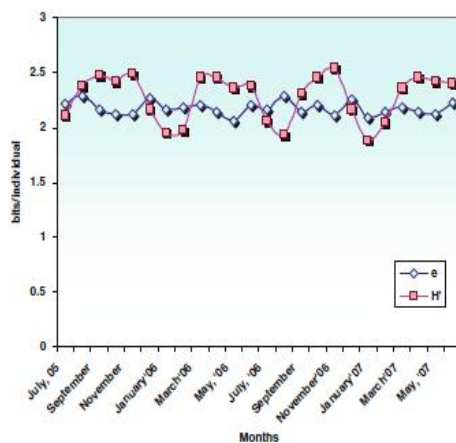
تصویر 5-17 تغییرات ماهانه در شاخص شانون-وینر (SWI) در سه ایستگاه نمونه‌برداری (FW: ایستگاه آب شیرین؛ Est: ایستگاه مصب؛ MR: ناحیه ساحلی دریا)



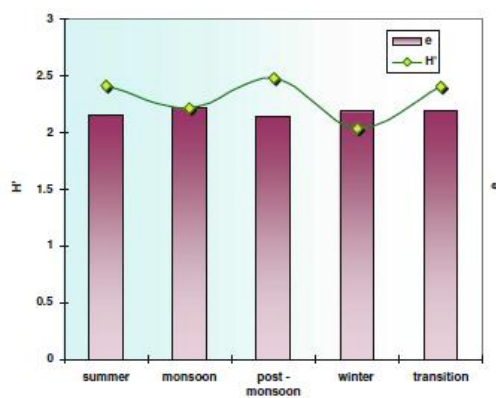
تصویر 5-18 تغییرات ماهانه در شاخص شانون- وینر (SWI) و یکنواختی گونه‌ها در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس)



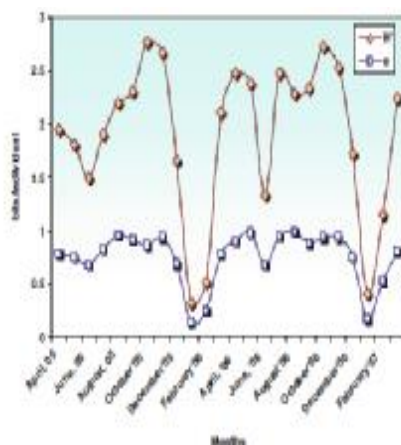
تصویر 5-19 تغییرات فصلی در شاخص شانون- وینر (SWI) و یکنواختی گونه‌ها در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس)



تصویر 5-20 تغییرات ماهانه در شاخص شانون- وینر (SWI) و یکنواختی گونه‌ها در ایستگاه مصب رودخانه (کاکدویپ)



تصویر 5-21 تغییرات فصلی در شاخص شانون- وینر (SWI) و یکنواختی گونه‌ها در ایستگاه مصب رودخانه (کاکدویپ)



تصویر 5-22 تغییرات ماهانه در شاخص شانون-وینر (SWI) و یکنواختی گونه‌ها در ناحیه ساحلی دریا (دیگها و جانپوت)

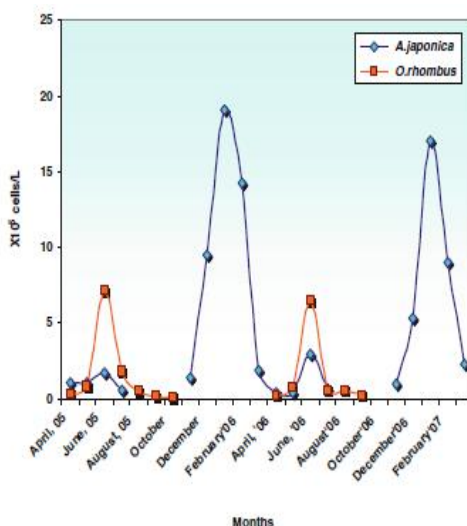
ماتریس همبستگی (جدول 5-9) و نمودارهای پراکندگی دو بعدی بر اساس ارزش پیرسون r نشان داد که تعداد سلول‌ها، همبستگی منفی و معنی‌داری با DIN ($r = -0/52$, $p < 0/05$)، سیلیکات محلول (شکل 5a-15) ($R^2 = 0/28$) و سیلیکات محلول ($r = -0/48$, $p < 0/05$) ($R^2 = 0/23$) (شکل 5b-15)، فاقد همبستگی معنی‌دار با فسفات و دما بوده اما همبستگی مثبت و معنی‌دار با شوری ($p < 0/05$)، pH (شکل 5c-15) ($R^2 = 0/3$, $r = 0/57$, $p \leq 0/05$) و pH (شکل 5d-15) ($R^2 = 0/22$) در زمانی که $n = 24$ بود، داشتند (جدول 5-8).

5-4-2-3- جمعیت فیتوپلانکتونی از لحاظ تعداد سلول و شاخص‌های زیستی آن‌ها

نتایج مطالعه نشان داد که در طول ساحل غربی بنگال، تغییر معنی‌داری در جمعیت فیتوپلانکتون به دلیل تغییرات فصلی و پارامترهای فیزیکوشیمیایی زیستگاه‌ها وجود داشت. به‌طور متوسط، در میان تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری، تعداد کل سلول‌ها در منطقه ساحلی دریایی حداکثر (میانگین = 986 سلول بر میلی لیتر) و در محل مصب رودخانه حداقل بود (میانگین = 97 سلول بر میلی لیتر) در حالی که منطقه آب شیرین مقدار متوسطی نشان داد (میانگین = 439 سلول بر میلی لیتر) (شکل 5-16). تغییرات فصلی با توجه به تعداد سلول به خوبی در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری، مشهود بود که فصل زمستان پرتولیدترین بود درحالی‌که فصل بارش موسمی حداقل مقدار تولید را داشت. کاهش تدریجی

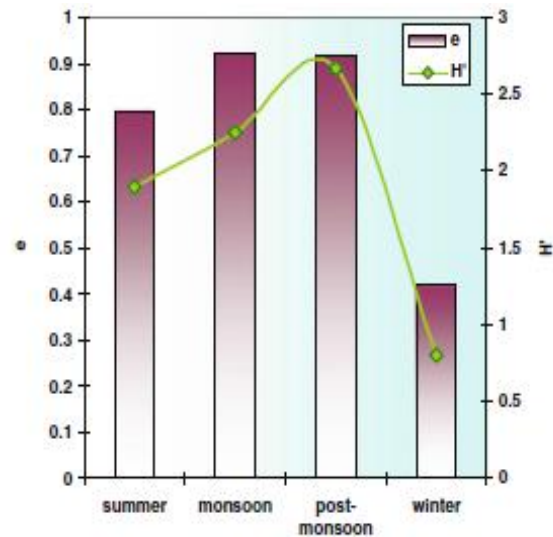
در تعداد سلول از تابستان تا دوره‌های بارش موسمی مشاهده شد، در حالیکه افزایش تدریجی در تعداد سلول از دوره پس از بارش موسمی تا زمستان دیده شد. تعداد سلول‌های گونه‌های منحصر به فرد ممکن است نقش مهمی در تعیین تنوع این منطقه ساحلی ایفا کرده باشند. در منطقه آب شیرین، تعداد سلول‌ها در محدوده 65 سلول بر میلی‌لیتر (در آگوست 2006) تا 1820 سلول بر میلی‌لیتر (در دسامبر 2005) قرار داشت. در ایستگاه مصب رودخانه، در محدوده 9 سلول بر میلی‌لیتر (در آگوست 2006) تا 203 سلول بر میلی‌لیتر (در دسامبر 2005) قرار داشت. به همین ترتیب، تعداد سلول در محدوده 345 سلول بر میلی‌لیتر (در آوریل 2006) تا 2020 سلول بر میلی‌لیتر (در ژانویه 2006) در منطقه ساحلی دریایی گزارش شد. تنوع جمعیت فیتوپلانکتونی در ساحل غربی بنگال بر اساس شاخص‌های مختلف زیستی تغییرات مشخص ماهیانه، مشابه تغییرات فصلی نشان داد. تنوع محاسبه شده بر اساس شاخص شانون-وینر (SWI)، در ایستگاه‌های آب شیرین حداکثر (میانگین $H' = 2/67$) و در ایستگاه مصب رودخانه متوسط، (میانگین $H' = 2/278$) و در منطقه دریایی حداقل بود (میانگین $H' = 1/9$) (شکل 5-17). مقادیر بالاتر برای SWI در دوره گذار (ماه مارس) بین ماه‌های زمستان و تابستان در ایستگاه آب شیرین ثبت شد، در حالیکه این مقدار در طول دوره پس از بارش موسمی در ایستگاه‌های مصب رودخانه و منطقه ساحلی حداکثر بود. از سوی دیگر، حداقل مقدار برای SWI در فصل زمستان در منطقه دریایی و منطقه مصب ثبت شد، در حالی که در دوره بارش موسمی، در ایستگاه آب شیرین مقدار آن در حداقل بود. یکنواختی گونه مقیاسی برای تعیین سهم هر گونه در جمعیت فیتوپلانکتونی است. مشخص شد که تغییرات فصلی در یکنواختی گونه‌ای، در منطقه دریایی نسبت به ایستگاه‌های دیگر مشهودتر بود. در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس)، مقدار SWI از $2/13$ تا $3/23$ متفاوت بود. بر اساس ماه، حداکثر مقدار آن در نوامبر 2006 ($H' = 3/23$) ثبت شد، در حالی که حداقل آن در اکتبر ($H' = 2/13$) گزارش شد (شکل 5-18). حداکثر SWI در دوره گذار بین تابستان و زمستان (ماه مارس) گزارش شد. ماه‌های تابستان پس از آن (آوریل-می-ژوئن) نیز مقادیر نسبتاً بالایی از SWI را نشان دادند، مقدار SWI در دوره پس از مانسون متوسط بود، اگر چه تغییرات درون سالیانه معنی‌داری وجود داشت. در مقابل، حداقل مقدار SWI در ماه‌های بارش موسمی به دست آمد (شکل 5-19). میانگین یکنواختی گونه (e) در مقایسه با ایستگاه‌های ساحلی دیگر نسبتاً بالا ($e = 2/13$) بود. تنوع در یکنواختی گونه در این ایستگاه گزارش نشد، اگر چه نوسانات فصلی مشاهده شد. از لحاظ فصلی، در طول تابستان ($e = 2/17$) حداکثر و در زمستان حداقل بود ($e = 2/09$) که این مورد در دوره پس از بارش موسمی ($e = 2/1$) نیز ادامه یافت (شکل 5-20). در ایستگاه ساحلی مصب رودخانه (کاکدویپ)، مقدار SWI از $1/88$ تا $2/53$ متغیر بود. بالاترین مقدار

SWI در دوره پس از مانسون (اکتبر و نوامبر) گزارش شد، در حالی که کمترین مقدار آن در زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه) ثبت شد (شکل‌های 5-20 و 5-21). در ماه‌های بعدی تابستان نیز مقدار SWI نسبتاً بالا بود، ولی در دوره بارش موسمی اندکی کاهش یافت. میانگین یکنواختی گونه در مقایسه با ایستگاه آب شیرین ($e=2/17$) بالاتر بود. تغییر در یکنواختی گونه در این ایستگاه چندان قابل مشاهده نبود، اگر چه نوسانات فصلی مشاهده شد. از نظر فصلی، در طول دوره بارش موسمی، حداکثر بود ($e=2/21$) که در دوره گذار نیز ادامه یافت (ماه مارس) و بعد از دوره مانسون میزان آن به حداقل رسید ($e=2/14$) و در تابستان نیز تقریباً با همین مقدار ($e=2/15$) دنبال شد (شکل 5-21). در منطقه ساحلی دریایی SWI از 0/33 تا 2/76 متفاوت بود. بالاترین میزان SWI در دوره پس از مانسون (اکتبر و نوامبر) ثبت شد، در حالی که کمترین مقدار آن در زمستان گزارش شد (شکل 5-22). در ماه‌های زمستان، درست زمانی که فراوانی گونه *Asterionella japonica* بیش از 90٪ از کل جمعیت فیتوپلانکتون را تشکیل داده بود، شاخص SWI به شدت کاهش یافت (شکل 5-23). به طور مشابه، در ماه‌های تابستان، زمانی که گونه *Odontella rhombus* بیش از 47٪ از کل جمعیت را تشکیل داده بود، مقادیر SWI نسبتاً پایین بود.



تصویر 5-23 تغییرات ماهانه تعداد کل سلول دو گونه غالب (*Asterionella japonica* و *rhombus* *Odontella*)

از لحاظ فصلی، ناحیه ساحلی دریا الگوی مشابهی در تنوع، مشابه آنچه که در ایستگاههای آب شیرین و مصب رود مشاهده شده بود، نشان داد. بیشترین مقدار SWI در دوره‌ی بعد از بارش موسمی (اکتبر و نوامبر) گزارش شد در حالی که کمترین مقدار در زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه) گزارش شد (شکل 5-24). همچنین ماه‌های پس از تابستان نیز مقدار نسبتاً پایینی از SWI را نشان داد که به آرامی در دوره‌های مانسون و بعد از افزایش بارش موسمی یافت.



تصویر 5-24 تغییرات فصلی در شاخص شانون - وینر (SWI) و یکنواختی گونه‌ها در ناحیه ساحلی دریا

میانگین یکنواختی گونه در مقایسه با دیگر ایستگاه‌ها کمتر بود ($e=0/75$). تغییر در یکنواختی گونه‌ای در این ایستگاه هم به صورت ماهانه و هم به صورت فصلی به خوبی مشخص بود. به طور فصلی؛ این مقدار در طی مانسون حداکثر بود ($e=0/92$) و با همین مقدار در دوره‌ی بعد از مانسون دنبال شد ($e=0/92$) و کمترین مقدار در زمستان بود ($e=0/42$) (شکل 5-24). الگوی تغییر هم برای SWI و هم برای یکنواختی گونه‌ای تقریباً به طور مشابه با کاهش معنی‌داری در زمستان و تابستان همراه بود.

5-4-2-4- تولید اولیه (GPP و NPP) و غلظت اکسیژن

نتایج نشان می‌دهد که در ساحل غربی بنگال تولید فیتوپلانکتونی بالا بود، گرچه به‌طور معنی‌داری تغییرات فصلی وجود داشت. منطقه مورد مطالعه برای رشد و نمو و گوناگونی جمعیت‌های فیتوپلانکتونی خصوصاً دیاتومه‌ها بسیار مناسب بود. بر اساس ایستگاه، تولید فیتوپلانکتونی در ناحیه ساحل دریا بیشترین مقدار و در ناحیه مصب کمترین مقدار بود، ایستگاه آب شیرین هم یک موقعیت حدواسط داشت. مقدار **CRR** نیز الگوی مشابه آنچه که در تولید اولیه مشاهده شده بود، نشان می‌داد. به صورت فصلی، ماه‌های زمستان بیشترین و دوره‌های مانسون کمترین تولید را داشتند. مقادیر **DO** انعکاسی از بازده فتوسنتز جمعیت‌های فیتوپلانکتونی است و الگوی فصلی مشابه آنچه برای تولید اولیه مشاهده شده بود، ارائه می‌داد. در مقابل؛ مقادیر **BOD** در همه ایستگاه‌های نمونه برداری، در زمستان کمترین و در دوره مانسون بیشترین مقدار بود.

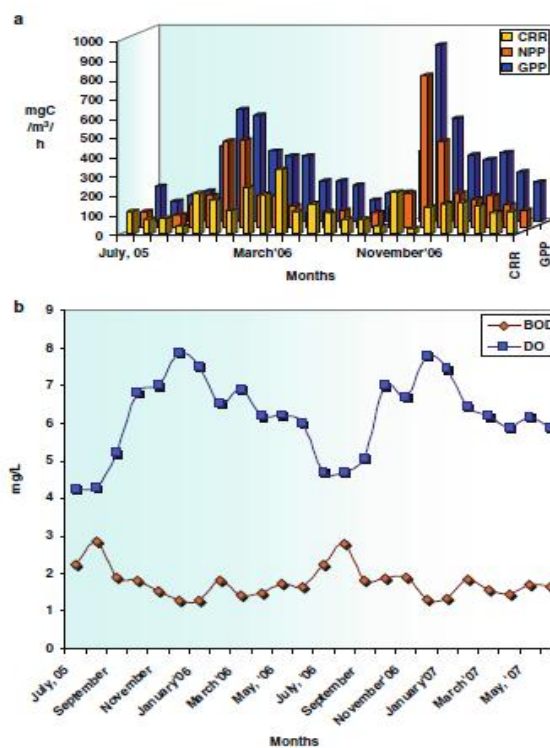
در ایستگاه آب شیرین، ماه‌های زمستان باتوجه به معادل‌های کربن که به عنوان مدرکی برای مقادیر **GPP** بود پرتولیدتر بودند. به طور کلی دوره‌های مانسون با توجه به میزان تولید فیتوپلانکتون (**GPP**)^۱ و همچنین تولید اجتماع (**NPP**)^۲، با عدم تغییرات معنی‌دار بین سالانه، کمترین تولید را داشت. همانطور که می‌توان انتظار داشت **CRR**، نیز به طور معنی‌داری تغییر کرد در حالیکه بیشترین مقدار **CRR** در زمستان ($178/67 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$) و کمترین آن در دوره‌های مانسون ($86/37 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$) گزارش شد (شکل ۵-۲۵a).

یک همبستگی مثبت معنی‌دار قوی بین **GPP** و تعداد سلول وجود داشت ($p \leq 0/05$ ، $r = 0/9$). ($R^2 = 0/8$) (شکل ۵-۲۶a). اکسیژن محلول (**DO**)^۳ در آب در محدوده اپتیمم از ۴/۲۵ میلی‌گرم در لیتر (جولای ۲۰۰۵) تا ۷/۸۸۲ میلی‌گرم در لیتر (دسامبر ۲۰۰۵) وجود داشت (تصویر ۵-۲۵b).

1. GPP: gross primary productivity

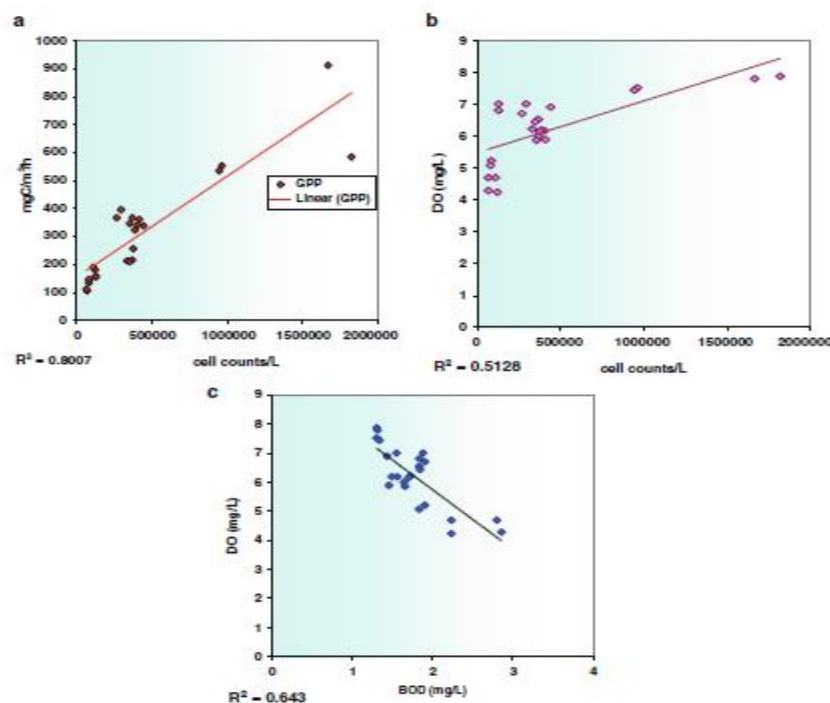
2. NPP : net primary productivity

3. DO: dissolved oxygen



تصویر 5-25 تغییرات ماهانه در تولید (a) تولید (CRR و GPP، NPP) (b) غلظت اکسیژن DO و BOD) در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس)

به طور فصلی، DO روند مشابهی با تولید و تعداد سلول نشان داد که بیشترین مقدار در زمستان ($7/32 \text{ mg/L}$) و کمترین مقدار هم در دوره ی مانسون ($4/59 \text{ mg/L}$) به ثبت رسید. مقدار DO، همبستگی مثبت معنی داری با تعداد سلول داشت ($R^2=0/51$, $r=0/68$, $p \leq 0/05$, $n=24$) (شکل b 5-26). در حالیکه BOD که نیاز اکسیژنی هتروتروپی را نشان می دهد، الگوی متفاوتی را نشان داد که بیشترین مقدار آن در دوره بارش موسمی و کمترین آن در زمستان بود. بنابراین، همبستگی منفی بین DO و BOD دیده شد ($R^2=0/64$, $r=0/8$, $p \leq 0/05$, $n=24$) (شکل c 5-26).

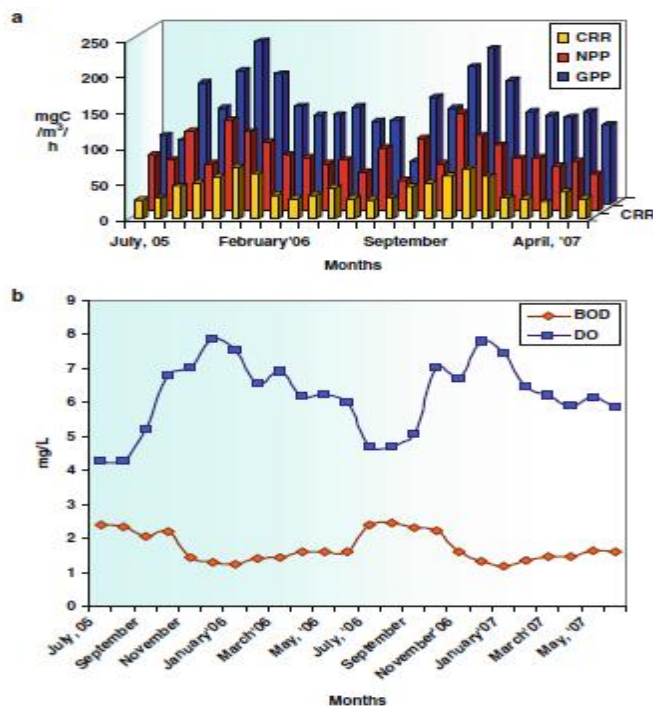


تصویر 26-5 نمایش گرافیکی از همبستگی معنی‌دار بین (a) تعداد سلول و GPP (b) بین تعداد سلول و DO و (c) بین DO و BOD در ایستگاه آب شیرین

تولید فیتوپلانکتونی (تولید اولیه ناخالص = GPP) در ایستگاه مصب در دسامبر 2006 که تعداد سلول فیتوپلانکتونی حداکثر بود (203 cells/mL) با مقدار $227/77 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ بالاترین مقدار، و کمترین مقدار آن در آگوست 2006 به ثبت رسید ($58/95 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$) (تصویر 27-5a).
 به صورت فصلی، بیشترین تولید با توجه به معادله‌های کربن، در زمستان که تعداد سلول‌ها در بالاترین مقدار خود قرار داشت (136 cells/mL) گزارش شد. در مقابل کمترین تولید با توجه به معادل‌های کربن و نیز تعداد کل سلول‌های فیتوپلانکتونی در ماه‌های مانسون گزارش شد (شکل 27-5a). نتایج نمودار پراکندگی دو بعدی¹ نیز همبستگی مثبت معنی‌دار قوی،

1. 2-D scatter plot

بین تعداد کل سلول فیتوپلانکتون و GPP نشان داد ($R^2=0/84$, $r=0/92$, $p<0/05$, $n=24$) (شکل 28-5a).

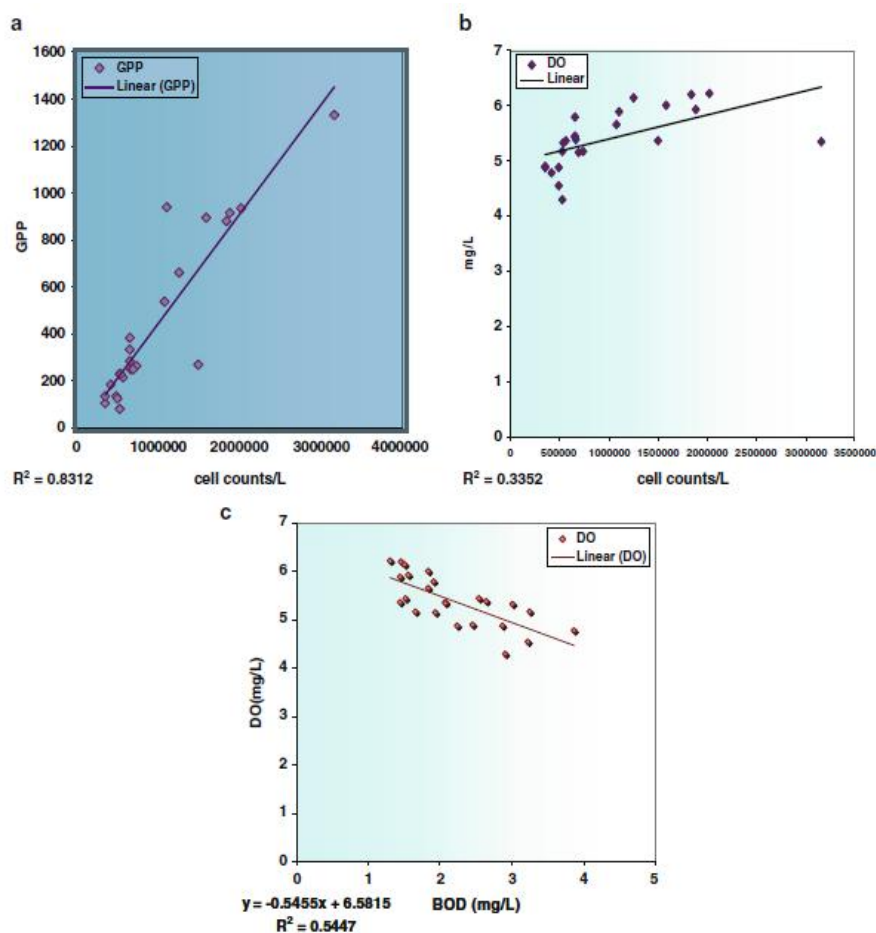


تصویر 27-5 تغییر ماهانه در (a) تولید (GPP، NPP و CRR) و (b) غلظت اکسیژن (DO و BOD) در ایستگاه مصب رودخانه (کاکدویپ)

تقریباً الگوهای مشابه برای تولید اولیه‌ی خالص^۱ به‌دست آمد که بیشترین مقدار آن در نوامبر ۲۰۰۶ ($37/78 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$) و کمترین مقدار در آگوست ۲۰۰۶ ($42/72 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$) بود. یک همبستگی مثبت معنی‌دار متوسط بین تعداد سلول فیتوپلانکتون و NPP ($R^2=0/48$) موجود بود (تصویر 28-5b). نرخ تنفس اجتماع^۲ که نوعی سنجش از دست رفتن

-
1. NPP
 2. CRR

کاتابولیکی معادل‌های کربن به خاطر تنفس است، در آوریل 2007 کمترین میزان را داشت ($24/158 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$) در حالیکه در دسامبر 2006 در حداکثر میزان خود بود ($5-27 \text{ a}$) (شکل 72/2).



شکل 30-5 نمایش گرافیکی از همبستگی معنی‌دار بین (a) تعداد سلول و GPP، (b) تعداد سلول و DO و (c) BOD و DO در منطقه ساحلی دریا

تولید ناخالص اولیه در سال‌های 2006-2007 ($440/863 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$) در مقایسه با سال‌های 2005-2006 بالاتر بود ($383/361 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$). تولید خالص اولیه، الگوی مشابهی با GPP نشان داد، یعنی بالاترین مقدار در فصل زمستان، مقادیر متوسط در تابستان و دوره پس از مانسون و کمترین میزان در دوره بارش موسمی بود. در مقابل، مقادیر **CRR** در دوره مانسون در مقایسه با تابستان و دوره‌های پس از مانسون، نسبتاً بالاتر بود. **DO**، با حداکثر مقدار $6/22$ میلی گرم برلیتر در ژانویه 2006 و حداقل مقدار $4/3$ میلی گرم برلیتر در جولای 2006 نسبتاً پایین بود (شکل 5b-29). مقدار **DO** در زمستان حداکثر و در دوره بارش موسمی در حداقل بود. مقدار **BOD** با بالاترین مقدار در دوره (آگوست 2005) و پایین ترین مقدار در فصل زمستان (ژانویه 2006) دامنه‌ای بین 1 تا 4 میلی گرم برلیتر داشت. طرح ماتریس همبستگی نشان‌دهنده وجود همبستگی مثبت بین تعداد سلول و مقدار اکسیژن محلول می‌باشد ($R^2=0/34$, $r=0/58$, $p \leq 0/05$, $n=24$) (شکل 5b-30). به طور مشابه، همبستگی منفی معنی‌دار بین **DO** و **BOD** ($R^2=0/54$, $r=0/74$, $p \leq 0/05$, $n=24$) برقرار بود (شکل 5c-30) (جداول 10-5 و 11-5).

جدول 10-5 طرح ماتریس همبستگی بین تعداد سلول، تولید و متغیرهای محیطی در ایستگاه مصب

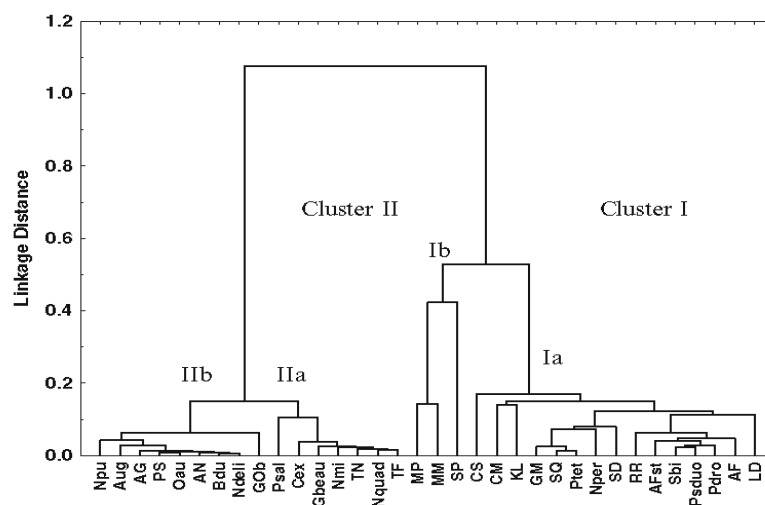
	Cell count	DIN	DIP	DSi	Saln.	BOD	DO	Water temp.	pH	CRR	NPP	GPP
Cell count		-0.45	0.02	-0.71	-0.01	-0.46	0.81	-0.55	0.00	0.91	0.70	0.92
DIN	-0.45		0.30	0.64	-0.75	0.87	-0.74	0.45	-0.74	-0.36	-0.24	-0.54
DIP	0.02	0.30		0.13	-0.12	0.07	-0.07	-0.23	-0.19	0.03	0.00	0.06
DSi	-0.71	0.64	0.13		-0.28	0.58	-0.78	0.50	-0.33	-0.58	-0.45	-0.65
Saln.	-0.01	-0.75	-0.12	-0.28		-0.78	0.45	-0.17	0.94	-0.15	-0.29	0.07
BOD	-0.46	0.87	0.07	0.58	-0.78		-0.78	0.61	-0.75	-0.35	-0.24	-0.57
DO	0.81	-0.74	-0.07	-0.78	0.45	-0.78		-0.70	0.47	0.71	0.34	0.75
Water temp.	-0.55	0.45	-0.23	0.70	-0.17	0.61	-0.70		-0.20	-0.54	-0.45	-0.60
pH	0.00	-0.74	-0.19	-0.33	0.94	-0.75	0.47	-0.20		-0.15	-0.26	0.07
CRR	0.91	-0.36	0.03	-0.58	-0.15	-0.35	0.71	-0.54	-0.15		0.70	0.89
NPP	0.70	-0.24	0.00	-0.45	-0.29	-0.24	0.34	-0.45	-0.26	0.70		0.82
GPP	0.92	-0.54	0.06	-0.65	0.07	-0.57	0.75	-0.60	0.07	0.89	0.82	

Correlations (marked correlations are significant at $p < 0.05000$, $N = 24$)

جدول 11-5 طرح ماتریس همبستگی بین تعداد سلول، تولید و متغیرهای محیطی در منطقه ساحلی دریا

	Cell count	DIN	DIP	DSi	Saln	BOD	DO	Water temp.	pH	GPP	NPP	CRR
Cell count		-0.51	-0.36	-0.48	0.54	-0.49	0.58	-0.34	0.46	0.91	0.56	0.59
DIN	-0.52		0.62	0.54	-0.69	0.66	-0.48	0.47	-0.73	-0.53	-0.58	-0.12
DIP	-0.36	0.62		0.77	-0.65	0.78	-0.50	0.44	-0.73	-0.37	-0.43	0.02
DSi	-0.48	0.54	0.77		-0.61	0.91	-0.77	0.67	-0.71	-0.56	-0.67	-0.05
Saln	0.54	-0.69	-0.65	-0.61		-0.78	0.45	-0.30	0.77	0.52	0.42	0.25
BOD	-0.49	0.66	0.78	0.91	-0.78		-0.74	0.64	-0.77	-0.58	-0.65	-0.10
DO	0.58	-0.48	-0.50	-0.77	0.45	-0.74		-0.85	0.46	0.73	0.86	0.08
Water temp.	-0.34	0.47	0.44	0.67	-0.30	0.64	-0.85		-0.53	-0.58	-0.37	0.14
pH	0.46	-0.73	-0.73	-0.71	0.77	0.46	-0.53	-0.53		0.47	0.48	0.09
GPP	0.91	-0.53	-0.37	-0.56	0.52	-0.58	0.73	-0.58	0.47		0.71	0.60
NPP	0.56	-0.58	-0.43	-0.67	0.42	-0.65	0.86	-0.37	0.48	0.71		-0.12
CRR	0.59	-0.12	0.02	-0.05	0.25	-0.10	0.08	0.14	0.09	0.60	-0.12	

Correlations (marked correlations are significant at $p < 0.05000$, $N = 24$)



شکل 31-5 نمودار خوشه‌ای UPGA بر اساس فراوانی فصلی جنس‌های مختلف فیتوپلانکتون ثبت شده در ایستگاه آب شیرین.

5-2-4-5 روش‌های چند متغیره

در مطالعه حاضر، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (CA) برای برشمردن الگوهای تنوع در جمعیت‌های فیتوپلانکتونی در امتداد ساحل غربی بنگال استفاده شد. علاوه بر این، ما نیز سعی کردیم که نقش

1. cluster analysis

احتمالی میزان متغیرهای محیطی در تجزیه و تحلیل الگوهای تنوع با نرم‌افزار تجزیه و تحلیل اجزاء اصلی (PCA)¹ را بیابیم.

شکل 5-31 نتایج حاصل از استفاده 34 عدد از فراوان ترین گونه‌های فیتوپلانکتونی در طول مدت مطالعه در ایستگاه آب شیرین (بندر الماس) را به تصویر می‌کشد. دو گروه مجزا از تجمع فیتوپلانکتون-ها مشاهده شد که به عنوان گروه I و II طراحی شدند. نتیجه نهایی از 34 تاکسون از طریق تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، حضور دو خوشه اصلی میان تاکسون‌های بررسی شده را نشان می‌دهد، که یکی متشکل از 16 گونه و دیگری 18 گونه است. این دو خوشه اصلی به طور عمده بر اساس ترجیح آنها برای گرادیان‌های مختلف دما، از یکدیگر جدا شدند، به عنوان مثال خوشه I شامل تاکسون‌هایی است که دوره‌های گرم‌تر را ترجیح می‌دادند در حالی که خوشه II شامل تاکسون‌هایی است که عمدتاً در ماه‌های سرد فراوان بودند.

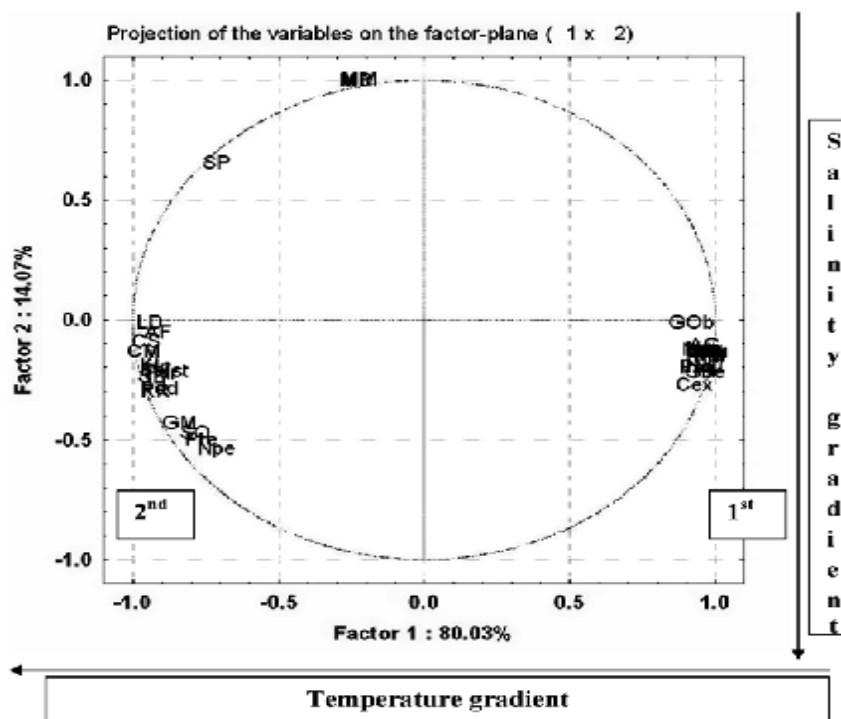
خوشه I از جمعیت‌های اواخر بهار (دوره گذار)، تابستان و دوره تش بارش موسمی کیل شد. این گروه در درجه اول به نمایندگی از جمعیت دوره‌های نسبتاً گرم‌تر هستند زمانی که متوسط درجه حرارت 28 ± 5 درجه سانتی‌گراد بود. در این گروه از جمعیت فیتوپلانکتونی، اعضای جلبک‌های سبز و آبی و جلبک‌های سبز در مقایسه با دیاتومه‌ها فراوان‌تر بودند. خوشه Ia به نمایندگی از جمعیت‌های اواخر بهار و تابستان با غالبیت جنس‌هایی از جلبک‌های سبز مانند: *Pediastrum* spp. (P. *duplex* var. *rotundatum* و *P. simplex* var. *duodenarium* tetras spp. و *Ankistrodesmus* (*A. falcatus* و *A. falcatus* var. *stipitatus*) و تنها دو گونه از دیاتومه‌ها که *Leptocylindrus danicus* (LD) و *Nitzschia peregrina* (Nper) بود. در مشاهده نزدیک‌تر با-توجه به فواصل به هم پیوستگی، فاصله اندازه‌گیری شده در میان اعضای از گونه‌های *Pediastrum* spp. و *Ankistrodesmus* ssp. در محدوده‌ی بین 0/02 تا 0/1 که بیشتر تصدیق شده بود، ارتباط نزدیک بین این اعضا را در جمعیت نشان می‌دهد.

خوشه Ib گونه‌هایی را خوشه‌بندی می‌کند که تنها طی بارش موسمی دوره فراوانی داشتند که فقط اعضای سیانوباکتری‌ها مانند *Spirulina platensis* (SP) و *Merismopedia minima* (MM) و *Merismopedia punctata* (MP) را شامل می‌شدند.

1. principal component analysis

خوشه **II** جمعیت دوره‌های زمانی پاییز و زمستان را با غالبیت دیاتومه‌ها نشان می‌دهد. خوشه **IIa** جمعیت دوره پاییز را نشان می‌دهد که عمدتاً توسط تاکسون‌های دیاتومه‌های کشیده مشخص می‌شوند مانند *Pleurosigma*, *Nitzschia quadripartita* (Nquad), *Navicula minima* (Nmi) و *Gyrosigma beaufortianum* (Gbeau) و *salinarum* (Psal).

خوشه **IIb** نشان‌دهنده جمعیت‌های ماه‌های زمستان می‌باشد که در این ماه‌ها به همراه جمعیت دیاتومه‌های کشیده دوره پاییز، برخی دیاتومه‌های دایره‌ای هم ظاهر شدند مانند *dubia* (Bdu), *Biddulphia*, *Odontella aurita* (Oau) و *Aulacoseira granulata* (Aug). همجواری تاکسون‌ها در تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی تاکسون‌های بررسی شده بیشتر مشاهده شد (شکل 5-32).



شکل 5-32 پلات PCA از فاکتور 1 در برابر فاکتور 2 نشان‌دهنده الگوی گرایش گونه‌ها بر مبنای متغیرهای محیطی و مقدار فراوانی در ایستگاه آب شیرین

نتایج PCA نتایج دیاگرام خوشه ای را مورد تأیید قرار داد. ظاهر بسیار خوشه‌ای نمرات گونه‌ها در پلات PCA می‌تواند به فواصل اتصال کم بین گونه‌ها در هر زیر گروه دیاگرام خوشه‌ای نسبت داده شود. جزء اصلی آنالیز ماتریکس داده‌ها (بر پایه ضریب همبستگی) منجر به استخراج 17 جزء اساسی در میان تاکسون‌ها شد. در PCA، اجزای مهم و اصلی بیشترین میزان تغییرات را نشان داد و عموماً با داشتن مقادیر ویژه بالای 1 در نظر گرفته شدند. در پژوهش حاضر شش جزء اصلی اول با مقادیر ویژه بیش از 1 نشان داده شدند ولی تنها دو مولفه اول (PC 1 و PC 2) حداکثر مقدار تغییرات را توجیه کردند، همینطور دو جز اول برای تهیه پلات PCA به حساب آورده شدند. PC 1 و PC 2 به ترتیب در مجموع 80/03 و 14/07 درصد تغییرات را توجیه کردند که در کل توجیه 94/1 درصد واریانس در میان داده‌ها بود. نمودار دو بعدی توزیع تاکسون‌ها را در هر چهار کوآدرات نشان داد (شکل 5-32). توزیع تاکسون‌ها در پلات PCA از تشکیل خوشه فنوگرام تبعیت می‌کند. همچنین PCA متغیرهای محیطی دخیل یا مسئول در تفکیک تاکسون‌ها را هم در طول ابعاد مختلف آشکار می‌سازد. بر اساس عامل، در مقابل امتیازات متغیر در نزد هر مؤلفه، PC1 می‌تواند به عنوان یک شیب منفی دمایی از راست به چپ، معین شود (شکل 5-32). درحالی‌که PC2 به عنوان یک شیب مثبت شوری از بالا به پایین انتخاب شود. همانطور که از پلات PCA مشخص است، عمدتاً دو گروه از جمعیت فیتوپلانکتون‌ها می‌تواند مشاهده شود. گروه اول دربرگیرنده گونه‌هایی بود که بارگیری بسیار مثبت به موازات PCI توام با بارگیرهای متوسط منفی در امتداد PC2 داشتند، از جمله گونه‌های *Coscinodiscus excentricus*, *G. beaufortianum*, *Gyrosigma obtusatum*, *Nitzschia*, *Biddulphia dubia*, *Amphiprora gigante*, *Actinocyclus normanii* و *Pleurosigma salinarum* و غیره.

در مشاهده نزدیک‌تر، می‌توان بیشتر ملاحظه کرد که تفاوت‌های موجود در بارگیری‌ها در بین اعضای مختلف در این گروه کم می‌باشد، نتیجه نشان می‌دهد که الگوهای مشابه رخداد آنها با وابستگی‌های تقریباً مشابه به دما و شوری بود. از سوی دیگر، گروه دوم شامل گونه‌هایی بود که بارگیری بسیار منفی در امتداد PCI با بارگیرهای متوسط منفی در امتداد PC2 داشتند مانند *A. falcatus* var. *stipitatus*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia* و *Rhizoclonium riparium*, *C. striata*, *Cyclotella meneghiniana* و *peregrine*. در داخل این گروه تنوع و تغییر در مقادیر بارگیری گونه‌های مختلف بیانگر تغییرات بیشتر در مقایسه با اعضای گروه 1 می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که اگرچه جمعیت ترجیح‌های

مشابهی برای دما و شوری دارد، ولی زمانی که دما تقریباً بالا بود، فراوانی و سهم آنها در تمام جمعیت ممکن است که در کل طول دوره مطالعه یکسان نباشد.

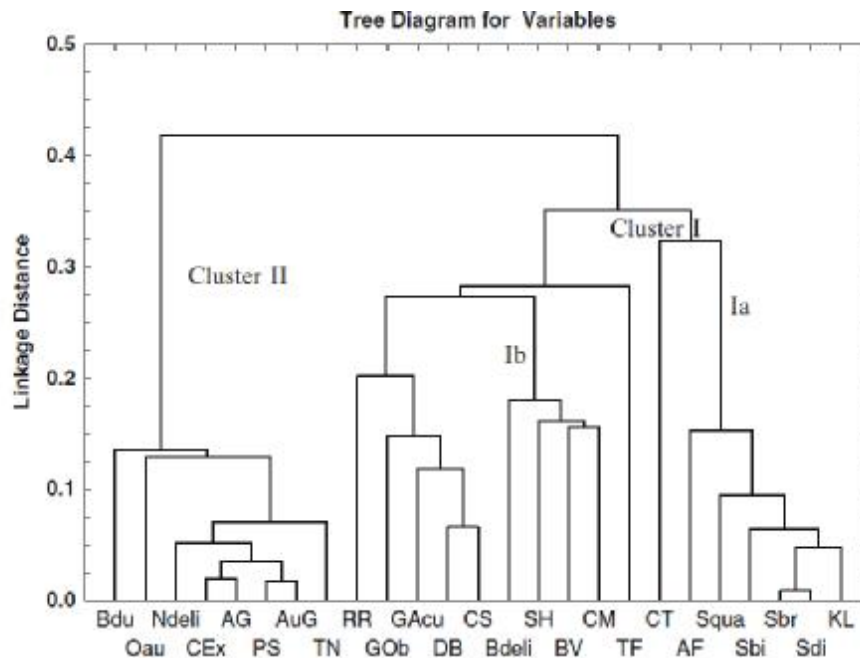
گروه سومی از گونه‌ها، با تعداد گونه کمتر با بارگیری منفی متوسط در امتداد PC1 و بارگیری‌های بسیار مثبت در امتداد PC2 مشخص شدند، گونه‌هایی مانند *Merismopedia minima* و *M. punctata* بطور عمده تحت شرایط دماهای متوسط و شوری بسیار کم (کمتر از 0 psu) شکوفا شدند.

آنالیز خوشه‌ای مشابه و آنالیز مولفه اصلی با 25 عدد از تاکسون‌های فراوان ثبت شده، از ایستگاه دهانه رودخانه‌ها (کاکدویپ) به اجرا درآمد. اینجا هم دو گروه مجزا از جمعیت فیتوپلانکتون‌ها ثبت شد که به ترتیب بعنوان خوشه I و خوشه II تعیین شدند. خوشه I ترکیبی از 8 تاکسون بود در حالیکه خوشه II 17 تاکسون را در برداشت. همانطور که برای آب شیرین دیده شد، گروه‌بندی جمعیت فیتوپلانکتون‌ها در نمودار خوشه‌ای در ایستگاه دهانه رودخانه هم مبتنی بر شیب‌های دمایی بود به عبارت دیگر خوشه I تاکسون‌هایی را شامل می‌شود که نسبت به دوره‌های زمانی گرم‌تر گرایش داشتند، در صورتی که خوشه II دربرگیرنده تاکسون‌هایی بود که عمدتاً در ماه‌های سردتر غالبیت و فراوانی داشتند (شکل 5-33).

خوشه I از جمعیت اواخر بهار (دوره گذار)، تابستان و جمعیت‌های بارش موسمی تشکیل شده بود. این خوشه در درجه اول نمایانگر جمعیت‌هایی از دوره‌های نسبتاً گرم‌تر بود، یعنی زمانی که میانگین دما به 28 ± 5 درجه سانتی‌گراد می‌رسید. این خوشه فیتوپلانکتونی از جلبک‌های سبز و دیاتومه‌ها تشکیل شده و فراوانی بیشتر با جنس‌های دیاتومه‌ای بود. خوشه Ia نماد جمعیت آخر بهار و تابستان با 7 تاکسون از جلبک‌های سبز بود مانند گونه‌هایی از جنس *Scenedesmus* spp. (*S. Ankirodesmus*، *S. quadricauda* و *S. bijuga*، *S. brevicauda*، *Kirchneriella lunaris falcatus* و *Crucigenia tetrapedia*).

در مقابل، خوشه Ib با 10 تاکسون از تمام فیتوپلانکتون‌ها مشخص شد به جز *Rhizoclonium riparium* که از دیاتومه‌ها بود. این خوشه در درجه اول، نمایانگر جمعیتی بود که در اواخر ماه‌های مانسون و دوره‌های پس از بارش موسمی بر زیستگاه‌های آبی غالب شدند. در این خوشه فراوان ترین تاکسون‌ها *Gyrosigma*، *Thalassiothrix frauenfeldii*، *Cyclotella meneghiniana* و *G. acuminatum obtusatum* و غیره بودند. ارتباط نسبتاً زیاد فواصل بین تاکسون‌های متفاوت در

داخل خوشه‌های مشابه دلالت بر این دارد که اگرچه دسترس پذیری آنها تحت شرایط محیطی مشابهی ثبت شده، ولی تعداد سلول آنها طی دوره‌های نمونه برداری به طور معنی داری فرق داشت.



شکل 5-33 نمودار خوشه‌ای UPGA بر اساس فراوانی فصلی جنس‌های مختلف فیتوپلانکتون ثبت شده از ایستگاه مصب

خوشه II نشانگر جمعیت‌های اواخر دوره‌های بعد از و بارش موسمی زمستان بود، هنگامی که دیاتومه‌ها معرف تنها تاکسون فیتوپلانکتونی بودند و هیچگونه دسترسی به گونه‌های جلبک سبز وجود نداشت، عمدتاً این خوشه با هر دو گروه دیاتومه‌های کشیده و دایره‌ای توصیف شد. مشخصه جمعیت دیاتومه‌های کشیده تاکسون‌هایی مانند *Nitzschia delicatissima*, *Thalassionema nitzschoide* و *Amphiprora gigantea* بودند درحالی‌که جمعیت دیاتومه‌های دایره‌ای تاکسون‌های *Odontella aurita*, *Biddulphia dubia*, *Aulacoseira granulata* و *Paralia sulcata* بودند.

در تلاشی به منظور درک بهتر ترکیب گونه‌ای فیتوپلانتکتونی منطقه مصبی در نتیجه پاسخ به متغیرهای محیطی، PCA با وارد کردن داده‌های قابل دسترس 21 تاکسون از فراوان ترین تاکسون‌ها به اجرا درآمد. بر اساس مقادیر مشخصه^۱، پلات PCA با در نظر گرفتن PC1 و PC2 انجام شد که با هم 71/35 درصد واریانس در داخل مجموعه داده‌ها را توجیه کرد. نمودار دو بعدی توزیع تاکسون‌ها را در هر چهار کوادرات نشان داد (شکل 5-34).

توزیع تاکسون‌ها در پلات PCA از تشکیل خوشه فنوگرام تبعیت می‌کند. همچنین PCA متغیرهای محیطی دخیل در تفکیک تاکسون‌ها را هم در طول ابعاد مختلف آشکار می‌سازد. اینجا هم مانند ایستگاه آب شیرین، بر اساس مقادیر بارگیری عوامل متغیر محیطی در امتداد PC1 و PC2 می‌تواند به‌عنوان یک شیب دمایی منفی از راست به چپ تعیین شود (شکل 5-34). در مقابل PC2 مانند یک شیب شوری مثبت از بالا به پایین تعیین می‌شود. همانطور که پلات PCA نشان می‌دهد، عمدتاً سه گروه جمعیت فیتوپلانتکتون را می‌توان مشاهده کرد. گروه اول شامل گروه‌هایی بود که دارای بارگیری بسیار مثبت به موازات PCI توام با بارگیرهای متوسط منفی در امتداد PC 2 بودند از جمله این گونه‌ها می‌توان به *Odontella aurita*, *Biddulphia dubia*, *Thalassionema nitzschoides* و *Aulacoseira granulate* اشاره کرد. در مشاهدات نزدیک تر ملاحظه شد که تفاوت‌های موجود در بارگیری‌ها در میان اعضای مختلف در این گروه اندک است، به موجب آن الگوهای مشابه رخداد آنها با وابستگی‌های تقریباً مشابه به دما و شوری ظاهر می‌شود.

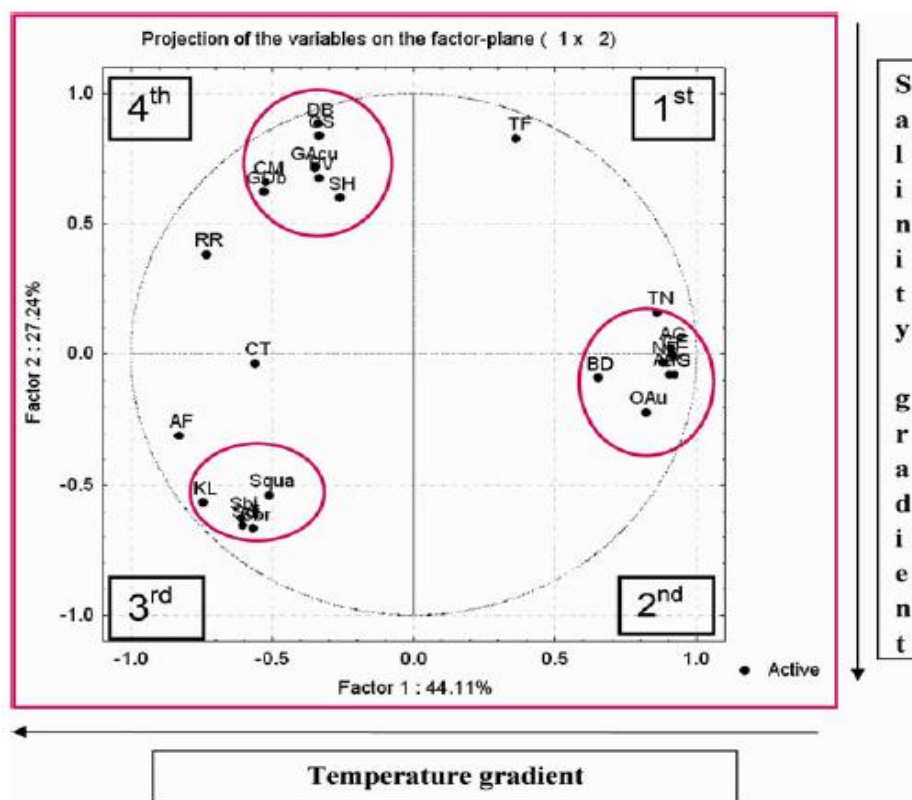
از سوی دیگر، گروه دوم شامل گونه‌هایی مانند *S. S. bijuga* و *S. brevicauda* بود که بارگیری منفی متوسط تا زیاد در امتداد PC1 با بارگیرهای متوسط منفی به مجاورت PC2 داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که جمعیت ترجیح‌های مشابهی برای دما و شوری با الگوهای نسبتاً مشابه فراوانی دارند. گروه سوم از این گونه‌ها که مورد بررسی قرار گرفته اند گونه‌هایی مانند *Cyclotella*, *Ditylum brightwellii* و *G. acuminatum*, *Gyrosigma obtusatum*, *C. striata meneghiniana* و *Bacteriastrium varians* بودند که بارگیری آنها با بار منفی

1. eigenvalues

متوسط در طول PC1 و بارگیری با بار مثبت زیاد در طول PC2 بود. این نشان می‌دهد که این جنس‌ها اساساً تحت شرایط نسبتاً کم شور^۱ در دمای نسبتاً پایین شکوفایی دارند. بر طبق شواهد در جهت‌گیری فضایی جنس‌های مختلف فیتوپلانکتون‌های گزارش شده از زیستگاه مصب، پلات در مقایسه با PCA توزیع فضایی بیشتری در ایستگاه آب شیرین داشت. بر این اساس تلاش برای درک این موضوع که آیا الگوی توالی فصلی در این ایستگاه عمل می‌کند، پیمایش‌های چند بعدی (MDS)^۲ انجام شد. کاربرد این روش در آن بود که جهت‌گیری در پلات MDS در دو بعد فضایی انجام شد جایی که روابط غیرخطی بین امتیازات گونه‌ها به دقت بررسی شد. در پلات MDS از جمعیت فیتوپلانکتون‌های ایستگاه مصب (شکل 35-5)، سه گروه متمایز نشان داده شده است. (گروه اول) که از مسیر پاد ساعتگرد شروع می‌شود و اعضای آن شامل *Scenedesmus spp.* همراه با *Kirchneriella lunaris* (KL) و *Ankistrodesmus falcatus* (AF) و *Crucigenia* که نماینده جمعیت تابستانی و اوایل ماه‌های مانسون را ارائه می‌کند، می‌باشد. (RR) *Rhizoclonium riparium* در ماه‌های آخر تابستان شروع به شکوفایی کرد و این افزایش در جمعیت آنها تا دوره مانسون ادامه یافت. در دوران بعد از مانسون، با کاهش بارندگی فصلی دگرگونی قابل توجه در غلظت مواد مغذی وجود داشت، از این رو جمعیت این جانداران با فراوانی تاکسون‌های دیاتومه‌ای (گروه دوم) مانند *Cyclotella meneghiniana* (CM)، *C. striata* (CS)، *Bacteriastrum*، *Ditylum brightwellii*، *G. acuminatum*، *Gyrosigma obtusatum* و *varians* و *hantzschii* Stephanodiscus دچار نوسان شد که فقط در ماه‌های اکتبر و نوامبر در دسترس بودند و حضور متوسطی نیز در ماه‌های آخر بارش موسمی داشتند.

1. oligohaline

2. Multidimensional scaling

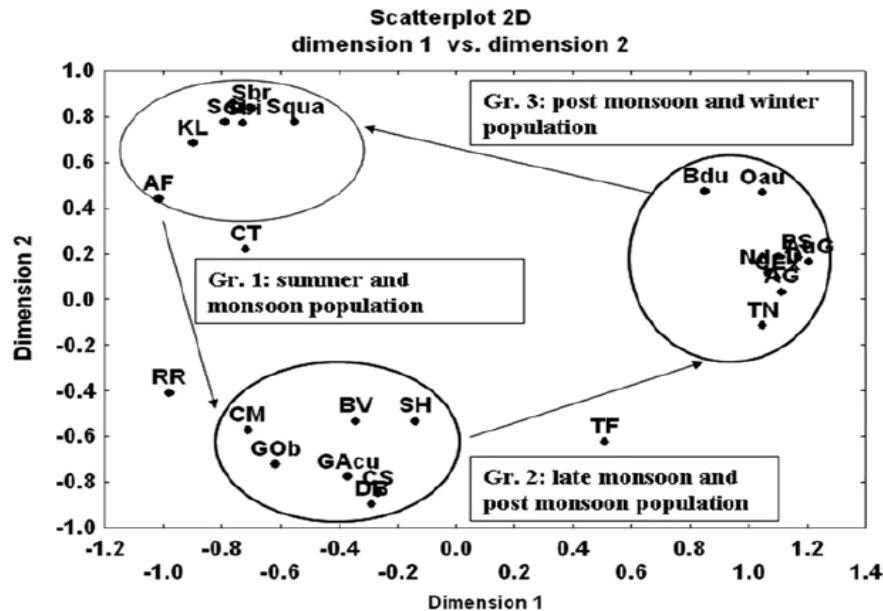


شکل 34-5 پلات PCA فاکتور 1 در مقابل فاکتور 2 که الگوی جهت‌گیری گونه‌ها براساس متغیرهای محیطی و بزرگی فراوانی در ایستگاه مصب را نشان می‌دهد

در فصل زمستان جمعیت متفاوتی شکوفا شد که نماینده انواع جنس‌هایی نظیر *Biddulphia*، *Thalassionema nitzschoides*، *N. delicatissima*، *O. aurita* (OAu)، *dubia* (Bdu)، *Pleurosigma*، *Aulacoseira granulata* (AuG)، *Amphiprora gigantea* (AG) و *Coscinodiscus excentricus* (CEx) (گروه سوم) بودند. این جنس‌ها اغلب در اواخر دوره پس از بارش موسمی در نوامبر ظاهر شدند و در ماه‌های زمستانی شکوفا بودند و تدریجاً با نزدیک شدن ماه‌های تابستان از تعدادشان کاسته شد. آنالیز خوشه‌ای و آنالیز ترکیبات اساسی بر روی 36 عدد از تاکسون‌های غالب گزارش شده از منطقه ساحلی دریا، مشابه بودند. اینجا سه

گروه متمایز از جمعیت فیتوپلانکتونی ثبت شد که به صورت خوشه I، خوشه II و خوشه III، نامیده شدند. خوشه I شامل 15 تاکسون، خوشه II شامل 18 تاکسون و خوشه III شامل تنها سه تاکسون بود.

برخلاف ایستگاه‌های آب شیرین و مصب، فواصل اتصال نسبتاً بلندتر بودند که پیشنهاد می‌کند که ارتباط خوشه‌ای بین گونه‌ای با توجه به دوره و اندازه فراوانی کمتر تخصصی بود، همانطوری که در دیگر ایستگاه‌ها مشاهده شد. علاوه بر این، هر یک از این خوشه‌ها به زیر گروه‌هایی تقسیم شد که هر زیر گروه نشان‌دهنده ارتباط‌های متفاوت بین اجتماع گونه‌ای فیتوپلانکتونی بود (شکل 36-5). تمام این تاکسون‌ها دوران متفاوت دسترسی را نشان دادند. خوشه I شامل سه تاکسون به نام‌های زیر می‌باشد: *Asterionella* و *Gyrosigma acuminatum* (Gacu) *Nitzschia sigmoidea* (NS) *japonica* (AJ). تمام این تاکسون‌ها دوره‌های متفاوتی از دسترسی را نشان دادند، در بین آن‌ها *A. japonica* فراوانی زیادی در ماه‌های زمستان نشان داد و در جمعیت فیتوپلانکتون‌ها در این فصل سهم بالایی داشت.



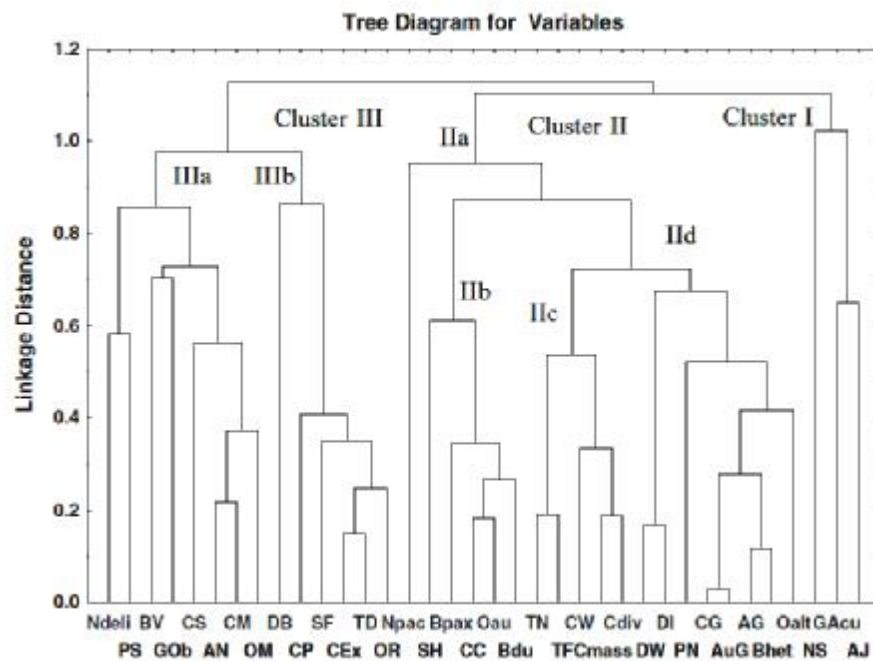
شکل 35-5 مقیاس چند بعدی (MDS) گونه‌های مختلف با توجه به بعد 1 و بعد 2 در ایستگاه مصب

خوشه II شامل 4 زیر گروه بود، زیر گروه Ila با یک گونه ارائه شد. *Nitzschia pacifica* (Npac) که آن هم فقط به صورت محدود در دوره بعد از بارش موسمی با تعداد سلول کم ظاهر شد. زیر گروه Iib از 5 گونه تشکیل شد: *Stephanodiscus hantzschii* (SH) (BPax)، *Bacillaria paxillifer* (Bdu)، *Biddulphia dubia* (Bdu)، این تاکسون‌ها به عنوان یک جز از جمعیت فیتوپلانکتونی از اواخر دوران بارش موسمی تا بعد از آن یافت شدند و تا اوایل ماه‌های تابستان (مارس و آوریل) همچنان شکوفایی داشتند و به عنوان بخش قابل توجهی از جمعیت فیتوپلانکتونی به محسوب شدند. زیر گروه-های IId و IIc شامل تاکسون‌هایی بودند که اکثراً در دوران مانسون و بعد از آن دیده شدند اما به طور چشمگیری توسعه نیافتند.

خوشه III دارای دو زیر گروه IIIa و IIIb بود که زیر گروه IIIa شامل 8 گونه به قرار زیر است: *Bacteriastrum*، *Paralia sulcata* (PS)، *Nitzschia delicatissima* (Ndeli)، *Cyclotella striata* (CS)، *Gyrosigma obtusatum* (GOB)، *varians* (BV)، *Odontella* و *Cyclotella meneghiniana* (CM)، *Actinocyclus normanii* (AN)، *mobiliensis* (OM).

این تاکسون‌ها اساساً در اوایل دوره تابستان (مارس و آوریل) ظاهر شدند و در ماه‌های ابتدای بارش موسمی (جولای و سپتامبر) با تعداد نسبتاً کم سلولی ادامه شکوفایی دادند.

زیر گروه IIIb شامل 6 گونه بود که عبارت اند از: *Odontella rhombus* (OR)، *decipiens*، *Coscinodiscus excentricus* (CEX)، *Coscinodiscus perforatus* (CP)، *Thalassiosira* (TD)، *Ditylum brightwellii* (DB) و *Surirella fastuosa* (SF). این تاکسون‌ها در ماه‌های تابستانی (آوریل و ژوئن) دیده شدند و در دوران مانسون و بعد از آن به شکوفایی خود ادامه دادند (تعداد سلول‌ها در این زیر گروه بیشتر از زیر گروه IIIa بود). همانطور که واضح است، آنالیز خوشه‌ای ارتباطات بسیار مشخص گونه‌ای را به خوبی نشان نداد، همانند آنچه که در ایستگاه آب شیرین دیده شد. بنابراین، برای درک بیشتر پاسخ‌های گونه-خاص جمعیت فیتوپلانکتون‌ها به متغیرهای محیطی، آنالیز مؤلفه اصلی نیز انجام شد.

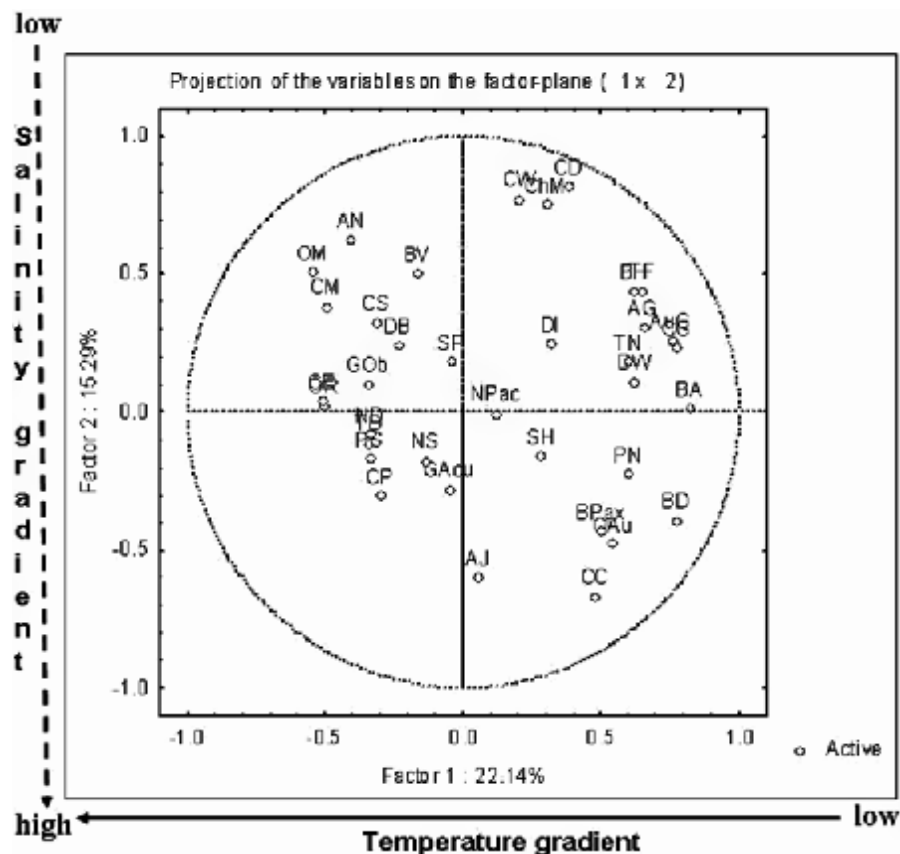


شکل 5-36 نمودار خوشه‌ای UPGA براساس فراوانی فصلی جنس‌های مختلف فیتوپلانکتون ثبت شده از منطقه ساحل دریایی

در آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)، مطالعه ترکیب گونه‌ای در منطقه ساحلی دریا، ماتریکس فاکتور بارگیری نشان‌دهنده ارتباط بین هر مولفه اصلی با هر یک از گونه‌هاست. در مطالعه ما، گونه‌ای که در کل دوره نمونه‌برداری فقط یکبار ظاهر شد مورد توجه قرار نگرفت. از بین 36 گونه بررسی شده، 11 نمونه قوی‌ترین همبستگی را با بالاترین فاکتور بارگیری با دو مولفه اصلی اول (PC1 و PC2) داشتند. بر این اساس پلات PCA به صورت PC1 و PC2 در نظر گرفته شد. این دو ترکیب 37/43 درصد از تغییرات درون داده‌های گونه‌ای را توجیه می‌کند.

متغیرهای تصادفی در پلات PCA بر اساس فاکتورهای بارگیری خود در گروه‌های PC1 و PC2 قرار گرفتند. متغیرهای تصادفی بین گونه‌ها که بصورت PC1 و PC2 پلات شده بود نسبتاً بالا بود، بخاطر اینکه توضیح داده شد که واریانس دو مولفه اول حدود 6/5 برابر بالاتر از سری‌های زمانی خواهد بود که 36 گونه جلبکی هیچ همبستگی نداشتند. بنابراین مسئول بیش از یک سوم تغییرات در 36

گونه جلبیکی در طول دوره مطالعه، اولین و دومین مولفه اصلی در پلات بودند. در پلات کردن PC1 در مقابل PC2، تغییرپذیری در حضور گونه‌های منفرد آشکار می‌شود که فاصله بین نقطه گونه‌های پلات شده، سنجشی (معیاری) نسبی از درجه شباهت و تفاوت بین گونه‌ها را باتوجه به حضور فصلی و هم میزان فراوانی آنها ارائه کند. همچنین الگوی زمانی حضور هر گونه منفرد، بوسیله پلات کردن PC1 در مقابل PC2 شرح داده شد (شکل 5-37) گرادیان دمایی منفی در طول PC1 قرار گرفت.

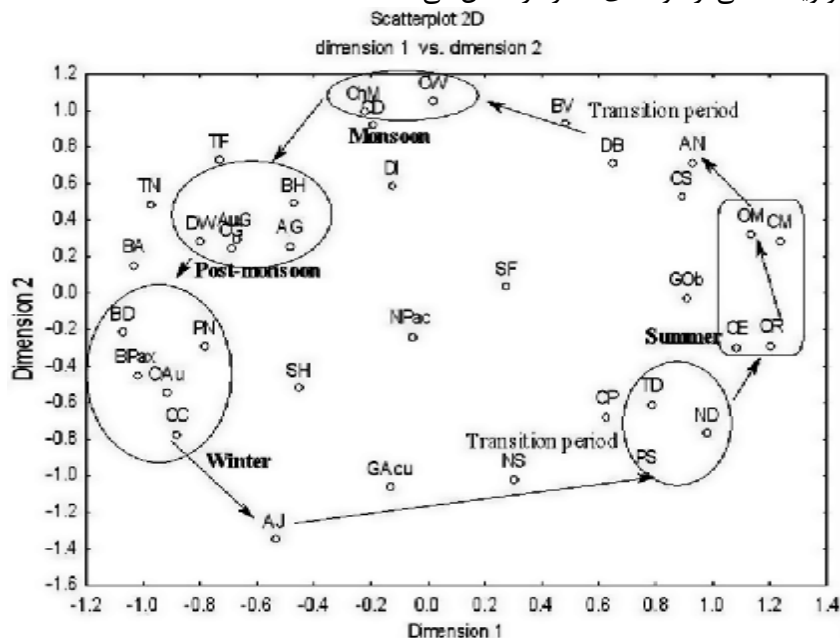


شکل 5-37 پلات PCA PC1 در مقابل PC2 که الگوی جهت‌گیری گونه‌ها را براساس متغیرهای محیطی و بزرگی فراوانی در منطقه ساحل دریایی نشان می‌دهد.

بر این اساس، جنس‌هایی با بارگیری فاکتور مثبت بالا در PC1 در ماه‌های خنک‌تر با درجه حرارت نسبتاً پایین آب شکوفا شدند. بنابراین، جنس‌های با بارگیری فاکتور مثبت در PC1 در ماه‌های پس از بارش موسمی و زمستان، هنگامی که دمای متوسط حدود 12 – 18 درجه سانتی‌گراد است غالب بودند. در مقابل، جنس‌های با بارگیری فاکتور منفی در PC1، ترجیح می‌دادند در ماه‌های تابستان هنگامی که درجه حرارت متوسط آب نسبتاً بالاتر (30-36 درجه سانتیگراد) بود، شکوفا شوند. محور PC2 نشان‌دهنده درجه نسبی تغییر در حضور موقتی با شیب کم تا زیاد گونه‌های در دسترس در طول چرخه سالیانه می‌باشد.

همانطور که از PC2 مشهود است، شیب شوری از بالا به پایین است که در آن، گونه‌ها شوری مورد نیاز خود را تنظیم می‌کنند. به طور کلی، گونه‌هایی که همبستگی مثبت قوی با این بردار دارند، حضور فصلی خاص که در آن نیاز به شوری کم بود (شیب از پایین به بالا است) را به نمایش گذاشتند. بر این اساس، از پلات PCA (اولین کوادرنانت) آشکار است که *Biddulphia alternans* (BA) همراه با جنس‌های دیگر مانند *Thalassionema nitzschoides* (TN)، *Diploneis interrupta* (DI) و *Diploneis weissfloi* (DW) در ماه‌های پس بارش موسمی از و زمستان فراوان‌تر هستند. تاکسون‌هایی مانند *A. gigantea* (AG) و *C. granii* (CG) و *Aulacoseira granulata* (AuG) فاکتور مثبت متوسط بارگذاری بر PC1 دارند که تنها به طور ویژه در دوره پس از مانسون دیده می‌شوند و در فصول دیگر یا حضور ندارند یا بسیار کم هستند. جنس‌هایی مانند *Chaetoceros wighami* (CW)، *C. messanensis* (ChM) و *C. diversus* (CD) بارگذاری مثبت بسیار بالایی در PC2 و بارگذاری متوسط در PC1 دارند که به وضوح می‌توان این واقعیت که حضور آنها محدود به فصل مانسون (دمای آب 28 تا 32 درجه سانتیگراد) بود را توضیح داد و آنها هرگز در فصول دیگر شکوفا نشدند. جنس‌هایی با فاکتور بارگذاری مثبت در PC1 و بارگذاری منفی در PC2 (دومین کوادرنانت)، اغلب در ماه‌های آخر پس از دوره مانسون تا زمستان، با فراوانی بالا حضور داشتند. به این دلیل است که در طی این دوره، درجه حرارت متوسط آب کم است اما با کاهش بارندگی‌های فصلی و ورودی رودخانه‌ای، با افزایش شوری همراه است. بنابراین، جنس‌هایی مانند *Coscinodiscus centralis* و *Odontella aurita* (OAu)، *Biddulphia dubia* (BD)، (CC) با فراوانی بالا به اوج رشد خود در این دوره رسیدند، که با تعداد بسیار زیاد گونه *A. japonica* به حداکثر رسیدند. جنس‌ها در سومین کوادرنانت، فاکتور بارگذاری منفی متوسط برای هر دو PC1 و PC2 داشت. از این رو، این جنس‌ها در ماه‌های نسبتاً گرم هنگامی که شوری در حد psu 35-32 بود با تعداد سلول کمتر شکوفا شدند. *Nitzschia Sigmoidea* (NS) و (GAcu)

acuminatum Gyrosigma تنها در ماه‌های مارس و آوریل حضور داشتند. (ND) *Paralia sulcata* (PS) و *Nitzschia delicatissima* دوره مطالعه در دسترس بودند. بنابراین، یافته‌ها به وضوح پیشنهاد می‌کند که این جنس‌ها نشان‌دهنده جمعیت دوره گذار از ماه‌های زمستان به تابستان بودند. در نهایت، کوادرانت چهارم شامل جنس‌هایی بود که در ماه‌های گرم‌تر فراوان بودند، اما با کاهش قابل توجهی در ماه‌های زمستان در دسامبر و ژانویه، با تعداد نسبتاً بالای گونه‌های منفرد همراه بودند. جنس‌هایی مانند *C. rhombus* (OR) و *C. excentricus* (CE)، جنس‌هایی نظیر *Odontella mobiliensis* (OM) و *Cyclotella meneghiniana* (CM) که دارای بارگذاری منفی بر PC1 اما بارگذاری مثبت متوسط بر PC2 داشتند، نشان‌دهنده فراوانی نسبی با تراکم بالا در دوره تابستان و بارش موسمی بود. همچنین برای تایید بیشتر این الگوی فصلی گونه‌ها بر اساس داده‌های فراوانی آنها و اولویت ترجیح آنها برای دما و شوری، شاخص مقیاس چند بعدی انجام گرفت (شکل 5-38). آرایش فضایی پلات MDS همه جنس‌ها (بعد 1 در مقابل بعد 2) به وضوح گروه‌های مجزا براساس اولویت فصلی از گونه‌های منفرد را نشان می‌دهد.



شکل 5-38 مقیاس چند بعدی (MDS) گونه‌های مختلف با نظر به بعد 1 و بعد 2 در منطقه ساحل دریایی

در پلات MDS، 5 گروه مجزا شکل گرفت، با شروع از جهت پادساعت گرد از ماه تابستان (گروه 1)، جنس‌های *O. rhombus* (OR)، *Coscinodiscus excentricus* (CE) و *O. mobiliensis* (OM) با هم به عنوان جنس‌های غالب ماه تابستان همراه با *C. meneghiniana* (CM) بودند که البته جنس اخیر در فصول دیگر نیز حضور داشت، ولی اولویت آن برای ظهور در ماه‌های تابستان بود. شکوفایی جنس‌هایی مانند *Ditylum brightwellii* (DB)، *Cyclotella striata* (CS) و *A. normanii* f. *subsala* (AN) در ماه‌های تابستان شروع شد و افزایش جمعیت آن‌ها در دوره بارش موسمی ادامه یافت و بر این اساس، آنها به عنوان نشانه‌ای از حالت گذار از تابستان به فصل بارش موسمی بودند. با رسیدن ماه‌های، بارش موسمی تغییر قابل توجهی در غلظت مواد مغذی روی می‌دهد و بنابراین، جمعیت با فراوانی جنس‌های (گروه 2) مثل *C. messanensis* (ChM)، *Chaetoceros wighami* (CW) و *C. diversus* (CD) تغییر می‌کند، همچنان که دوره مانسون ادامه می‌یابد، افزایش قابل توجهی در ورودی مواد مغذی و کاهش میانگین شوری اتفاق می‌افتد. بر این اساس، جمعیت فیتوپلانکتون بسیار ویژه است که نشان‌دهنده این واقعیت می‌باشد که گونه-های مختلف از *Chaetoceros* در هیچ فصل دیگری از دوره نمونه برداری ما به جز فصل بارش موسمی، شکوفا نمی‌شوند. در دوره بعد از مانسون جمعیت فیتوپلانکتون‌ها با ظهور جنس‌هایی مانند *B. heteroceros* (BH)، *A. granulata* (AuG)، *A. gigantea* (AG)، *C. granii* (CG) و *D. weissflogii* (DW) (گروه 3)، تغییر می‌کند که تنها در ماه‌های اکتبر و نوامبر حضور داشتند و حضور متوسطی نیز در اواخر ماه‌های بارش موسمی داشتند. در فصل زمستان جمعیت متفاوتی شکوفا شد که جنس‌هایی مانند *Biddulphia dubia* (BD)، *O. aurita* (OAu)، *Pleurosigma* (PN)، *B. paxillifer* (BPax) و *Coscinodiscus centralis* (CC) (گروه 4) را شامل می‌شد. این جنس‌ها اغلب در اواخر دور بارش موسمی ه در نوامبر ظاهر شده، در ماه‌های زمستان شکوفا شدند و به تدریج با رسیدن به ماه‌های تابستان کاهش یافتند. این جمعیت زمستانی در نهایت با افزایش ناگهانی در جمعیت *A. japonica* (AJ) به اوج خود رسیده که در آن تنها افراد بسیار کمی از گونه‌های دیگر افزایش یافتند. جنسی مانند *G. acuminatum* (GAcu) در اواخر ماه‌های زمستان در فوریه ظاهر و در ماه مارس تا اوایل ماه‌های تابستان در آوریل شکوفا شد. بعلاوه، *Nitzschia* (NS) و *N. delicatissima* (ND) (گروه 5) در اوایل ماه آوریل (اوایل تابستان) ظاهر شد و بنابراین، آنها به عنوان نمایندگان جمعیت های پلانکتونی گذار بین زمستان و تابستان در نظر گرفته شدند. *Surirella Fustuosa* (SF) و *N. pacifica* (NPac) به صورت نامنظم با تعداد

کم سلول ظاهر شدند. در مقابل، *Stephanodiscus hantzschoides* (SH) در تمام طول سال ظاهر شد و اولویت فصلی را نشان نداد. بر این اساس، این جنس‌ها در وسط آرایش فضایی MDS بصورت پراکنده ظاهر شدند و به گروه خاصی تعلق نداشتند.

جمعیت فیتوپلانکتون منطقه ساحلی توسط عوامل مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی کنترل می‌شود که در نهایت پویایی فیتوپلانکتون‌ها در اکوسیستم خاص را تنظیم می‌کند. نتایج نشان داد که ساحل غربی بنگال جمعیت متنوع فیتوپلانکتونی که عمدتاً از اعضای جلبک‌های سبز-آبی، جلبک‌های سبز و دیاتومه‌ها هستند، را نشان داد. اعضای *Bacillariophyta* یا دیاتومه بخش عمده‌ای از جمعیت را تشکیل داد، و به دنبال آن جلبک‌های سبز و سبزآبی ظاهر شدند. یافته‌های پژوهشی نشان داد که از بین 75 گونه فیتوپلانکتون ثبت شده، 51 گونه متعلق به دیاتومه‌ها بود. در منطقه آب شیرین و مصب، فلور فیتوپلانکتونی متشکل از جلبک‌های سبز-آبی، جلبک‌های سبز و دیاتومه‌ها بود. از سوی دیگر، در منطقه ساحلی دریایی فقط دیاتومه‌ها حضور داشتند. جمعیت دیاتومه‌ها عمدتاً متشکل از اعضای متعلق به خانواده‌های *Coscinodisceae*، *Chaetocerae*، *Biddulphiaceae* (Centrales) و *Naviculaeae* (Pennales) (Cupp 1943) بودند. حضور بالای دیاتومه‌ها به عنوان جزء اصلی از جمعیت پلانکتونی ساحلی و مصب از دیگر نقاط شبه قاره هند نیز گزارش شده است. شرح دقیقی از جمعیت فیتوپلانکتونی در امتداد ساحل مدراس¹ توسط ونکاتارامان² (1939) ارائه شد، او 98 گونه متعلق به 33 جنس را گزارش کرد. در کار شاخص دیگری در ساحل مدراس، 134 گونه متعلق به 64 جنس توسط ساپراهمانیان³ (1946) گزارش شده است. بعداً، مجموع 57 گونه دیاتومه متعلق به 36 جنس از خلیج⁴ ساحل غربی هند گزارش شد (Gopalakrishnan 1972). در مطالعه‌ای یک ساله از مصب رودخانه‌های ماندووی-ذواری⁵، در مجموع 48 گونه فیتوپلانکتون شناسایی شد که 37 گونه از آنها دیاتومه و تنها 2 گونه از جلبک‌های سبز-آبی بود (Krishna Kumari et al. 2002). در کاری که اخیراً در مصب ذواری، گوا انجام شده است، 66 گونه متعلق به 29 جنس از دیاتومه‌های پلانکتونی گزارش شد، که از بین آنها 36 گونه کشیده و 30 گونه از آنها دایره‌ای بودند (Redekar Wagh and 2000). همچنین غالبیت دیاتومه‌ها به عنوان مولفه‌ای از منطقه ساحل دریایی، از

1. Madras

2. Venkataraman

3. Subrahmanyam

4. Kutch

5. Mandovi – Zuari

ایستگاه‌های دیگر در امتداد خلیج بنگال، گزارش شدند (Madhupratap et al. 2003). بنابراین، فراوانی دیاتومه‌ها از تمام مصب‌ها و آب‌های ساحلی هند – که در آن اعضای *Chaetoceraeae*, *Coscinodiscaceae* و *Naviculaceae* بسیار فراوان بودند، گزارش شد (Venkataraman, 2005). بنابراین، یافته‌های ما در مطالعه حاضر در طول ساحلی غربی بنگال با یافته‌های دیگر از مصب‌های مختلف شبه قاره هند منطبق بود. نتایج نشان می‌دهد که الگوی ترکیب گونه‌ای، تغییرات بین سالانه چشم‌گیری را نشان نداد. در اینجا تقریباً جنس‌های یکسان در الگوی یکسان در سال‌های متوالی ظاهر شدند. جریان عظیم آب شیرین که از چند رودخانه اصلی وارد می‌شود ممکن است باعث طبقه‌بندی عمودی شود که از اختلاط عمودی آب جلوگیری می‌کند (Sastry and Gopalakrishnan 1985). بر این اساس، فقدان جریان فراچاهنده قوی در این ساحل به علت جریان استوایی آب شیرین است که نتیجه‌ی "انتقال اکمن"^۱ از آب‌های دور از ساحل به سمت ساحل خلیج بنگال می‌باشد. این شرایط برای پویایی پلانکتون‌ها در فصول مشابه با حداقل تغییرات بین سالانه شرح داده شد. فقدان جریان فراچاهنده را می‌توان به این واقعیت که دهانه خلیج بنگال به خصوص در قسمت‌های شمالی شیب قاره^۲ بسیار باریکی دارد، نسبت داد (Qasim 1977 ; SenGupta et al. 1977 ; Radhakrishna et al. 1978).

به‌طورکلی در میان دیاتومه‌ها، *Chaetoceros*, *Leptocylindrus*, *Coscinodiscus*, *Thalassiothrix*, *Thalassionema*, *Ditylum*, *Gyrosigma*, *Odontella*, *Biddulphia* و *Navicula* به عنوان تاکسون‌های غالب این ناحیه در نظر گرفته شده‌اند. در کنار جنس‌های دیاتومه‌ها، جنس‌های جلبک‌های سبز مثل *Kirchneriella*, *Ankistrodesmus*, *Pediastrum*, *Scenedesmus* و *Merismopedia* مثل جنس‌های جلبک سبز آبی مثل *Microcystis* در این ناحیه در دسترس بودند. فراوانی گونه‌های *Chaetoceros spp.* و *Bacteriastrum spp.* فقط در دوره بارش موسمی و عمدتاً در مصب‌ها و مناطق دریایی در طول ساحل غربی بنگال مشاهده شد. در سایر گزارش‌ها، غالبیت اعضای گروه کشیده مثل *Nitzschia spp.* در نواحی آب شیرین گزارش شد، درحالی‌که جنس‌هایی مثل *Coscinodiscus spp.* در مناطقی با شوری بالا مثل مصب رودخانه‌های ماندووی-ذواری فراوان تر بودند (Matondkar et al. 2006). غالبیت اعضای *Chaetoceros spp.* از ماه ژوئن تا سپتامبر (ماه‌های مانسون) در ناحیه

1. Ekman transport
2. Continental shelf

نریتیک از مصب اوردایبای^۱ در شمال اسپانیا هم گزارش شده است (Trigueros and Orive 2001).

بر اساس مطالعه ما در طول ساحل غربی بنگال، نشان داده شد که هر ایستگاه ترکیب تاکسون‌های غالب متفاوتی داشت مثل *Leptocylindrus danicus* در ایستگاه آب شیرین، *Thalassiothrix frauenfeldii* در ایستگاه مصب و *Asterionella japonica* در ناحیه دریایی. فراوانی بالای مشابهی از *Asterionella japonica* در ماه‌های زمستان از مجاور ساحل اوریسّا^۲ گزارش شد که تقریباً 99% از کل جمعیت را تشکیل داده بود (Sasamal et al. 2005). در نواحی مصبی و منطقه دریایی، فراوانی تاکسون‌های پهن‌شورزی^۳ مثل *Skeletonema costatum*، *Thalassiosira decipiens* و *Thelassionema nitzschoides* ثبت شد. فراوانی بالای جنس‌های دیاتومه‌های زنجیره‌ای شکل مثل *Leptocylindrus danicus*، *Thalassiosira decipiens* و *Skeletonema costatum* در دریای آلبوران^۴، ادامه ناحیه جنوب‌غربی دریای مدیترانه، ثبت شده است (Mercado et al. 2005).

این تاکسون‌ها در سایر نواحی مصبی سرتاسر جهان هم متداول هستند. این نواحی در معرض تغییرات زیادی در میزان نمک خود هستند و این امر ناشی از بارندگی و ورودی آب رودخانه است از جمله آنها خلیج آپالاچی^۵ (Curl 1959)، خلیج پدیاتو^۶ (Livingston 2001)، لاگون رودخانه هندی^۷ (Badylak and Philips 2004)، فلوریدا و بسیاری از مصب‌های کارولینای شمالی (Mallin 1994) است. افزایش دیاتومه‌های کشیده سایز بزرگ در کنار کلونی شکل‌ها از قبیل *Thalassiothrix*، *Thelassionema nitzschoides*، *Asterionella japonica*، *Bacillaria paxillifer* و *Nitzschia sigmaidea* در طول ماه‌های سردتر پس از مانسون و زمستان را می‌توان به بادهای قوی شمال‌شرقی نسبت داد (De Jonge and van Beusekom 1995). دسترسی به این تاکسون‌ها در زیست بوم‌های بسیار متنوع در بخشهای گوناگون جهان بیشتر روی این مطلب تاکید

1. Urdaibai

2. Orissa coast

3. euryhalin

4. Alboran

5. Apalachee

6. Pediatto

7. Indian River Lagoon

می‌کند که این جنس‌های فیتوپلانکتونی پهن شورزی دارای توزیع جهانی هستند و می‌توانند تحت شرایط متنوع فیزیکی شیمیایی گسترش یابند.

شاخص‌های تنوع براساس داده‌های بر پایه مقدار کل زیست‌توده حاصل از روش شمارش سلولی و تعداد افراد محاسبه می‌شوند که نشان‌دهنده الگوی جامعه اکوسیستم خاص هستند. نتایج نشان داد که تنوع در ایستگاه آب شیرین از همه بالاتر و در ایستگاه مصب از همه پایین‌تر بود و ناحیه ساحلی دریا جایگاه میانه‌ای داشت. این نتایج در راستای گزارش‌های قبلی از حوضه رودخانه کاتالیناسانتا^۱، ساحل کالیفرنیا و دریای نروژ بود که تنوع پایین گزارش شده در این نواحی ناشی از تغییرپذیری فیزیکی مصب و ساحل شنی بود (Jumars 1976). مطالعه ما نشان داد که در ماه جولای یا در فصل مانسون، غلظت مواد مغذی بالا بوده و اختلاط مناسبی داشت که این مساله ناشی از بارندگی فصلی و ورود آب غنی از مواد مغذی از رودخانه‌ها بود. این امر موجب گسترش شرایط مناسب برای تنوع‌زایی در فیتوپلانکتون‌ها شد که توضیحی برای حداکثر شاخص SW در دوره بعد از مانسون با گنجینه‌ی غذایی ثابت و متعادل بود. بنابراین، در مطالعه حاضر، دوره بعد از مانسون (اکتبر تا نوامبر)، به عنوان مناسب‌ترین زمان برای تنوع فیتوپلانکتونی ملاحظه شد که بالاترین شاخص تنوع را در سرتاسر منطقه مورد مطالعه نشان داد، هرچند که تعداد کل سلول‌های فیتوپلانکتونی در زمستان حداکثر بود. مشاهده حداکثر تنوع در دوره بعد از بارش موسمی با گزارش‌های قبلی درباره مصب رودخانه هوگلی در شمال-شرقی ساحل هندوستان (De et al. 1994) و مصب رودخانه ولار^۲، به خوبی همخوانی دارد (Hangovan 1987).

یکنواختی گونه‌ای بالا با تغییرات ناچیز در ایستگاه‌های آب شیرین و مصب، دلالت بر درصد سهم مشارکت تاکسون‌های منفرد در جمعیت کلی فیتوپلانکتون‌ها دارد که تقریباً در تمام طول دوره نمونه برداری مشابه بودند. این مطلب در تضاد با وضعیت نواحی دریایی بود که در ماه‌های بارش موسمی حداکثر و در زمستان در حداقل بودند. کاهش گرایش شاخص SW و یکنواختی گونه‌ای، گذر از جامعه فیتوپلانکتونی با غنای گونه‌ای بالا به سمت تشکیل شکوفایی را نشان می‌دهد که توسط بسیاری از نویسندگان در دریاچه‌ها و مخزن‌های پرتولید (یوتروف) و هایپرتروف^۳ گزارش شده بود (Jacobsen and Simonsen 1993; Padisak 1993). بنابراین، افت در شاخص‌های زیستی در زمستان در

-
1. Santa Catalina
 2. Vellar
 3. Eutrophic and hypertrophic

ایستگاه دریایی در درجه اول ناشی از فراوانی زیاد جمعیت *Asterionella japonica* بود که بیش از 90% جمعیت فیتوپلانکتون‌ها را به خود اختصاص داده بود. نتایج مشابهی برای ماه‌های تابستان در ایستگاه ساحل دریا با گسترش جمعیتی متفاوت (*Odontella rhombus*) گزارش شد. در دوره مانسون، ستون آب به شدت به هم خورد که این امر ناشی از بارندگی فصلی، ورود آب رودخانه‌ها و جریانات هوایی متناوب به علت شرایط آب و هوایی دوره‌ای¹ بود. در نتیجه، تعداد فیتوپلانکتون‌ها با مقدار متوسط یکنواختی گونه‌ای دوره مانسون، پایین بود.

نتایج آنالیز خوشه‌ای و اندازه‌گیری چند بعدی، الگوهای فصلی ویژه‌ای را برای حضور فیتوپلانکتون‌ها تصدیق کردند. آنالیز خوشه‌ای ارتباط بین گروه‌ها را به حداکثر می‌رساند و ارتباط درون گروهی را به حداقل می‌رساند (Ramette, 2007). بنابراین، فاصله‌ی بسیار اندک میان زیرگروه‌ها در هر خوشه، ارتباط نزدیک بین تاکسون‌های جلبکی را پیشنهاد می‌دهد. از سوی دیگر، فاصله‌ی ارتباطی زیاد بین هر خوشه، بیشتر روی این مورد تاکید دارد که هر جمعیت از جمعیت دیگر جداشدگی زیادی دارد. پلات MDS به جهت‌گیری متغیرها در فضای دو بعدی کمک می‌کند که در آن ارتباطات غیر خطی هم در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، درحالی که میدانیم الگوهای فصلی در میان جمعیت فیتوپلانکتون‌ها از این دو روش چند متغیره به دست می‌آیند، به روشنی در میابیم که موفقیت فصلی در ایستگاه آب شیرین چندان مشخص نیست. از سوی دیگر، الگوهای فصلی بیشتر در ایستگاه مصب مشهود است. در ناحیه‌ی ساحلی دریا، توالی فصلی به وضوح دیده شد به طوری که هر فصل با وضوح توسط تجمع گونه‌های مجزا نشان داده شد.

نتایج نشان داد که هم تولید و هم تعداد سلول‌ها در ناحیه‌ی ساحلی دریا در حداکثر و در ناحیه مصب در حداقل مقدار خود بود. همبستگی بسیار بالا بین تعداد سلول فیتوپلانکتون‌ها و GPP به وضوح بیان داشت که GPP در واقع کل کربن تثبیت شده به وسیله فتوسنتز توسط جمعیت فیتوپلانکتونی بود. از نظر فصلی، همانطور که می‌توان از داده‌های تعداد سلولی انتظار داشت، تولید در زمستان در حداکثر و در طول دوره مانسون در ساحل غربی بنگال در حداقل مقدار بود. تولید فتوسنتزی پلانکتونی یکی از مهمترین عوامل در کل تولید سرتاسر اکوسیستم‌های باز آبی می‌باشد. کارایی انتقال انرژی از فیتوپلانکتون به مصرف کننده‌ها و تولید نهایی در سطوح بالاتر غذایی با توجه به ترکیب گونه‌ای جلبکی متفاوت است. این موضوع به خوبی شناخته شده است که سیستم جریان‌های فراچاهنده دریایی با غالبیت دیاتومه‌ها نسبت به دریاچه‌هایی با غالبیت سیانوباکتری‌ها، زیست‌توده

1. cyclonic

بیشتری از ماهی‌ها را در هر واحد از زیست‌توده زنده فیتوپلانکتون‌ها حمایت می‌کنند که این مساله نیز در ساحل غربی بنگال مشهود است. بر خلاف، مناطق آب شیرین و ساحل دریا، تولید اندک در ایستگاه مصب می‌تواند با فعالیت ماهیگیری بی‌رویه و رفت و آمد کشتی‌ها در کانال‌های آبی از کاکدویپ مرتبط باشد. چنین بهره‌برداری‌های تجاری می‌تواند موجب آشفتگی ستون آب شود که ممکن است مسئول لایه بندی ناپایدار آب و در نهایت باعث کاهش تولید شود.

NPP اندازه‌گیری کربن تثبیت شده فتوسنتزی قابل دسترس بعد از حذف میزان از دست دادن آن طی کاتابولیسم مواد آلی ناشی از تنفس (**CRR**) است. بر همین اساس، افت **NPP** و افزایش در **CRR** به وضوح نشان می‌دهد که مصرف کربن در مقایسه با جذب کربن نسبتاً زیاد بود. چنین مشاهده ای می‌تواند به این حقیقت مرتبط باشد که افزایش ورود آب شیرین غنی از مواد مغذی در زیستگاه های آبی تحت شرایط گرما منجر به افزایش جمعیت هتروتروف‌هایی باشد که مسئول افزایش مصرف کربن بودند. نتیجه مشابه‌ای هم از مصب روخانه ی موندوای^۱ به دست آمد (Verlencar and Qasim 1985) که بالاترین تولید را در فصل بعد از بارش موسمی با مقادیر متوسط در دوره پیش از مانسون و کمترین تولید در دوره مانسون را داشت. افت تولید اولیه در ماه‌های مانسون و روند افزایشی در دوره پس از مانسون در دریاچه ی تانا^۲ در اتیوپی نیز گزارش شده است (Wondie et al. 2007).

تغییرات در محتوای **DO** نشان داد که طرح مشابهی از تغییر برای تعداد سلول و تولید، هم در ایستگاه آب شیرین و هم در ایستگاه مصب وجود داشت. بنابراین، سطوح **DO** در ایستگاه آب شیرین نسبتاً بالاتر از ایستگاه مصب بود. اگرچه ایستگاه آب شیرین و مصب سطوح بهینه **DO** را نشان دادند، سطوح **DO** در منطقه‌ی ساحل دریا در شرایط زیراشباع قرار داشت، هرچند که تعداد سلول در میان هر سه ایستگاه حداکثر بود. در طول ماه‌های ، با بارش موسمی رندگی شدید فصلی باعث افزایش ورود آب شیرین حاوی مواد معلق زیاد می‌شود که موجب کدر شدن ستون آب در منطقه دریایی می‌شود. این کدورت ستون آب ممکن است باعث کاهش منطقه نوری شود. بنابراین، هرچند که تابش خورشیدی زیاد بود اما میانگین تابش در ستون آب نسبتاً کم بود که ممکن است حاکی از افت در سطوح **DO** زیستگاه ناحیه‌ی ساحلی دریا با فعالیت فتوسنتزی اندک باشد. مشاهده‌ی چشمگیر دیگر افزایش سطوح **BOD** در ماه‌های بارش موسمی و افت آن به همان صورت دوره‌های زمستان بود.

1. Mandovi

2. Tana

همبستگی منفی معنا دار بین سطوح DO و BOD در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر رشد زیاد هتروتروفی در طول ماه‌های بارش موسمی اشاره دارد که باعث کاهش در سطوح DO شده است.

از نتایج چنین برداشت می‌شود که ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی زیستگاه نقش تعیین‌کننده‌ای در گسترش و تکثیر جمعیت‌های فیتوپلانکتونی در ساحل بنگال غربی بازی می‌کنند. در این ناحیه ساحلی گرمسیری، دسترسی به نور و غذای بهینه، به همراه سایر پارامترهای فیزیکی مثل pH، دما و شوری به جمعیت‌های متنوع اجازه داد تا با شمار سلولی بالا توسعه یابند.

دما به همراه شوری نقش چشمگیری در تعیین ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتونی بازی کرد. بروز محدود تاکسون‌های سیانوباکتریایی در منطقه‌ی آب شیرین در طول تابستان و ابتدای دوره مانسون شاهدهی بر این حقیقت است که سیانوباکتری‌ها اولویت مشخصی برای شرایط کم شوری^۱ با دمای بالا دارند. بررسی‌ها روی جمعیت‌های سیانوباکتریایی از سایر بخش‌های دنیا بیشتر بر روی این همبستگی بین دما و فراوانی جلبک‌های سبز آبی تأکید داشت که قبلاً هم در صخره‌های مرجانی آبسنگ سدی عظیم^۲ استرالیا (Ayukai 1992)، مدیترانه (Caroppo 2000) و تالاب رودخانه‌ی ایندیانا در فلوریدا مشاهده شده بود (Badylak and Philips 2004). اعضای جلبک‌های سبز عمدتاً محدود به ایستگاه‌های آب شیرین تا مصب بودند که موید این امر است که جمعیت جلبک‌های سبز تحت شرایط کم شوری^۳ تا شوری میانه^۴ در حالی که دما نسبتاً بالا بود، توسعه یافتند. در مقابل تاکسون‌های جلبک-های سبز آبی، جلبک‌های سبز و دیاتومه‌ها عمدتاً تحت شرایط شوری میانه تا شوری زیاد^۵ با دمای پایین شکوفا شدند. بنابراین، دیاتومه‌ها از منطقه‌ی آب شیرین تا دریایی حضور داشتند، اگرچه تغییری در جمعیت آنها با افزایش جمعیت دیاتومه دایره‌ای با رسیدن رودخانه به دریا مشاهده شد.

نتایج PCA بیشتر روی نقش دما و شوری، در تعیین ترکیب گونه‌ای در هر ایستگاه ساحلی تأکید دارد. در PCA، عرض‌های سنتتیک جدیدی^۶، براساس ارتباط خطی بین متغیرها، گسترش می‌یابند. بر این اساس، پلات‌های PCA فراوانی گونه‌ها در ارتباط با متغیرهای محیطی، به وضوح پیشنهاد می‌کنند که دما و شوری مهمترین عواملی هستند که ترکیب گونه‌ای را در تمام ایستگاه‌ها در طول ساحل بنگال غربی تعیین می‌کنند. افزایش اعضای دیاتومه‌ها تحت شرایط دمای پایین در زمستان (پاییز) و بهار نیز

-
1. hypo-saline
 2. Great Barrier Reef
 3. oligo-halin
 4. meso-halin
 5. hyper-salin
 6. synthetic ordinates

در رودخانه‌ی ناکدونگ^۱ کره شمالی مشاهده شده است (Ha et al. 1998)، که تقریباً این ناحیه دارای شرایط مشابهی از نظر دما و شوری با ساحل بنگال غربی است. سطح pH از 7 تا 8/3 در تمام مناطق نمونه‌برداری متفاوت بود که مؤید طبیعت خنثی تا قلیایی زیست بوم‌های آبی است. گزارش‌های متعددی از نواحی ساحلی مختلف دنیا نشان‌دهنده‌ی شیب مشابه خنثی تا قلیایی هستند (Skirrow 1975; Pegler and Kempe 1988; Brussaard et al. 1996; Hinga 2002). به نظر می‌رسد شوری نقش چشمگیری در تغییرات pH بازی می‌کند، به طوری که روی ثابت تعادل دما و pH قلیایی اثرگذار است. موفقیت و گسترش فیتوپلانکتونی نه تنها به عوامل فیزیکی بستگی دارد بلکه با فاکتورهای شیمیایی مانند اکسیژن محلول و مواد مغذی در دسترس نیز وابسته است (Reynolds 1984). نیتروژن و فسفر از ضروری‌ترین مولفه‌ها برای توسعه جمعیت‌های زیستی هستند که فیتوپلانکتون‌ها نیز از این موضوع مستثنی نیستند. در محیط‌های آبی منابع نیتروژن، به طور عمده به صورت نیترات و نیتريت موجود است. در حالی که منبع فسفر به شکل فسفات در دسترس است. مدت‌ها است که فرض شده که فیتوپلانکتون‌های دریایی و مصب رودها بر حسب مقدار نیتروژن محدود می‌شوند، در حالی که فیتوپلانکتون‌های آب شیرین بر اساس فسفر محدود می‌شوند. سطوح نسبتاً بالایی از DIN و DIP در طول مدت مطالعه در تمام ایستگاه‌ها مشاهده شد، که نشان‌دهنده سطح بالاتر مواد مغذی نسبت به سطح مطلوب است و به عنوان عوامل محدودکننده شناخته نشدند.

غنی شدن^۲ نیز یک عامل مهم برای سطوح نسبتاً بالای DIN و DIP در این منطقه بود. در ایستگاه آب شیرین مقادیر DIN و DIP نسبتاً بالاتر از DSi بود. از سوی دیگر، مقادیر DIN و DSi در ایستگاه دهانه رودخانه و در منطقه ساحلی دریایی بالاتر بود. علاوه بر این، در طول ماه‌های بارش موسمی، که بارش فصلی افزایش یافت منجر به افزایش جریان آب شیرین غنی از مواد مغذی از منابع چند ساله و دیگر انشعابات فرعی شد که مسئول افزایش مواد مغذی به ویژه DIN و کاهش جمعیت فیتوپلانکتون بود. بنابراین، زیستگاه‌های آبی غنی از DIN اجازه توسعه به تاکسون‌های سیانوباکتری مانند *Gloeocapsa* sp.، *Gleotheca* sp.، *Merismopedia* spp.، *aeruginosa*، *Microcystis* spp. و *Spirulina* spp. که تثبیت‌کننده‌های کارآمد نیتروژن هستند، را می‌دهد. دیاتومه‌ها هم مسئول بخش عمده‌ای از جمعیت فیتوپلانکتونی به‌خصوص در ماه‌های بعد از مانسون و زمستان محسوب شدند. تولید دیاتومه‌ای می‌تواند با در دسترس بودن سیلیس محلول (DSi) و کاهش DSi

1. Nakdong River

2. Eutrofication

نسبت به دیگر مواد مغذی مهم، محدود شود (Kilham 1971; Schelske and Stoermer). سطوح DSi در سراسر منطقه مورد مطالعه در شرایط مطلوب قرار داشت. غلظت نسبتاً پایین DSi در ماه‌های زمستان در درجه اول ناشی از رشد بیش از حد جمعیت دیاتومه‌های پلانکتونی بود که می‌تواند از مطالعات همبستگی به خوبی استنباط شود. بنابراین، اگرچه شوری و دما عوامل تنظیمی اولیه در ترکیب گونه‌ای و الگوهای توالی آنها در ساحل غربی بنگال بودند، در دسترس بودن مواد مغذی نیز نقش مهمی در پویایی فیتوپلانکتون‌ها ایفا کرد. این منطقه جمعیت فیتوپلانکتونی بسیار متنوعی را نشان داد که در آن توالی فصلی نسبتاً دیده شد. شیب دما و شوری از عوامل اصلی تعیین کننده تنوع فصلی در ترکیب گونه‌ای بودند، اگر چه غلظت مواد مغذی نیز نقش مهمی ایفا کرد. ایستگاه آب شیرین به دلیل بار مواد مغذی ناشی از فعالیت‌های انسانی، بیشتر تحت تاثیر قرار داشت. در حالی که منطقه ساحلی دریا تحت کمترین تاثیر از فعالیت‌های انسانی قرار داشت. ایستگاه مصب رودخانه یک اکوسیستم آشفته بود که منجر به تنوع کمتری از جمعیت فیتوپلانکتونی شد. منطقه دریایی، از نقطه نظر اکولوژیکی نسبتاً با ثبات‌تر بود، که در آن جنبه‌های مختلف پویایی جمعیت نسبت به ایستگاه‌های دیگر در امتداد ساحل غربی بنگال بیشتر مشهود بود.

5-4-2-6- شرح تاکسونومیک فیتوپلانکتونی ثبت شده از ساحل هند

شاخه: Cyanophyta

رده: Cyanophyceae

راسته: Chroococcales

خانواده: Chroococcaceae

1. *Gloeocapsa punctata* Naegeli (تصویر 5-5، شکل A)

Desikachary 1959، صفحه 115، تصویر 23، شکل 2

توده گیاه سبز آبی، شناور، متشکل از توده‌های کوچک 816 تایی که توسط غلاف ضخیم کروی محصور شده. سلول‌ها با قطر 2 میکرون؛ محتویات به رنگ سبزآبی و همگن.

2. *Microcystis aeruginosa* Kuetz. emend. Elekin (تصویر 5،5، شکل B)

Desikachary 1959، صفحه 93، تصویر 17، شکل 1،6،2، تصویر 18، شکل 10

کلنی نامنظم و لوب دار، کیسه مانند و زنجیره‌مانند متشکل از سلول‌های کروی زیاد که در یک

ماتریکس ژلاتینی خیلی متراکم وجود دارند (چندین کلنی توسط یک پوشش مشترک احاطه می‌شود). کلنی شفاف لزج و همگن؛ محتویات سلول به رنگ سبز آبی، بسیار دانه دانه؛ سلول های با قطر 3/5 میکرون.

3. *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Naegeli (تصویر 5-5، شکل C)

Desikachary. 1959، صفحه 155، تصویر 29، شکل 5

کلنی متشکل از 16-64 تا سلول بیضوی، به شکل کلنی چهارگوش خیلی منظم؛ با قطر 5 میکرون ؛ کلنی 30 سلولی -عرض و پهنا 30 میکرون؛ محتویات سلول به رنگ سبز آبی روشن و همگن.

4. *Merismopedia minima* Beck (تصویر 5-5، شکل D)

Desikachary. 1959، صفحه 154، تصویر 29، شکل 11

کلنی های کوچک 4 سلولی، 0/498-0/664 میکرون

5. *Merismopedia punctata* Meyen (تصویر 5-5، شکل E)

Desikachary. 1959، صفحه 155، تصویر 23، شکل 5 و تصویر 29، شکل 6

صفحه مستطیلی متشکل از 32-128 سلول بیضوی، معمولا آزادانه قرار گرفته. گاهی اوقات در گروه متراکم 4 تا 8 فرد وجود دارد. گروه ها به طور گسترده ای در پهنه ای از هم جدا شده. دارای پوشش ژلاتینی، سلول دارای قطر 3 میکرون. محتویات سلول به رنگ سبز آبی و همگن.

6. *Gloeotheca rupestris* (Lyngb.) Bomct in Wittrock and Nordstedt

(تصویر 5-5، شکل F)

Prescott 1982، صفحه 462، تصویر 103، شکل 2 و 3

سلول ها بیضوی و نامنظم در سراسر یک ماتریکس ژلاتینی خیلی بی رنگ و یا مایل به قهوه چیده شده، در خانواده های کوچک 2's و 4's توسط یک غلاف واقعی احاطه شده اند؛ گیاه شناور توده ای و آزاد، قطر سلول (9)-4-6 میکرون، و طول 15 میکرون.

راسته: Oscillatoriales

خانواده: Oscillatoriaceae

7. *Splurlina platensis* (Nordst.) Geitler (تصویر 5-5، شکل H)

بدنه گیاه سبز آبی دارای 6 میکرون پهنا و عرض، در انتها ضعیف و نازک نیست، مرتباً حلقه مارپیچی کم و زیاد می‌شوند. حالت مارپیچی دارد. 30 میکرون پهنای مارپیچ، فاصله بین مارپیچ‌ها 45 میکرون؛ طول سلول‌ها مشابه عرض آن‌ها، طول 6 میکرون، دیواره عرضی گرانولی؛ سلول‌های انتهایی پهن و گرد.

8. *Spirulina meneghiniana* Zanard. ex Gomont (تصویر 5-5، شکل G)

Desikachary 1959، صفحه 195، تصویر 36، شکل 8

عرض کرک (مویچه) 1/99 میکرون، انعطاف پذیر، دارای حلقه‌های نامنظم مارپیچی، تشکیل یک بدنه گیاه ضخیم به رنگ سبزآبی می‌دهند. عرض و پهنای مارپیچ‌ها 4/684 میکرون.

خانواده: Hydrodictyonaceae

9. *Pediastrum duplex* var. *rotundatton* Lucks (تصویر 5-5، شکل K)

Prescott 1982، صفحه 224، تصویر 48، شکل 8

سلول‌های حاشیه‌ای با لوب‌های محکم که برآمده هستند به جای این‌که سلول‌های حاشیه‌ای موازی باشند، سر لوب‌ها هم نسبت به حالت معمول به هم نزدیک تر هستند.

10. *Pediastrum simplex* (Meyen) Lernmerrmann (تصویر 5-5، شکل I)

Prescott 1982، صفحه 227، تصویر 50، شکل 2

کلنی یکپارچه. متشکل از سلول‌های جداری صاف 16-32-64 تایی. سلول‌های داخلی 5 یا 6 وجهی؛ سلول‌های محیطی با دیواره خارجی آزاد به شکل رشته باریک توسعه می‌یابند. سلول‌های شاخی مانند با حاشیه فرورفته؛ قطر سلول‌ها 12-18 میکرون.

11. *Pediastrum simplex* var. *duodenarium* (Bailey) Rabenhorst (تصویر 5-5)

5، شکل J)

Prescott 1982، صفحه 227، تصویر 50، شکل 4 و 5

کلنی روزنه‌دار، متشکل از 36 سلول با حاشیه داخلی تورفته، حاشیه بیرونی سلول داخلی با یک زائده‌ای بلند؛ سلول‌های محیطی با زائده‌ای ستبر؛ قطر سلول‌ها 12 میکرون؛ طول 27 میکرون؛ کلنی 36 سلولی با قطر 135 میکرون.

12. *Ralfs Pediastrum tetras* (Ehrenb.) (تصویر 5-5، شکل L)

Ralfs 1844، صفحه 469

کلنی یکپارچه؛ سلول‌های داخلی (اغلب هیچ کدام) 4-6 ضلعی منظم اما دارای یک حاشیه با شکاف-های عمیق؛ سلول‌های محیطی کنگره‌دار؛ شکاف در حاشیه خارجی، تا دو سوم طول آنها به حاشیه جانبی متصل می‌شود، قطر سلولی (16) -12-8 میکرون.

خانواده Oocystaceae

13. *Ralfs Ankistrodesmus falcatus* (Corda) (تصویر 5-5، شکل N)

Prescott 1982، صفحه 253، تصویر 56، شکل 5 و 6

سلول‌ها تا حدودی دوکی شکل، منفرد و در یک غلاف کلنی محصور نشده‌اند. دارای یک کلروپلاست و غشای یک لایه بدون پیرنوئید، سلول‌هایی با قطر 4 میکرون؛ و طول 65 میکرون و گاهی اوقات بیشتر.

14. *A.falcams var. stipitatus* (Chod) Lernnermann (تصویر 5-6، شکل Q)

Prescott 1982، صفحه 254، تصویر 56، شکل 14 و 15

سلول‌های هلالی شکل (به ندرت کمی صاف) که به یک سمت (قطب) از جلبک‌های رشته‌ای و یا دیگر آبزیان شناور در آب متصل هستند، معمولاً گروهی هستند و تشکیل خوشه‌های 2 تا 8 تایی می‌دهند، سلول‌هایی با قطر 3 میکرون و طول 20 میکرون.

15. *Wood Dictyosphaerium pulchellum* (تصویر 5-6، شکل O)

Prescott 1982، صفحه 238، تصویر 51، شکل‌های 5-7

کلونی مارپیچی متشکل از بیش از 32 سلول مارپیچی که در ردیف‌های رشته‌ای شاخه‌دار دو بخشی 4 تایی آرایش یافته‌اند، محصور در موسیلاژ و قطر سلولی 10-3 میکرون.

16. *Schroederia judayi* Smith (تصویر 5-6، شکل N)

Prescott 1982، صفحه 256، تصویر 57، شکل‌های 5 و 6

سلول‌ها دوکی شکل و مسطح. رشته‌ها به صورت میله‌هایی بلند و باریک توسعه یافته‌اند، هر یک از آنها به شاخه‌های کوتاهی ختم می‌شوند. دارای یک کلروپلاست با یک پیروئوئید. قطر سلول 4 میکرون و طول آن 55 میکرون. طول تاژک‌ها 13 میکرون.

17. *Kirchneriella lunaris* (Kirch.) Moebius (تصویر 5-6، شکل R)

Prescott 1982، صفحه 258، تصویر 58، شکل 2

کلنی از تعداد زیادی سلول تشکیل شده که در گروه‌های 4-16 سلولی در پوشش ژلاتینی محصور هستند. سلول‌ها سطحی صاف دارند و به شکل هلال خم شده‌اند که زاویه آن کمتر از 90 درجه است. قسمت برجسته دیواره را یک کلروپلاست پر می‌کند. سلول‌ها قطر 5 میکرون، طول 10 میکرون و کلنی با قطر 100-150 میکرون.

خانواده: Scenedesmaceae

18. *Scenedesmus bijuga* (Turp.) Langerheim (تصویر 5-6، شکل U)

Prescott 1982، صفحه 276، تصویر 63، شکل 2 و 7

کلنی دارای 2 تا 8 سلول که در سری‌های یک دست و منفرد (ندرتا به صورت متناوب) تشکیل شده، سلول‌ها بیضی شکل و فاقد دندان یا برآمدگی. دارای 6 میکرون قطر و 12 میکرون طول.

19. *Scenedesmus dimorphus* (Turp.) Kuetzing (تصویر 5-6، شکل S)

Prescott 1982، صفحه 277، تصویر 63، شکل‌های 8 و 9

کلنی از 4 تا 8 سلول دوکی شکل که در یک ردیف قرار گرفته اند تشکیل شده است. دیواره‌های داخلی دارای برآمدگی تیز و صاف اند. سلول‌های خارجی هلالی شکل هستند که با زاویه های تند خم شده‌اند. سلول‌ها دارای 4 میکرون قطر و 19 میکرون طول.

Scenedesmus quadricauda (Turp.) de Brébisson in de Brébisson and

Godey (تصویر 5-6، شکل T)

Prescott 1982، صفحه 277، تصویر 63، شکل 8 و 9

کلنی شامل سلول‌های استوانه‌ای و دراز به تعداد 2، 4 و یا 8 تا در هر سری (گاهی در دو دسته متناوب)، سلول‌های خارجی با خارهای بزرگ و منحنی شکل در تمام جهات مشخص می‌شوند. سلول‌های داخلی بدون خار و یا تنها دارای یک پایپلا در قسمت جلویی. سلول دارای 12 میکرون قطر و 20 میکرون طول. البته این سلول‌ها می‌توانند اندازه‌های متفاوتی داشته باشند.

21. *Crucigenia rectangularis* (A. Braun) Gay (تصویر 5-6، شکل V)

Prescott 1982، صفحه 285، تصویر 65، شکل‌های 7 و 8

کلنی به صورت آزاد شناور و دارای سلول‌های بیضوی و هر جفت بطور بسیار منظم در مرکز یک فضای مستطیلی قرار گرفته. دارای برآمدگی‌های نزدیک و مجاور به هم. سلول‌ها دارای قطری برابر 5/5 میکرون و طول 8 میکرون.

22. *Crucigenia tetrapedia* (Kirch.) West & West (تصویر 5-6، شکل W)

Prescott 1982، صفحه 285، تصویر 65، شکل 9؛ تصویر 66، شکل 1

کلنی به صورت آزاد شناور شامل 4 سلول سه گوش که به صورت صلیبی تقریباً در قسمت مرکزی قرار گرفته‌اند. دیواره آزاد خارجی و دیواره جانبی به حالت صاف بوده و گوشه‌های سلول با زاویه تندی گرد شده‌اند. قطر سلول‌ها 6 میکرون. معمولاً پلاک‌های آن‌ها از 16 سلول تشکیل شده (4 قسمت مساوی).

23. *Tetrastrum staurogeniaeforme* (Schröder) Lemmermann (تصویر 5-6،

شکل X)

Prescott، صفحه 286، تصویر 66، شکل 3

کلنی شامل 4 سلول سه گوش که در یک محیط مستطیلی کوچک به حالت صلیبی قرار می‌گیرند. لبه‌های کناری سلول صاف. دیواره آزاد خارجی محدب و با زائده‌های (رشته‌های) مو مانند مزین شده.

قطر سلول‌ها 3/81 تا 4/15 میکرون، عرض کلنی 10/74 میکرون و طول رشته‌ها 4/15 تا 4/98 میکرون.

راسته: Cladophorales

خانواده: Cladophoraceae

24. *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey (تصویر 5-6، شکل M)

Krishnamurthy 2000، تصویر 5، شکل 2

از لایه‌ای با پرده غشایی تشکیل شده است، این جلبک نرم و پشمالو است و به طرز پیچیده‌ای در حصیری گشاد و لایه‌ای متراکم پیچیده شده است، رنگ جلبک سبز چمنی روشن، قطر فیلامنت 60/35 میکرون، طول سلول از 89/81 تا 97/96 میکرون متفاوت است.

شاخه: Bacillariophyceae

بخش: Centricae

زیر خانواده: Discoidae

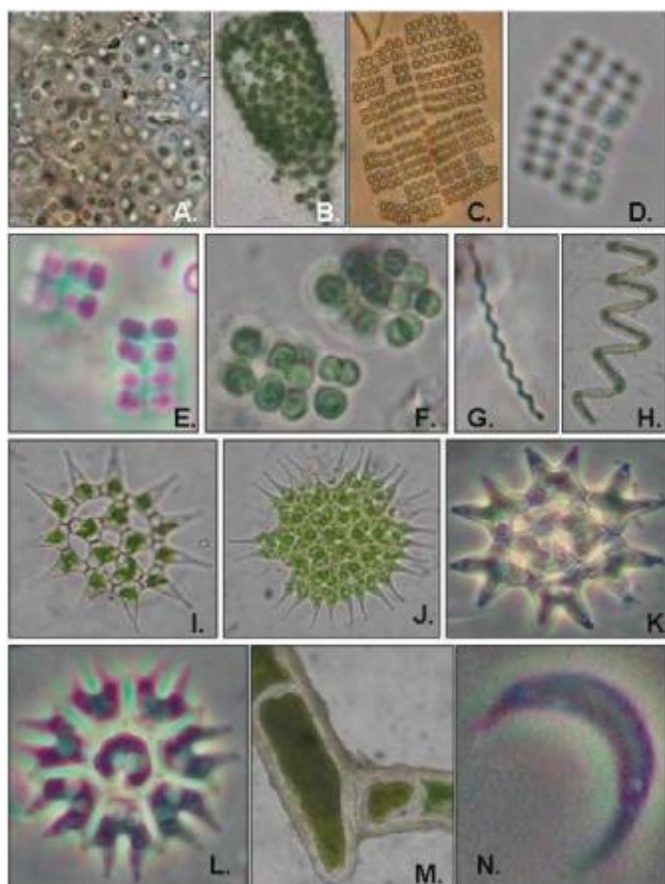
تبار: Coscinodisceae

زیر تبار: Melosirinae

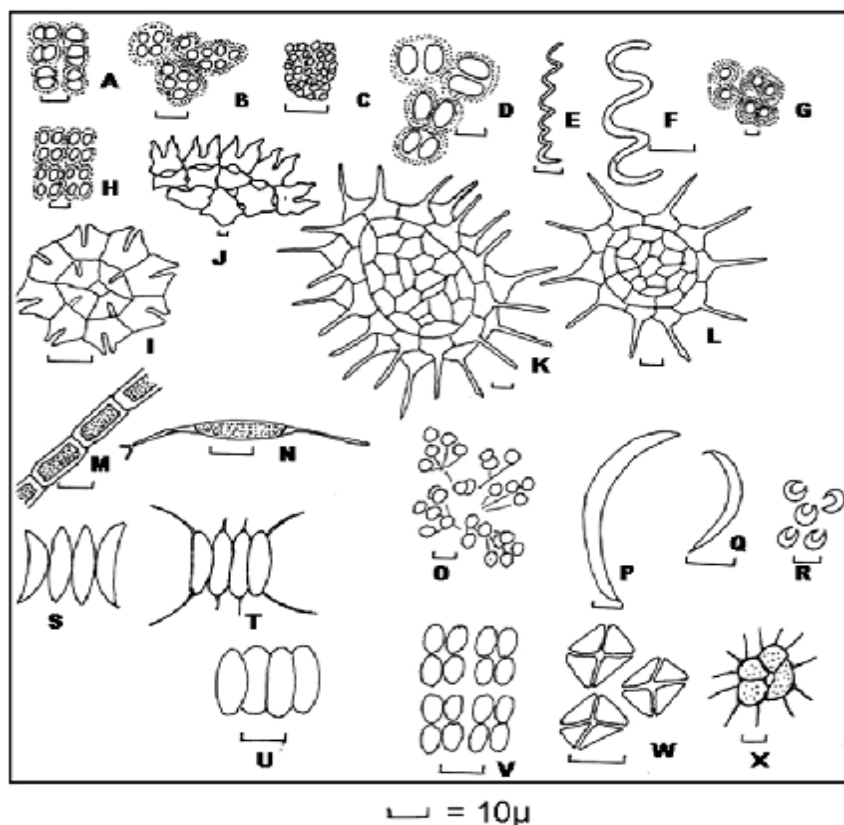
25. *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (تصویر 5-7، شکل Z)

Melosira granulata (Ehr.) Ralfs var. *angustissima* Müll, Hustedt, 1930a , Teil 1 Bd VII, صفحه 250، شکل 104 d، Venkataraman 1939، صفحه 297، شکل 2

رشته‌های طویل همراه با سلول‌های باریک و بلند؛ در بسیاری از موارد میزان ارتفاع سلول‌ها از میزان قطر آن بیشتر، قطر 5 میکرون و ارتفاع نصف سلول 12 میکرون، تعداد خال‌ها (نقطه‌ها) در سلول‌های پایینی 10 در 10 میکرون.

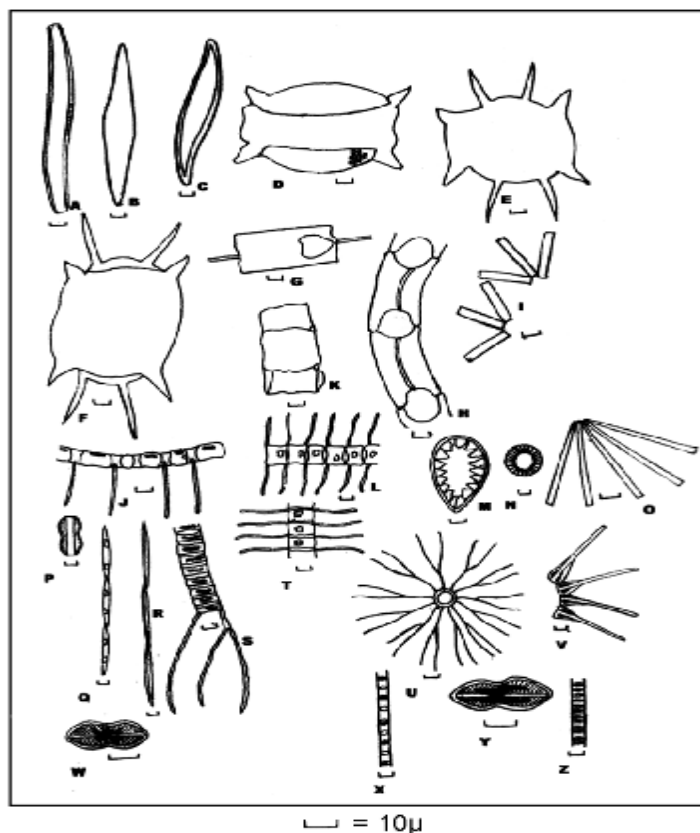


تصویر 5-5 (A) *Gloeocapsa punctata* Naegeli (B) *Microcystis aeruginosa* Kuetz. (C) *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Naegeli (D) *Merismopedia minima* Beck (E) *Gloeotheca rupestris* (Lyngb.) (F) *Merismopedia punctata* Meyen (G) *Spirulina meneghiniana* Zanard. ex Gomont (H) *Pediatrux simplex* (Meyen) (I) *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitler (J) *Pediatrux simplex* var. *duodenarium* (Bailey) Rabenhorst (K) *Pediatrux simplex* (L) *Pediatrux tetras* (Ehrenb.) Ralfs (M) *Pediatrux duplex* var. *rotundatum* Lucks (N) *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs



- تصویر 5-6 شرح تصویر (طراحی‌های *Camera lucida* جنس‌های فیتوپلانکتونی ثبت شده) (A)
 (B) *Gloeocapsa punctata* Naegeli (C) *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Naegeli (D) *Microcystis aeruginosa* Kuetz. emend. Elekin
 (E) *Merismopedia minima* Beck (F) *Spirulina meneghiniana* Zanard. ex Gomont (G) *Merismopedia* (H) *Gloeotheca rupestris* (Lyngb.) Bornet in Wittrock & Nordstedt (I) *Pediastrum duplex* var.
 (J) *Pediastrum tetras* (Ehrenb.) Ralfs (K) *Pediastrum simplex* var. *duodenarium* (Bailey) Rabenhorst (L) *Pediastrum simplex* (Meyen) Lemmermann (M) *Pediastrum simplex* (Meyen) Lemmermann
 (N) *Dictyosphaerium pulchellum* Wood (O) *Schroederia judayi* G. M. Smith (P) *Ankistrodesmus falcatus* var. *stipitatus* (Q) *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs (R) *Scenedesmus* (S) *Kirchneriella lunaris* (Kirch.) Moebius (T) *Scenedesmus* (U) *Scenedesmus* (V) *Scenedesmus* (W) *Scenedesmus* (X) *Scenedesmus* (Chod) Lemmermann

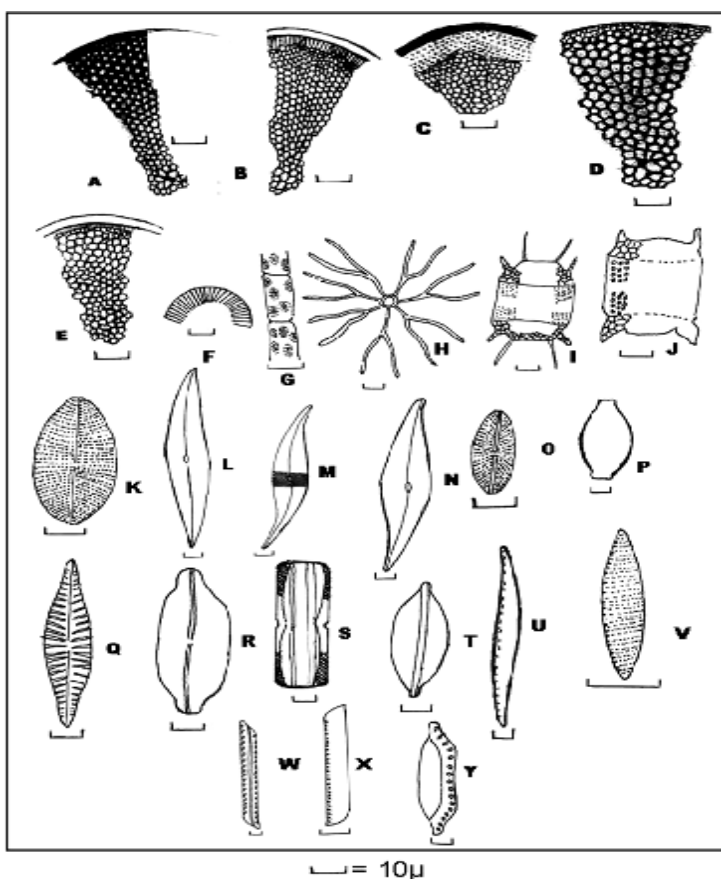
Scenedesmus quadricauda (Turp.) de Brébisson in de (T) *dimorphus* (Turp.) Kuetzing
Crucigenia (V) . *Scenedesmus bijuga* (Turp.) Langerheim(U) .Brébisson & Godey
 (X) .*Crucigenia tetrapedia* (Kirch.) West & West (W) .*rectangularis* (A. Braun) Gay
Tetrastrum staurogeniaeforme (Schröder) Lemmermann



— = 10μ

تصویر 5-7 (A) *Nitzschia sigmoidea* Ehrenberg (B) *Pleurosigma normanii* Ralfs (C) *Odontella rhombus* (Ehrenb.) (D) *Gyrosigma obtusatum* (Sull. & Wormley) Boyer
Biddulphia heteroceros (F) *Odontella mobiliensis* (J. W. Bailey) Grunow (E) Kützing
Eucampia zodiacus Ehrenberg (H) *Ditylum brightwellii* (West) Grunow (G) Grunow
Biddulphia (K) *Chaetoceros curvisetus* Cleve (J) *Thalassionema nitzschoides* Grunow (I)
Surirella (M) *Chaetoceros messanensis* Castracane (L) *alternans* (Bailey) van Heurck

(O) *Cyclotella meneghiniana* Kützinger (N) *fastuosa* var. *recedens* (A. Schmidt) Cleve
 (Q) *Nitzschia bilobata* var. *minor* Grunow (P) *Thalassiothrix frauenfeldii* Grunow
Chaetoceros diversus (S) *Nitzschia delicatissima* Cleve (R) *Nitzschia pacifica* n. sp.
 (V) *Bacteriastrum varians* Lauder (U) *Chaetoceros wighami* Brightwell (T) Cleve
 (X) *Diploneis weissflogii* (A. Schmidt) Cleve (W) *Asterionella japonica* Cleve
 (Z) *Diploneis interrupta* (Kützinger) Cleve (Y) *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve
Aulacoseira granulata var. *angustissima*



تصویر 8-5 (A) *Coscinodiscus excentricus* Ehrenberg (B) *Coscinodiscus granii* Gough
 (C) *Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jørgensen (D) *Actinocyclus normanii* f. *subsalsus*

, *Coscinodiscus excentricus* Ehrenberg var. *fasciculata* Hustedt(E), (Juhl.-Dannf.) Hustedt (H) *Leptocylindrus danicus* Cleve (G) *Cyclotella striata* (Kutzing) Grunow (F) *Biddulphia* (J) , *Odontella aurita* (Lyngb.) C. Agardh(I) *Bacteriastrum delicatulum* Cleve *Gyrosigma beaufortianum* (L) *Cocconeis dirupta* Greg (K) *dubia* (Brightwell) Cleve *Pleurosigma salinarum* Grunow (N) , *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh(M) Hust (Q) *Navicula mutica* Kutz. fo. *cohnii* (Hilse.) Grunow (P) *Navicula minima* Grunow (O) (S) *Navicula quadripartita* Hustedt (R) *Navicula peregrina* (Ehrenberg) Kutzing *Bacillaria* (U) *Cymbella naviculiformis* Allerswald (T) *Amphiprora gigantean* Grunow *Nitzschia ignorata* (W) *Nitzschia amphibia* Grunow (V) *paxillifer* (O. F. Müller) Hendy *Nitzschia punctata* W. Smith(Y) *Nitzschia obtusa* Smith (X) Kresske

زیر تبار -Skeletoneminae

26. *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve (تصویر 5-7، شکل X)

Hustedt, Bd. VII, Teil 1. صفحه 311، شکل 149، Subrahmanyam 1946، صفحه 89.

شکل 7، 8 و 9

فروستول¹ به طرز ضعیفی سیلیکاته شده ، عدسی از انتهای گرد شده (شفاف) تشکیل شده که زنجیره‌های باریک و بلندی را تشکیل می‌دهد. این زنجیره‌ها توسط حاشیه پشتی پشتیبانی می‌شود و به صورت موازی با محور زنجیر قرار می‌گیرند. فضای بین سلول‌ها بیشتر از طول سلول. کروماتوفورها دو بخشی اند که بعداً مورد بحث قرار می‌گیرند. ساختارهای مرئی بر روی کفه وجود ندارند. قطر سلول‌ها 10 میکرون.

27. *Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jørgensen (تصویر 5-8، شکل C)

Subrahmanyam 1946، صفحه 89، شکل 19

سلول‌های دیسکی شکل، دارای کفه‌های صاف با خارهای کوچک در طول یک خط ، کفه‌ها دارای آئرولیت² سه ردیف یا ردیف‌های بیشتر ، اندازه آن‌ها در طول محور کوچک خواهد شد. ابعاد آنها در مرکز حدود 10 در 10 میکرون و در جهت طول 10 در 15 میکرون و قطر آن‌ها 60 میکرون.

1. frustule

2. aerolate

زیر تبار- *Coscinodiscinae*

28. *Cyclotella meneghiniana* Kutzing (تصویر 5-7، شکل N)

Venkataraman 1939، صفحه 299، شکل‌های 11 و 14؛ Subrahmanyam 1946، صفحه 92، شکل‌های 25 و 26.

فروستول‌ها از منظر کفه مسطح به نظر می‌آیند، دیوار کناری دارای یک شیار بزرگ مثلثی شکل، شیارها 8 در 10 و 15 میکرون قطر دارند.

29. *Cyclotella striata* (Kutzing) Grunow (تصویر 5-8، شکل F)

Subrahmanyam 1946، صفحه 92، شکل 31

سلول‌ها دیسکی شکل با قطر 10 در 20 میکرون، بخش مرکزی دارای شکل شبکه مانند و نقطه یا خال‌های درشت.

30. *Coscinodiscus granii* Gough (تصویر 5-8، شکل B)

Hustedt 1930b , Bd. VII, Teil 1، صفحه 436، شکل 237؛ Venkataraman 1939، صفحه 300، شکل‌های 16 و 17؛ Cupp 1943، صفحه 56، شکل 21؛ Subrahmanyam 1946، صفحه 96، شکل‌های 33، 35 و 39

سلول‌ها دارای کفه‌های قوس‌دار دور از مرکز، آنرولیت‌های مرکزی طوقه مانند، 8 آنرولیت در 10 میکرونی نزدیک به مرکز، 10 تا در وسط قسمت حاشیه ای و 11 تا نزدیک قسمت حاشیه‌ای، یک سمت از پوسته کفه 10 در 13 میکرون، دهانه حفره کوچک و نقطه مانند با قطر 15 میکرون.

31. *Coscinodiscus excentricus* Ehrenberg (Plate 5.8 , Fig. A) (تصویر 5-8، شکل A)

Hustedt 1930b [, Bd. VII, Teil 1، صفحه 388، شکل 201؛ Cupp 1943، صفحه 52، شکل 14؛ Subrahmanyam 1946، صفحه 93، شکل‌های 29 و 30

سلول‌ها دیسکی شکل، کفه‌ها اغلب صاف، قسمت حاشیه ای باریک، آنرولیت‌ها شش گوشه که حالت منحنی کمی به خود گرفته اند، ردیف‌ها تقریباً موازی، بر اساس یک آرایش هفت‌تایی،

آئرولیت‌های مرکزی با هفت آئرولیت دور آن قرار گرفته‌اند. آئرولیت 7 در 10 میکرون از مرکز، آئرولیت 9 در وسط، آئرولیت 10 تا در کنار بخش‌های حاشیه‌ای. کروماتوفورها کوچک و به تعداد زیاد، قطر 65 میکرون.

32. *Coscinodiscus excentricus* Ehrenberg var. *fasciculata* Hustedt (تصویر 5-8، شکل E)

Subrahmanyam 1946، 202، شکل 390، صفحه 38، Hustedt, 1930b, Bd. VII, Teil 1
صفحه 93، شکل‌های 32 و 38

سلول‌ها دیسکی شکل، کفه آئرولیتی، آئرولیت‌ها در ردیف‌های مماس و کنار هم قرار گرفته‌اند به همین دلیل به صورت دسته‌های شعاعی به نظر می‌رسند، تعداد آئرولیت‌ها در وسط 9 در 10 میکرون و در قسمت حاشیه‌ای 10 در 12 میکرون، قطر 65 میکرون.

33. *Actinocyclus normanii* f. *subsala* (Juhl.-Dannf.) Hustedt (تصویر 5-8، شکل D) (www.itis.gov)

Coscinodiscus radiatus Ehrenberg Cupp 1943، صفحه 56، شکل 20
سلول‌ها مسطح، دیسکی و شبکه‌مانند، دارای کفه‌های مسطح و صاف، سطح کفه‌ها دارای برآمدگی‌های آئرولیتی، فاقد حالت طوقه‌ای یا قسمت مرکزی، آئرولیت‌ها تقریباً هم اندازه کل کفه (4 در 10 میکرون)، به جز آئرولیت‌های کناری که کوچک‌ترند (6 در 10 میکرون). سوراخ‌های حفره داخلی تقریباً نامشخص، غشای خارجی آئرولیت‌ها ظاهراً مشابه (هموژنوس‌اند)، قطر 50 میکرون.

زیرراسته: Solenoideae

خانواده: Solenieae

زیرخانواده: Lauderiiinae

34. *Leptocylindrus danicus* Cleve (تصویر 5-8، شکل G)

Subrahmanyam 1946، صفحه 113، شکل‌های 109 و 110

سلول‌ها استوانه‌ای، با 10 میکرون قطر و 50-60 میکرون طول، زنجیره‌های طولی را تشکیل می‌دهند، ساختار قابل رویتی بر روی کفه ندارند، کروماتوفورها به تعداد زیاد و دیسکی شکل.

زیرخانواده: Biddulphioideae

تبار: Chaetocereae

35. *Bacteriastrum delicatulum* Cleve (تصویر 5-8، شکل H)

Hustedt, 1930b, Bd. VII, Teil 1, صفحه 612، شکل 353، Subrahmanyam 1946

صفحه 125، شکل‌های 161-163

طول سلول‌ها بیشتر از عرض آنها، 8 تار به صورت عمودی در محور زنجیره قرار گرفته اند قسمت پایه طویل، روزنه‌ها بزرگ، تار انتهایی بر روی زنجیره خم شده و قطر سلول 11 میکرون.

36. *Bacteriastrum varians* Lauder (تصویر 5-7، شکل U)

Subrahmanyam 1946، صفحه 127، شکل‌های 172-170 و 175

سلول‌ها استوانه‌ای، ستا (تار) 19 تقریباً در وسط انشعاب یافته و تا نوک گسترش یافته است. با زاویه‌هایی عمود بر محور زنجیره، تارهای انتهایی با خارهای کوچک در ردیف‌های مارپیچ قرار گرفته، دارای قطر 12 میکرون.

37. *Chaetoceros curvisetus* Cleve (تصویر 5-7، شکل J)

Hustedt, 1930b, Bd. VII, Teil 1، صفحه 737، شکل 426، Cupp 1943، صفحه 137.

شکل 93 (ص 138)، Subrahmanyam, 1946، صفحه 143، شکل‌های 238، 246-244

زنجیره‌ها به صورت مارپیچ انحنا یافته است. سلول انتهایی قابل تفکیکی وجود ندارد. محور راستی سلول دارای اندازه 12 میکرون. سلول‌ها در نمای کمربندی مستطیلی، تار از گوشه‌ها شروع می شود، روزنه تا حدودی به‌طور بیضوی گسترده شده. تمام تارها به یک سمت از زنجیره جهت یافته اند. کروماتوفور به‌صورت یک صفحه منفرد با پیرنوئید.

38. *Chaetoceros diversus* Cleve (تصویر 5-7، شکل S)

Hustedt, 1930b, Bd. VII, Teil 1، صفحه 716، شکل 409، Subrahmanyam, 1946

، صفحه 142، شکل‌های 241، 243-235

سلول‌ها با محور راسی با اندازه 5 میکرون در طول، تشکیل زنجیره مستقیم که معمولا کوتاه هستند، روزنه بسیار کوچک، تار، برخی مو مانند، برخی ضخیم‌تر، لوله مانند و خاردار.

زیرتبار: Biddulphiinae

39. *Chaetoceros messanensis* Castracane (تصویر 5-7، شکل L) Hustedt 1930b, Bd. VII, Teil 1, صفحه 718، شکل 410، Subrahmanyam 1946، صفحه 142، شکل‌های 236، 237 و 240 سلول‌ها تشکیل‌دهنده‌ی زنجیره‌ی ای راست (مستقیم) و طویل، در محور راسی 12/5 میکرون در طول، گوشه‌های سلول‌های مجاور یکدیگر را لمس می‌کنند، روزنه بیضی شکل، تار نازک، کروماتوفور به صورت یک صفحه منفرد.

40. *Chaetoceros wighami* Brightwell (تصویر 5-7، شکل T) Hustedt, 1930b, Bd. VII, Teil 1، صفحه 724، شکل 414، Cupp, 1943، صفحه 136، شکل 91، Subrahmanyam, 1946، صفحه 142، شکل 247 سلول‌ها گاهی زنجیره‌ی ترد و نازک تشکیل می‌دهند، محور راسی به اندازه 10 میکرون، سلول‌ها از منظر کمربندی مستطیلی با گوشه‌های تیز، گوشه‌های سلول‌های مجاور یکدیگر را لمس و یک روزنه باریک را ایجاد می‌کنند، تار باریک و شکننده، درونی‌ها عمود بر محور زنجیره، انتهای تار به میزان بیش‌تر یا کم‌تری موازی با محور زنجیره، کروماتوفور بشقاب مانند.

تبار: Biddulphiidae

زیر تبار: Eucampiinae

41. *Eucampia zodiacus* Ehrenberg (تصویر 5-7، شکل H) Cupp 1943، صفحه 145، شکل 103؛ Subrahmanyam 1946، صفحه 145، شکل‌های 248، 250-253 سلول‌ها مسطح، از منظر کفه بیضوی-خطی، در زنجیره توسط دو زائده کند (دارای لبه ضخیم) یکی شده‌اند، طول سلول در امتداد محور راسی 25 میکرون، زنجیره به صورت مارپیچ انحنا یافته‌اند، با روزنه-

ای نسبتاً نیزه‌ای باریک یا بیضوی شکل، روزنه در اندازه و شکل متغیر، کفه‌های بطور مشخصی تراشیده شده‌اند، کروماتوفورهای کوچک، متعدد

زیرتبار: Triceratiinae

42. *Ditylum brightwellii* (West) Grunow (تصویر 5-7، شکل G)

Cupp 1943، صفحه 148، شکل‌های 107 A، 107 B، Subrahmanyam 1946، صفحه

147، شکل‌های 263 و 264

سلول‌ها منشوری شکل با زاویه‌های بسیار گرد تا تقریباً استوانه‌ای، معمولاً 3-5 مرتبه پهن می‌شوند؛ کفه‌های مثلی تا دایره‌ای با خار مرکزی توخالی، لبه کفه با دنده‌های کوچک موازی تقویت می‌شوند، از منظر کمربندی بسیار طویل، کروماتوفورهای کوچک و متعدد، هسته مرکزی، قطر 74 میکرون.

زیرتبار: Biddulphiinae

43. *Biddulphia alternans* (Bailey) van Heurck (تصویر 5-7، شکل K)

Cupp 1943، صفحه 166، شکل 115، Subrahmanyam، 1946، صفحه 153، شکل‌های

277 و 282 (*alternans Triceratium*)

کفه‌ها چهارگوشه، با سطوح راست یا تا حدودی به طور نابرابر مقعر. گوشه‌ها اندکی بالا (مرتفع)، گرد، از قسمت مرکزی توسط خطوط یا دنده‌های کوچک مجزا می‌شوند، تنها یک فرورفتگی خفیف بین کفه و منطقه‌ی کمربند، دنده‌ها از هر دو منظر کفه‌ای و کمربندی نامنظم، آئرولا¹ (منافذ) ریز (روزنه چسبناک) در گوشه‌ها، 10 در 17 میکرون، آئرولا 9 در 10 میکرون در مرکز کفه، طول از سمت کفه 30 میکرون.

44. *Odontella aurita* (Lyngb.) C. Agardh (تصویر 5-8، شکل I)

Biddulphia aurita (Lyngbye) Brébisson and Godey، Cupp، 1943، صفحه

161، شکل‌های (1) 112 A، (2) 112 A، (3) 112A

کفه‌های بیضوی-نیزه‌ای، با زائده گرد متورم در پایه، قسمت مرکزی از کفه محدب، قسمت بالای کفه به میزان بیش‌تر یا کم‌تری صاف می‌باشد که از آنجا خارهای بلند خارج می‌شود. منطقه کمربندی به شدت از منطقه کفه با یک گودشدگی واضح متفاوت است. دیواره سلولی بسیار سیلیسی، روزنه‌دار.

1. areolae

آثرولا با ابعاد 10-8 در 10 میکرون، روی کفه در ردیف‌های شعاعی، در سمت کمر بند ردیف‌های پیش-کفه‌ای، 7-10 ردیف در 10 میکرون، با 8-14 نقطه (برجستگی)¹.

45. *Biddulphia dubia* (Brightwell) Cleve (تصویر 5-8، شکل J)
Cupp 1943، صفحه 164، شکل 114، *dubium* Brightwell *Triceratium*،
Subrahmanyam 1946، صفحه 151، شکل‌های 274-276 و 278
کفه‌ها لوزی -نیزه‌ای، زائده گرد، بخش مرکزی کفه محدب، کفه با تعداد زیاد خارهای کوچک و
بزرگ‌تر در نزدیکی هر زائده، منطقه کفه و منطقه کمر بند با شیارهای عمیقی تقسیم شده‌اند. کفه‌ها به
صورت مجزا نقطه نقطه، 9 نقطه در 10 میکرون، طول محور راسی 45 میکرون.

46. *Biddulphia heteroceros* Grunow (تصویر 5-8، شکل F)
Subrahmanyam 1946، صفحه 155، شکل‌های 288، 298 و 303
سلول‌ها به شکل جعبه‌ای بدون فرورفتگی شدید بین کفه و کمر بند از منظر کمر بند، شاخک از هر
قطب محور راسی به خوبی توسعه یافته، اندکی دور از محور طولی عمودی است. دو خار بزرگ در هر
کفه کمی دورتر از شاخک، کفه بین خارها اندکی بلندتر از کفه میان خار و شاخک‌هاست که قدری
تخت می‌باشد، جداسازی² تقریباً هم اندازه در کفه و کمر بند، در ردیف‌های منظم، 9 در 10 میکرون.

47. *Odontella mobiliensis* (J. W. Bailey) Grunow [www.itis.gov] (تصویر 5-7،
شکل E)

Biddulphia mobiliensis Bailey، Hustedt, 1930b B. VII, Teil 1، صفحه 840،
شکل 495؛ Subrahmanyam 1946، صفحه 155، شکل‌های 286، 287، 291-296 و 299، تصویر
II، شکل‌های 1 و 2

سلول‌های منفرد، طول محور رأسی 60 میکرون، کفه بیضوی - نوک تیز (نیزه‌ای)، محدب، با سطح
صاف یا نزدیک به صاف در قسمت مرکزی، خارهای کفه باریک، عمودی و مورب به سمت خارج، دو خار
بلند دور از هم قرار گرفته اما با فاصله مساوی از زائده‌ها، مستقیم رو به بالا، مستقیم، دیواره‌ی سلولی

1. punctae
2. Areolation

نسبتاً نازک، بدون فرورفتگی شدید بین کفه و منطقه کمربند به خوبی منقش شده، مشبک، 15 آئرولا با ابعاد 10 میکرون در کفه و پوشش کفه.

48. *Odontella rhombus* (Ehrenb.) Kützing [www.itis.gov] (تصویر 5-7، شکل (D)

Biddulphia rhombus Ehrenberg. Hustedt 1930b, Bd. VII, Teil 1. صفحه 496 و 497، Cupp 1943. صفحه 163، شکل 113.

کفه لوزی-بیضوی، دیواره سلولی نازک، بسیار منقش، زائده‌ها کوچک، کوتاه و گرد، طول محور رأسی 35 میکرون، سطح کفه محدب، احاطه شده با خارهای کوچک در تمام سطح، منطقه کفه و منطقه کمربند با شیار عمیق تقسیم شده، آئرولا در کفه 9 در 10 میکرون، نامنظم در مرکز، پس از آن با نظم بیش‌تر یا کم‌تری منشعب می‌شوند. نوار کمربندی با ظرافت، 12 آئرولا را با ابعاد 10 میکرون به صورت ردیف‌های طولی منظم منقش نموده است.

بخش: Pennatae

زیر بخش: Araphideae

زیر خانواده: Fragilariodeae

تبار: Fragilarieae

زیر تبار: Fragilariinae

49. *Thalassionema nitzschoides* Grunow (تصویر 5-7، شکل I)

Cupp 1943. صفحه 182، شکل 133؛ Subrahmanyam 1946. صفحه 167، شکل‌های 344-346

فروستول‌ها به صورت زنجیره زیگزاک به هم متصل می‌شوند. سلول‌ها از منظر کمربندی مستطیل شکل خطی، از منظر کفه‌ای نیزه مانند، قطب‌ها مشابه، طول 50 میکرون، عرض 3 میکرون.

50. *Thalassiothrix frauenfeldii* Grunow (تصویر 5-7، شکل O)

Cupp 1943. صفحه 184، شکل 135؛ Subrahmanyam 1946. صفحه 169، شکل‌های 349. 351، 354-357 و 360

سلول‌ها به صورت کلنی‌های ستاره شکل به هم متصل می‌شوند. از منظر کمربندی خطی، کفه‌ها بسیار باریک، خطی، انتهاهای مجزا، یکی از انتهای بی نوک (دارای لبه ضخیم) گرد، نزدیک انتها معمولا عریض شده سپس کاهش یافته و به شکل نقطه قلم شکل می‌گیرد. طول کفه‌ها 53 میکرون، عرض آنها 7 میکرون، ساختار کفه‌ها کوچک‌تر.

51. *Asterionella japonica* Cleve (تصویر 5-7، شکل V)
Venkataraman 1939، صفحه 309، شکل 34؛ Cupp 1943، صفحه 188، شکل 138؛
Subrahmanyam 1946، صفحه 170، شکل‌های 361 و 367

سلول‌ها به صورت کلنی‌های مارپیچی ستاره‌مانند به هم متصل می‌شوند. از منظر کمربندی، خطی بسیار نازک با وجه‌های موازی، با منطقه سه گوشه‌ای بزرگ گسترش یافته در پایه، سلول‌ها در گوشه‌های منطقه گسترش یافته به هم پیوسته‌اند. کفه‌ها بسیار باریک، پس از آن با یک منطقه دکه‌مانند عریض شده در پایه، طول کفه 85 میکرون؛ طول منطقه گسترش یافته 15 میکرون، عرض بخش گسترش یافته 6 میکرون، کروماتوفورها نصف صفحات کوچک، تنها در بخش پایه‌ای گسترش یافته.

زیرراسته: Monoraphidineae

خانواده: Achnanthaceae

زیرخانواده: Cocconeioideae

52. *Cocconeis dirupta* Greg (تصویر 5-8، شکل K)
Gregory 1857، صفحه 491، 9، شکل 25
سلول‌ها بطور گسترده‌ای بیضوی، حدود 40 میکرون طول و 30 میکرون عرض، شیارها 10 در 21 میکرون، شیار رافه هلالی، منطقه محوری باریک، متسع شده به داخل یک منطقه مرکزی بسیار کوچک

زیربخش: Biraphideae

زیرخانواده: Naviculoideae

تبار: Naviculeae

53. *Gyrosigma beaufortianum* Hust (تصویر 5-8، شکل L)
Foged, 1978، صفحه 73، 21، 8

کفه‌ها هلالی خفیف با انتهای تیز. شیار رافه مرکزی، هلالی، منطقه مرکزی کوچک، لوزی مانند، طول 55/025 میکرون و عرض 6 میکرون

54. *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. (تصویر 5-8، شکل M)
Gyrosigma spencerii (Quekett) Cleve 1943. Cupp، صفحه 194، شکل 144
 کفه‌ها هلالی-نیزه مانند، با انتهای گرد، شیار رافه مرکزی، برآمدگی بیضوی مرکزی. مقاطع در خطوط 10 در 18 میکرون؛ شیار طولی 10 در 20 میکرون. طول کفه‌ها 185 میکرون.

55. *Gyrosigma obtusatum* (Sull. & Wormley) Boyer (تصویر 5-7، شکل C)
Gyrosigma scalproides (Rabh.) Hustedt 1930b. بخش 10، صفحه 226، شکل 339، Venkataraman 1939، 1939، صفحه 319، شکل 76
 کفه‌های خطی با کناره‌های موازی و مورب انتهای گرد، شیار رافه مستقیم، تقریباً مرکزی، هلال خفیف در دو انتها. طول شیار (خط) بسیار کم. طول کفه در امتداد محور رأسی 76 میکرون و عرض 8 میکرون.

56. *Pleurosigma normanii* Ralfs (تصویر 5-7، شکل B)
 Cupp 1943، صفحه 196، شکل 148؛ Subrahmanyam 1946، 1946، صفحه 175، شکل-های 378، 379، 385 و 387
 کفه‌ها به صورت گسترده‌ای نوک تیز، اندکی هلالی، با انتهای تیز. شیار رافه تقریباً مرکزی، هلالی. طول کفه 115 میکرون.

57. *Pleurosigma salinarum* Grunow (تصویر 5-8، شکل N)
 Hustedt 1930b. بخش 10، صفحه 228، شکل 344؛ Venkataraman 1939، صفحه 320، شکل 78
 کفه‌ها خطی نیزه مانند، کمی هلالی، شیار رافه مرکزی، برآمدگی مرکزی طویل، طول 120 میکرون، عرض 17 میکرون.

58. *Diploneis weissflogii* (A. Schmidt) Cleve (تصویر 5-7، شکل W)
 Subrahmanyam 1946، صفحه 177، شکل 397

کفه‌ها به شدت باریک، با انتهای گاهاً بیضوی، 28 میکرون بلندی و 12/5 میکرون پهنا، فرورفتگی 8 میکرون، برآمدگی مرکزی تقریباً شاخکی.

59. *Diploneis interrupta* (Kutzing) Cleve (تصویر 5-7، شکل Y) Hustedt 1930b، بخش 10، صفحه 252، شکل 400؛ Venkataraman 1939، صفحه 323، شکل 82
کفه‌ها بسیار باریک (کوچک)، قطعات بیضوی، دوانتهای گرد، برآمدگی مرکزی طویل، چهار گوش با شاخ‌های موازی، شیارخطی، باریک، رگه معمولاً در میانه کفه قرار گرفته اند. طول کفه 35 میکرون، عرض در میانه 10 میکرون.

60. *Navicula minima* Grunow (تصویر 5-8، شکل O) Hustedt 1930b، صفحه 272، شکل 441
کفه‌ها نیزه‌ای شکل، با دو انتهای مخروطی، خطوط بسیار ظریف، طول 13/96 میکرون، عرض 3/49 میکرون.

61. *Navicula mutica* Kutz. fo. *cohnii* (Hilse.) Grunow (تصویر 5-8، شکل P) Foged 1978، صفحه 93، تصویر XXVIII، شکل 10
کفه‌های نیزه‌ای شکل و بیضوی شکل، دو انتهای گرد، خطوط ریز و ظریف، طول 13/96 میکرون، عرض 6/98 میکرون.

62. *Navicula peregrina* (Ehrenberg) Kutzing (تصویر 5-8، شکل Q) Hustedt 1930b، بخش 10، صفحه 300؛ Venkataraman 1939، صفحه 326، شکل 85
کفه‌ها نیزه‌ای شکل با دو انتهای گرد، منطقه محوری مشخص، باریک، منطقه مرکزی گسترش یافته (پهن)، بیضوی، طول 62/12 میکرون و عرض 14/9 میکرون.

63. *Navicula quadripartita* Hustedt (تصویر 5-8، شکل R) Foged 1979، تصویر XXIX، شکل 18

کفه‌ها بیضوی با دو انتهای گسترده‌ی گرد، منطقه مرکزی گسترده، شیارهای شعاعی؛ تعداد خطوط 10 میکرونی 14 عدد است، طول 17/92 میکرون، عرض 5/31 میکرون.

زیرخانواده: Amphiproroideae

64. *Amphiprora gigantea* Grunow (تصویر 5-8، شکل S)

Subranmanyam 1946، صفحه 184، شکل 410 و 413

سلول‌ها کاملاً منقبض شده‌اند، کیل^۱ با حاشیه شفاف، خط اتصال دارای خمیدگی کمان مانند. طول سلول‌ها 75 میکرون، نقطه‌ی مرکزی، از خطوط کج متقاطع تشکیل شده است، تعداد این خطوط 15 ردیف 10 میکرون، نقطه پیوند دارای بخش‌بندی‌های طولی متعدد.

زیرخانواده: Gomphocymbelloideae

65- *Cymbella naviculiformis* Allerswald (تصویر 5-8، شکل T)

Hustedt 1930b، بخش 10، صفحه 356، شکل 653؛ Venkataraman 1939، صفحه 346.

شکل 119

کفه بیضی مانند نوک تیز که هر دو سر آن بسته شده، محور تقارن ساز آن، باریک و خطی ولی در قسمت میانی بیشتر، شیاربندی‌ها به صورت شعاعی، طول: 30/04 میکرون، عرض: 10/12 میکرون، تعداد شیارها 13 عدد در 10 میکرون.

زیرخانواده: Nitzschioideae

تبار: Nitzschieae

66- *Bacillaria paxillifer* (O. F. Müller) Hendy (تصویر 5-8، شکل U)

Subrahmanyam 1946، صفحه 187، شکل 417، 421 و

427

حفره‌ها در چشم انداز میانی کشیده و مستطیل شکل که با جداره‌های کفه‌ها به هم پیوند یافته‌اند تا کلنی حصیری شکل را تشکیل دهند، سلول‌های منفرد حرکت سرخوردن را در شرایط زنده بودن نشان

1. Keel

می دهند. کفه‌ها خطی و به طور کلی شکلی شبیه به دوک نخ‌ریسی دارند. طول 15 میکرون، عرض 8 میکرون، حفره کیل 7×10 میکرون، شیار انتهایی 10×21 میکرون

Nitzschia amphibia Grunow -67 (تصویر 5-8، شکل V)

Hustedt 1930b، بخش 10، صفحه 414 شکل 739؛ Venkataraman 1939، صفحه 353، شکل 149

کفه‌ها کشیده و یا کشیده ی نوک تیز با انتهایی دارای ساختار نازک و گاهی گرد دارای شیاربندی ضخیم. طول $17/45$ میکرون، عرض $3/49$ میکرون، شیار 15 عدد در 10 میکرون.

Nitzschia bilobata var. *minor* Grunow-68 (تصویر 5-7، شکل P)

Cupp 1943، صفحه 200، شکل 152

کفه‌ها، کشیده و نوک تیز در بخش میانی فرورفته و در بخش انتهایی نوک تیز. حفره کیل 12 عدد در هر 10 میکرون. تعداد شیارها 25 عدد در هر 10 میکرون. سلول‌ها عریض، کشیده یا کوتاه و در وسط به هم نزدیک شده‌اند. طول کفه 55 میکرون، عرض در پهن ترین حالت 6 میکرون.

Nitzschia ignorata Kresske -69 (تصویر 5-8، شکل W)

Foged 1979، صفحه 215، تصویر XLII، شکل 6

فروستول‌ها کشیده، خطی با انتهای مورب کوتاه شده. خط‌بندی آن نقطه نقطه و نقطه‌ها بسیار ظریف و کوچک. تعداد شیارها 1 عدد در هر 10 میکرون. طول 44 میکرون و عرض $4/5$ میکرون

Nitzschia obtusa Smith -70 (تصویر 5-8، شکل X)

Hustedt 1930b، بخش 10، صفحه 422، شکل 817؛ Venkataraman 1939، صفحه 345، شکل 147

فروستول‌ها کشیده، خطی با انتهای مورب کوتاه شده. خط‌بندی آن نقطه‌نقطه و نقطه‌های کوچک کنار هم چسبیده، طول 98 میکرون و عرض 10 میکرون.

Nitzschia punctata W. Smith -71 (تصویر 5-8، شکل Y)

Foged 1979، صفحه 209، تصویر XL، شکل 16

کفه‌ها کشیده با حاشیه‌های مقعر. لبه انتهایی سه ضلعی مانند و گرد شده‌اند. شیار شفاف 10 عدد در هر 10 میکرون. طول $22/98$ میکرون و عرض $5/312$ میکرون.

72- *Nitzschia sigmoidea* Ehrenberg (تصویر 5-7، شکل A)

Hustedt 1952، صفحه 147

سلول‌ها منفرد، فروستول‌ها هم‌قطب^۱، از منظر کفه‌ای راست اما از منظر کمربندی هلالی؛ کفه‌ها از دو طرف راست، کشیده تیز و متقارن، شکل هلالی فروستول به طور کلی به سبب شکل حاشیه صدف و بخش میانی به وجود آمده است، در هر سلول دو کلروپلاست دیده می‌شود، طول کفه 172/5 میکرون.

73- *Nitzschia delicatissima* Cleve (تصویر 5-7، شکل R)

Cupp 1943، صفحه 204، شکل 158 (صفحه 206)

صدف باریک، کشیده تیز، سلول‌ها در زنجیره‌های مستقیم مو مانندی به وسیله صفحات بر روی هم افتاده سلول‌ها به هم متصل شده‌اند، زنجیره‌ها معمولا کوتاه و متحرک، طول کفه 80 میکرون، عرض 3 میکرون، شیارهای مرتبط با مرکز 20 عدد در هر 10 میکرون، هیچ شکاری مشاهده نمی‌شود، هر سلول دارای دو کروماتوفور.

74- *Nitzschia pacifica* n. sp. (تصویر 5-8، شکل Q)

Cupp 1943، صفحه 204، شکل 157

سلول‌ها دوک مانند که تا حدودی دارای انتهای تیز، سلول‌ها در زنجیره‌ها توسط نقاط هم پوشان به هم متصل شده‌اند، زنجیره‌ها به طور کلی متحرک، طول کفه 94 میکرون، عرض 6 میکرون، حفره‌های کیل واضح، 14 عدد در هر 10 میکرون، تعداد کروماتوفورها 2 عدد در هر سلول.

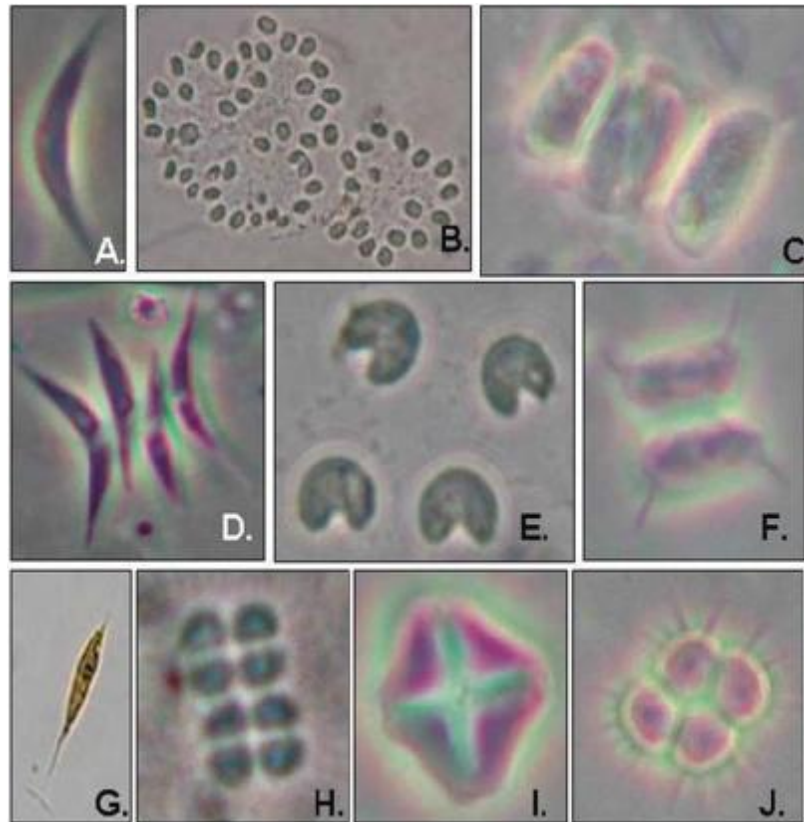
زیرخانواده: Surirelloideae

تبار: Surirelleae

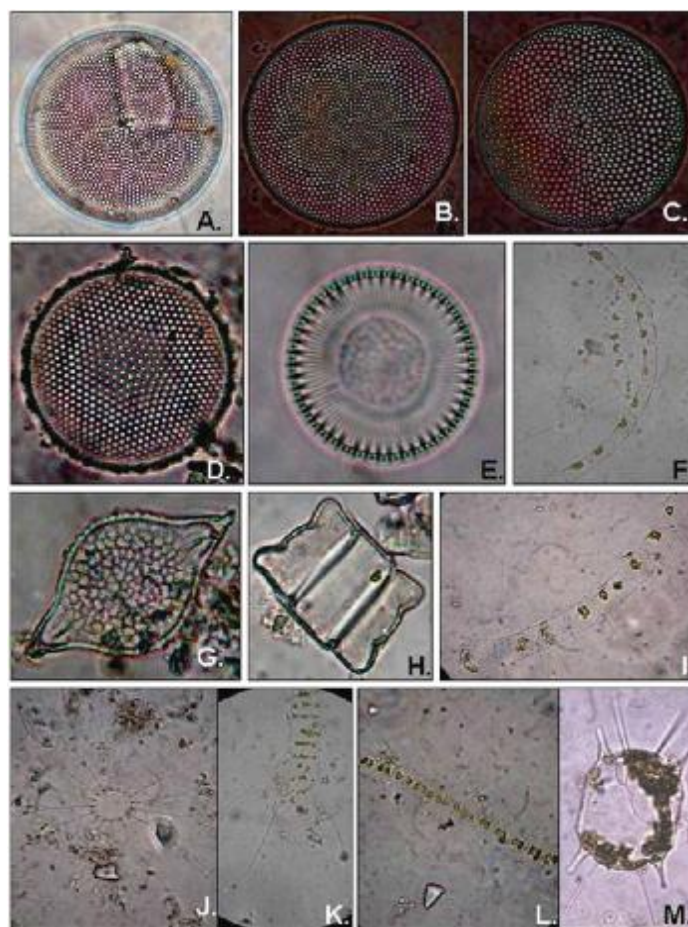
75- *Surirella fastuosa* var. *recedens* (A. Schmidt) Cleve (تصویر 5-7، شکل M)

Cupp 1943، صفحه 208، شکل 160

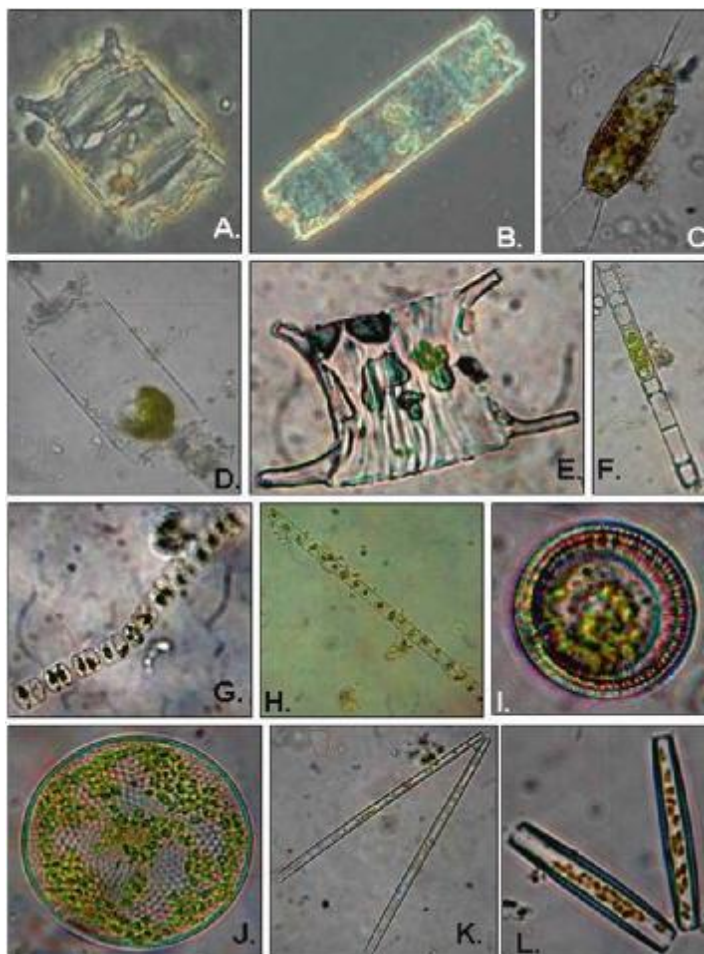
سلول‌ها سه گوش و در گوشه‌ها گرد شده‌اند، کفه بیضی، تعداد خطوط دندانهای 2/5 در هر میکرون است، این خطوط دندانهای ضخیم و در حاشیه پهن شده‌اند، فضای مرکزی نوک تیز، شیارهای حاشیه‌ای مشخص، 18 عدد در هر 10 میکرون، شیارها در بخش مرکزی 17 عدد در 10 میکرون، طول 60 میکرون و عرض 350 میکرون (تصویر 5-13، شکل N)



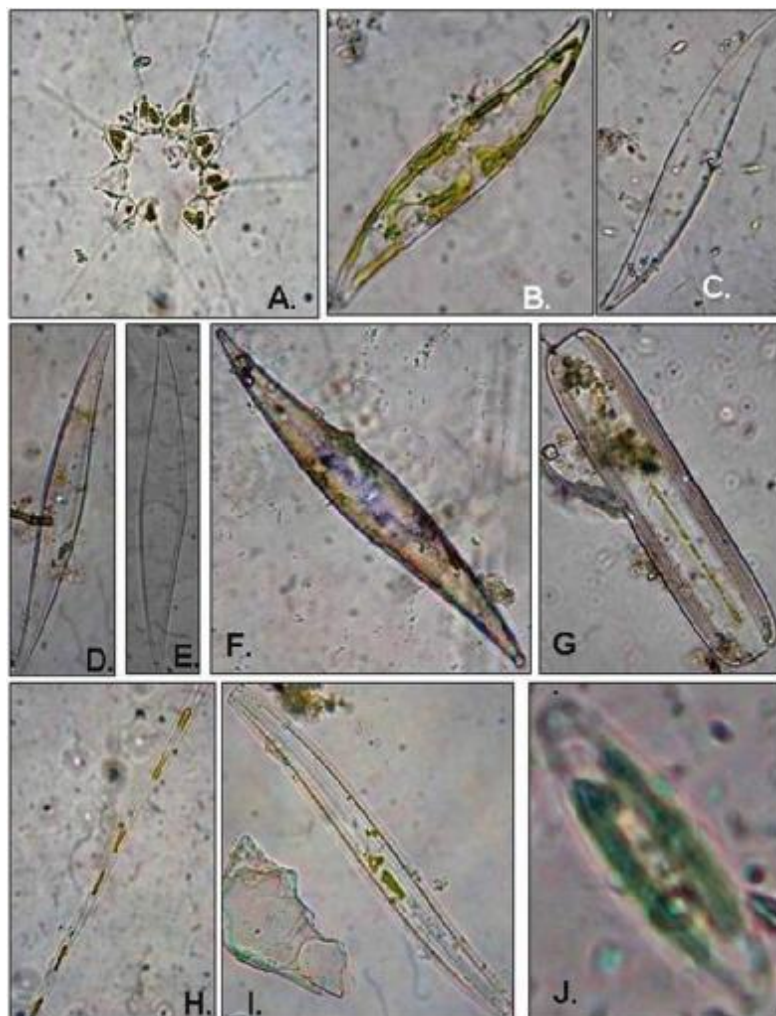
تصویر 9-5 (A) *Ankistrodesmus falcatus* var. *stipitatus* (Chod) Lemmermann (B) *Scenedesmus bijuga* (Turp.) Langerheim (C) *Dictyosphaerium pulchellum* Wood Kirch - *neriella lunaris* (Kirch.) (E) *Scene desmus dimorphus* (Turp.) Kuetzing (D) *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) de Brébisson in de Brébisson & (F) *Moebius Cruci - genia tetrapedia* (Kirch.) (H) *Schroederia judayi* G. M. Smith (G) *Godey Tetrastrum* (J) *Crucigenia rectangularis* (A. Braun) Gay (I) *West & West staurogeniaeforme* (Schröder) Lemmermann



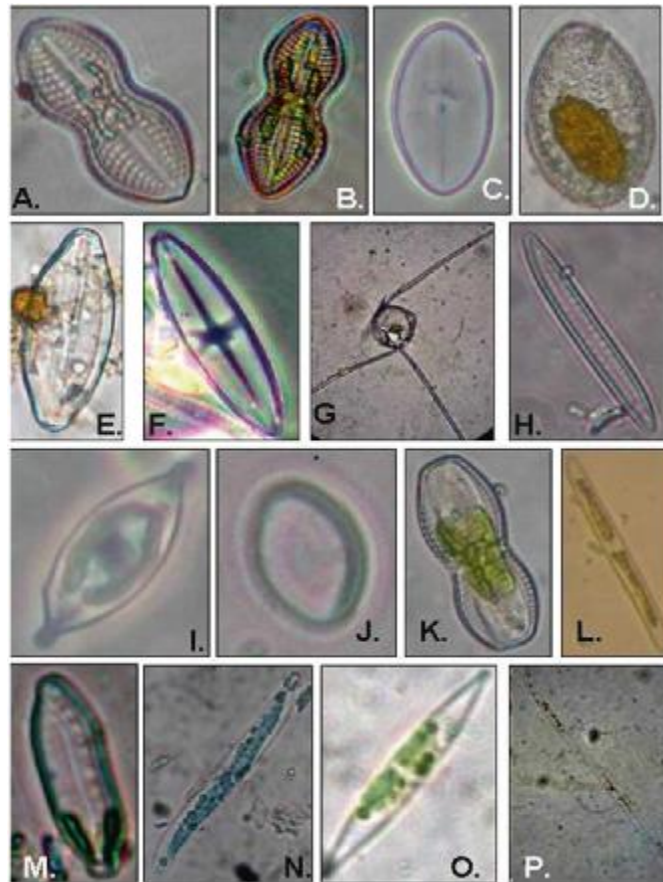
تصویر 5-10 *Coscinodiscus excentricus* (B) ، *Coscinodiscus granii* Gough (A) ، *Actinocyclus normanii* f. *subsala* (Juhl.-Dannf.) Hustedt (C) ، *Ehrenberg* (D) ، *Cyclotella meneghiniana* Kützing (E) ، *Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jørgensen (H) ، *Odontella rhombus* (Ehrenb.) Kützing (G) ، *Chaetoceros curvisetus* Cleve (F) ، *Chaetoceros massenensis* Castracane (I) ، *Biddulphia alternans* (Bailey) van Heurck (J) ، *Chaetoceros diversus* Cleve (K) ، *Bacteriastrum varians* Lauder (L) ، *Chaetoceros* (L) ، *Odontella mobiliensis* (J. W. Bailey) Grunow (M) ، *wighamii* Brightwell



تصویر 5-11 *Biddulphia* (B) *Odontella aurita* (Lyngbye) Brébisson and Godey (A) *Ditylum* (D) *Biddulphia heteroceros* Grunow (C) *dubia* (Brightwell) Cleve *Leptocylindrus* (F) *Eucampia zodiacus* Ehrenberg (E) *brightwelli* (West) Grunow *Aulacoseira* (H) *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve (G) *danicus* Cleve *Cyclotella striata* (Kutzing) Grunow (I) *granulata* (Ehr.) Ralfs var. *Angustissima* (K) ، *Coscinodiscus excentricus* Ehrenberg var. *fasciculate* Hustedt (J) *Thalassionema nitzschoides* Grunow (L) *Thalassiothrix frauenfeldii* Grunow



تصویر 5-12
Gyrosigma obtusatum (Sull. & (B) *Asterionella japonica* Cleve (A)
Pleurosigma (D) *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh (C) Wormley Boyer
Gyrosigma beautifortianum (F) *Pleurosigma normanii* Ralfs (E) *salinarum* Grunow
(I) *Nitzschia delicatissima* Cleve (H) *Amphiprora gigantea* Grunow (G) Hust
Navicula peregrina (Ehrenberg) Kutzing (J) *Nitzschia sigmoidea* Ehrenberg



تصویر 5-13 (A) Cleve (A. Schmidt) *Diploneis weissfl ogii* (B) Cleve (Kutzing) *Surirella fastuosa* var. (D) *Cocconeis dirupta* Greg (C) *Diploneis interrupta* (F) *Navicula quadripartita* Hustedt (E) *recedens* Cleve (A. Schmidt) (H) *Bacteriastrum delicatulum* Cleve (top view) (G) *minima* Grunow (J) *Navicula mutica* (I) *Cymbella naviculiformis* Allerswald (K) *Kresske ignorata* (L) *Nitzschia obtusa* (M) *Nitzschia bilobata* var. *minor* Grunow (N) *Bacillaria paxillifer* (O. F. Müller) (O) *Nitzschia punctata* W. Smith (P) *Nitzschia pacifica* n. sp. (Hendy)

منابع

- Ayukai, T. (1992). Picoplankton dynamics in Davies Reef lagoon, the Great Barrier Reef, Australia. *Journal of Plankton Research*, 14 , 1593–1606.
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J. G., Gray, J. S., Mayer-Reil, L. A., & Thingstad, T. (1983). The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine Ecology Progress Series*, 10 , 257–263.
- Azov, Y. (1986). Seasonal patterns of phytoplankton productivity and abundance in nearshore oligotrophic waters of the Levant Basin (Mediterranean). *Journal of Plankton Research*, 8 (1), 41–53.
- Badylak, S., & Philips, E. J. (2004). Spatial and temporal patterns of phytoplankton composition in a subtropical lagoon, the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Journal of Plankton Research*, 26 , 1229–1247.
- Berman, T., Azov, Y., & Townsend, D. W. (1984a). Understanding oligotrophic oceans: Can the Eastern Mediterranean be a useful model? In O. Holm- Hansen, L. Bolis, & R. Gilles (Eds.), *Marine phytoplankton and productivity , lecture notes on coastal and estuarine studies* (Vol. 8, pp. 101–111). Berlin:Springer.
- Berman, T., Townsend, D. W., El-sayed, S. Z., Trees, C. C., & Azov, Y. (1984b). Optical transparency, chlorophyll and primary productivity in the Eastern Mediterranean near the Israeli Coast. *Oceanologica Acta*, 7 (3), 367–372.
- Bonin, D. J., Bonin, M. C., & Berman, T. (1989). Mise en evidence experimentale des facteurs nutritifs limitants de la production du microplancton et de z'ultraplancton dans une eau cotiere de la mediterranee orientale. *Aquatic Sciences*, 51 , 129–152.
- Børsheim, K. Y., & Bratbak, G. (1987). Cell volume to cell carbon conversion factors for a bacterivorous *Monas* sp. enriched from seawater. *Marine Ecology Progress Series*, 36 , 171–175.
- Bradford-Grieve, J. M., Boyd, P. W., Chang, F. H., Chiswell, S., Hadfield, M., Hall, J. A., James, M. R., Nodder, S. D., & Shushkina, E. A. (1999).

Pelagic ecosystem structure and functioning in the subtropical front region east of New Zealand in austral winter and spring 1993. *Journal of Plankton Research*, 21 (3), 405–428.

Brussaard, C. P. D., Gast, G. J., van Duyl, F. C., & Riegman, R. (1996). Impact of phytoplankton bloom magnitude on a pelagic microbial food web. *Marine*

Ecology Progress Series, 144 , 211–221.

Caron, D. A., Peele, E. R., Lim, E. L., & Dennett, M. R. (1999). Picoplankton and nanoplankton and their trophic coupling in surface waters of the Sargasso Sea

south of Bermuda. *Limnology and Oceanography*, 44 , 259–272.

Caroppo, C. (2000). The contribution of picophytoplankton to community structure in a mediterranean brakish environment. *Journal of Plankton Research*, 22 , 381–397.

Christaki, U., Van Wambeke, F., & Dolan, J. R. (1999). Nanofl agellates (mixotrophs, heterotrophs and autotrophs) in the oligotrophic eastern Mediterranean: Standing stocks, bacterivory and relationships with bacterial production. *Marine Ecology Progress Series*, 181 , 297–307.

Christaki, U., Giannakourou, A., Van Wambeke, F., & Gregori, G. (2001). Nanofl agellate predation on autoand heterotrophic picoplankton in the oligotrophic

Mediterranean Sea. *Journal of Plankton Research*, 23 , 1297–1310.

Cupp, E. E. (1943). *Marine plankton diatoms of the west coast of North America* (Bulletin of the Scripps Institute of Oceanography, pp. 1–237). Berkeley/Los

Angeles: University of California Press.

Curl, H. C., Jr. (1959). The phytoplankton of Apalachee Bay and the Northeastern Gulf of Mexico. *Publications of the Institute of Marine Science*, 6 , 311–320.

Dangeard, P. A. (1902). *Euglena fl ava*. *Le Botaniste*, 8, 180, pl 5.

Dam, H. G., & Peterson, W. T. (1988). The effect of temperature on the gut clearance rate constant of planktonic copepods. *Journal of Experimental Marine*

Biology and Ecology, 123 , 1–14.

De, T. K., Ghosh, S. K., Choudhury, A., & Jana, T. K. (1994). Plankton community organization and species diversity in the Hugli estuary, north east coast of India. *Indian Journal of Marine Sciences*, 23 (3), 152–156.

De Jonge, V. N., & van Beusekom, J. E. E. (1995). Wind and tide-induced resuspension of sediment and microphytobenthos from tidal flats in the Ems estuary. *Limnology and Oceanography*, 40, 766–778.

Desikachary, T. V. (1959). *Cyanophyta*. New Delhi: IARI. Dowidar, N. M. (1984). Phytoplankton biomass and primary productivity of the south-eastern Mediterranean. *Deep-Sea Research*, 31 (6–8A), 983–1000.

Foged, N. (1979). *Diatoms in New Zealand. The North Island* (Bibliotheca Phycologica, Band 47). Vaduz: J. Cramer.

Gopalakrishnan, P. (1972). Studies on marine planktonic diatoms off Port Okha in the Gulf of Kutch. *Phykos*, 12, 37–49.

Gopalakrishnan, V. V., & Sastry, J. S. (1985). Surface circulation over the shelf off the coast of India during the southwest monsoon. *Indian Journal of Marine Sciences*, 14, 62–66.

Gregory, W. (1857). On new forms of marine Diatomaceae found in the Firth of Clyde and in Loch Fyne, illustrated by numerous figures drawn by R.K. Greville,

LL.D., F.R.S.E.. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 21, 473–542, pl. 9–14.

Ha, K., Hyun-Woo, K., & Gea-Jae, J. (1998). The phytoplankton succession in the lower part of hypertrophic Nakdong River (Mulgum), South Korea. *Hydrobiologia*, 369–370, 217–227.

Hangovan, G. (1987). A comparative study on species diversity distribution and ecology of Dinophyceae from Vellar estuary and nearby Bay of Bengal. *Journal*

of the Marine Biological Association of India, 29 (1–2), 280–285.

Hernandez-Becerril, D. U. (1987). Vertical distribution of phytoplankton in the central and northern part of the Gulf of California (June 1982). *PS.Z.N.I. Marine*

Ecology, 8 (3), 237–251.

Hinga, K. R. (2002). Effects of pH on coastal marine phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 238 , 281–300.

Hustedt, F. (1930a). Bacillariophyta (Diatomee). In A. Pascher's *Die Süßwasser – Flora Mitteleuropa* . Jena: Gustav Fisher.

Hustedt, F. (1930b, 1931, 1932). Die Kieselalgen in Dr. L. Rabenhorst's *Kryptogamen Flora* von Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, bd. 7, Teil 1, Teil 2, Lief. pp. 1–4.

Ignatiades, L. (1998). The productive and optical status of the oligotrophic waters of the Southern Aegean Sea (Cretan Sea), Eastern Mediterranean. *Journal of*

Plankton Research, 20 (5), 985–995.

Ignatiades, L. (2005). Scaling the trophic status of the Aegean Sea, eastern Mediterranean. *Journal of Sea Research*, 54 (1), 51–57.

Ignatiades, L., Karydis, M., & Vounatsou, P. (1992). A possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales.

Marine Pollution Bulletin, 24 (5), 238–243.

Ignatiades, L., Psarra, S., Zervakis, V., Pagou, K., Souvermezoglou, E., Assimakopoulou, G., & Gotsis-Skretas, O. (2002). Phytoplankton size-based dynamics in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *Journal of Marine Systems*, 36 , 11–28.

Jacobsen, B. A., & Simonsen, P. (1993). Disturbance events affecting phytoplankton biomass, composition and species diversity in a shallow, eutrophic, temperate lake. *Hydrobiologia*, 149 , 9–14.

Jerlov, N. G. (1997). Classification of sea water in terms of quantum irradiance. *ICES Journal of Marine Science*, 37 , 281–287.

Jumars, P. A. (1976). Deep sea species diversity: Does it have a characteristic scale? *Journal of Marine Research*, 34 (2), 217–246.

Karydis, M., & Tsirtsis, G. (1996). Ecological indices: A biometric approach for assessing eutrophication levels in the marine environment. *Science of the Total*

Environment, 186 , 209–219.

Kilham, P. (1971). A hypothesis concerning silica and the freshwater planktonic diatoms. *Limnology and Oceanography*, 16 , 10–18.

Kirchman, D. L. (1993). Leucine incorporation as a measure of biomass production by heterotrophic bacteria. In P. F. Kemp, B. F. Sherr, E. B. Sherr, & J. J. Cole (Eds.), *Handbook of methods in aquatic microbial ecology* (pp. 509–512). Ann Arbor: Lewis Publishers.

Kommarek, J. (2005). Studies on the cyanophytes (Cyanobacteria, Cyanoprokaryota) of Cuba; (11) Fresh water *Anabaena* species. *Preslia*, 77, 211–234.

Krishna Kumari, L., et al. (2002). Primary productivity in Mandovi-Zuari estuaries in Goa. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 44 (1&2), 1–13.

Krishnamurthy, V. (2000). *Algae of India and neighbouring countries. I. Chlorophycota* (pp. 1–125). Oxford & IBH.

Krom, M. D., Brenner, S., Kress, N., Neori, A., & Gordon, L. I. (1993). Nutrient distributions during an annual cycle across a warm-core oceanic eddy from the E.

Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research*, 40, 805–825.

Krom, M. D., Groom, S., & Zohary, T. (2003). The eastern Mediterranean. In K. D. Black & G. B. Shimmield (Eds.), *The biogeochemistry of marine systems* (pp. 91–126). Oxford: Blackwell.

Lee, S., & Fuhrman, J. A. (1987). Relationships between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton. *Applied and Environmental*

Microbiology, 53, 1298–1303.

Lemmermann, E. (1904). Das Plankton schwedischer Gewässer. *Arkiv för Botanik*, 2 (2), 1–209. Pls. 1, 2.

McComb, A. J., & Lukatelich, Li, K. W., Zohary, T., Yacobi, Y. Z., & Wood, A. M. (1993). Ultraphytoplankton in the eastern Mediterranean Sea: Towards deriving phytoplankton biomass from flow cytometric measurements of abundance, fluorescence and light scatter. *Marine Ecology Progress Series*, 102, 79–87.

Livingston, R. J. (Ed.). (2001). *Eutrophication processes in coastal systems*. Boca Raton: CRC Press.

Madhupratap, M., Gauns, M., Ramaiah, N., Prasanna Kumar, S., Muraleedharan, P. M., de Sousa, S. N., Sardesai, S., & Muraleedharan, U.

(2003). Biogeochemistry of the Bay of Bengal: Physical, chemical and primary productivity characteristics of the central and western Bay of Bengal during summer monsoon 2001. *Deep-Sea Research Part II*, 50, 881–896.

Mallin, M. A. (1994). Phytoplankton ecology of North Carolina estuaries. *Estuaries*, 17, 561–574. Malone, T. C., Garside, C., & Neale, P. J. (1980). Effects

of silicate depletion on photosynthesis by diatoms in the plume of the Hudson River. *Marine Biology*, 58, 197–204.

Malone T. C., Pike, S. E., & Conley, D. J. (1993). Transient variations in phytoplankton productivity at JGOFS Bermuda times series station. Deep sea research part 1. *Journal of Oceanography*, 40 (5), 903–924.

Matondkar, S. G. P., Dwivedi, R. M., Parab, S., Pednekar, S., Desa, E. S., Mascarenhas, A., Raman, M., & Singh, S. K. (2006). Satellite and ship studies of phytoplankton in the Northeastern Arabian during 2000–2006 period. *Proceedings of SPIE*, 6406 (64061I) 1–10.

Mazzocchi, M. G., Christou, E., Fragopoulou, N., & Siokou-Frangou, I. (1997). Mesozooplankton distribution from Sicily to Cyprus (Eastern Mediterranean): I.

General aspects. *Oceanologica Acta*, 20 (3), 521–535.

Mercado, J. M., Ramírez, T., Cortés, D., Sebastián, M., & Vargas-Yáñez, M. (2005). Seasonal and inter-annual variability of the phytoplankton communities in an upwelling area of the Alborán Sea (SW Mediterranean Sea). *Scientia Marina*, 69 (4), 451–465. doi: 10.3989/scimar.2005.69n4451.

Nielsen, T. G., & Hansen, B. (1995). Plankton community structure and carbon cycling on the western coast of Greenland during and after the sedimentation of a diatom bloom. *Marine Ecology Progress Series*, 125, 239–257.

Nielsen, T. G., Lokkegaard, B., Richardson, K., Pedersen, F. B., & Hansen, L. (1993). Structure of plankton communities in the Dogger Bank area (North Sea) during a stratified situation. *Marine Ecology Progress Series*, 95, 115–131.

Padisak, J. (1993). The influence of different disturbance frequencies on the species richness, diversity and equitability of phytoplankton in shallow lakes.

Hydrobiologia, 249, 135–156.

- Pegler, K., & Kempe, S. (1988). The carbonate system of the North Sea: Determination of alkalinity and TCO 2 and calculation of PCO 2 and Sical (Spring 1986). *Mitt Geol-Paläont Inst*, 65 , 35–87.
- Pochman, A. (1942). Synopsis der Gattung *Phacus*. *Archiv fur Protistenkunde*, 95 (2), 81–252; Figs.1-170.
- Prescott, G. W. (1982). *Algae of the great western lakes area* (pp. 1–997). Dubuque: W.C. Brown Co.
- Psarra, S., Tselepidis, A., & Ignatiades, L. (2000). Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean): Seasonal and interannual variability. *Progress in Oceanography*, 46 , 187–204.
- Qasim, S. Z. (1977). Biological productivity of the Indian Ocean. *Indian Journal of Marine Sciences*, 6 , 122–137.
- Radhakrishna, K., Devassay, V. P., Bhargava, R. M. S., & Bhattathiri, P. M. A. (1978). Primary production in the northern Arabian Sea. *Indian Journal of Marine Sciences*, 7 , 271–275.
- Ramette, A. (2007). Multivariate analyses in microbial ecology. *FEMS Microbiology Ecology*, 62 , 142–160.
- Redekar, P. D., & Wagh, A. B. (2000). Planktonic diatoms of the Zuari estuary, Goa (west coast of India). *Seaweed Research and Utilization Association*, 22 (1&2), 107–112.
- Redfield, A. C. (1958). The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist*, 46 (3), 205–221.
- Reynolds, C. S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton* (pp. 1–396). Cambridge: Cambridge University Press.
- Richardson, K., Nielsen, T. G., Pedersen, F. B., Heilmann, J. P., Lokkegaard, B., & Kaas, H. (1998). Spatial heterogeneity in the structure of the planktonic food web in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 168 , 197–211.
- Roberts, D. R., Zohary, T., Waiser, M. J., & Yacobi, Y. Z. (1996). Bacterial abundance, biomass, and production in relation to phytoplankton biomass in the Levantine Basin of south-eastern Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 137 , 273–281.

- Roman, M. R., Caron, D. A., Kremer, P., Lessard, E. J., Madin, L. P., Malone, T. C., Napp, J. M., Peele, E. R., & Youngbluth, M. J. (1995). Spatial and temporal changes in the partitioning of organic carbon in the planktonic community of the Sargasso Sea off Bermuda. *Deep-Sea Res Part I*, 42 (6), 973–992.
- Sasamal, S. K., Panigrahy, R. C., & Misra, S. (2005). *Asterionella* bloom in the north western Bay of Bengal during 2004. *International Journal of Remote Sensing*, 26 (17), 3853–3858.
- Schelske, C. L., & Stoermer, E. F. (1971). Eutrophication, silica depletion and predicted changes in algal quality in Lake Michigan. *Science*, 173 , 423–424.
- SenGupta, R., De Sousa, S. N., & Joseph, T. (1977). On nitrogen and phosphorous in the western Bay of Bengal. *Indian Journal of Marine Sciences*, 6 , 107–110.
- Sherr, E., & Sherr, B. (1988). Role of microbes in pelagic food webs: A revised concept. *Limnology and Oceanography*, 33 (5), 1225–1227.
- Siokou-Frangou, I., Bianchi, M., Christaki, U., Christou, E., Giannakourou, A., Gotsis-Skretas, O., Ignatiades, L., Pagou, K., Pitta, P., Psarra, S., Souvermezoglou, E., Van Wambeke, F., & Zervakis, V. (2002). Differential carbon transfer along a gradient of oligotrophy in the Aegean Sea (Mediterranean). *Journal of Marine Systems*, 33–34 , 335–353.
- Skirrow, G. (1975). The dissolved gases – Carbon dioxide. In J. P. Riley & G. Skirrow (Eds.), *Chemical oceanography* . New York: Academic.
- Skvortzow, B. W. (1928). Die Euglenacaengathung *Phacus* Dujardin. *Ibid.*, 46 , 105–125;Pl.2.
- Sournia, A. (1973). La production primaire planctonique en Mediterranee, Essai de mise en jour. *Bulletin Etudeen Commun de la Méditerranée* 5 (no sp.), 128 pp.
- Stefanou, P., Tsirtsis, G., & Karydis, M. (2000). Nutrient scaling for assessing eutrophication: The development of a stimulated normal distribution. *Ecological Applications*, 10 , 303–309.

- Subrahmanyam, R. (1946). A systematic account of the marine plankton diatoms of the Madras coast. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, 24B , 85–197.
- Swirenko, D. O. (1915). Materialy K fl oria vordoroslei Rossii. Niepotoryia dannyia K sistematikie I geografi I Euglenaceae. *Obschchestvo Ispytatelei Prirody, Khar'kov. Turdy*, 48 (1), 67–148.
- Trigueros, J. M., & Orive, E. (2001). Seasonal variations of diatoms and dinofl agellates in a shallow, temperate estuary, with emphasis on neritic assemblages. *Hydrobiologia*, 444 , 119–133.
- Tsirtis, G. E. (1995). A simulation model for the description of a eutrophic system with emphasis on the microbial processes. *Water Science and Technology*, 32 , 189–196.
- Turley, C. M., Bianchi, M., Christaki, U., Conan, P., Harris, J. R. W., Psarra, S., Ruddy, G., Stutt, E. D., Tselepides, A., & Van Wambeke, F. (2000). Relationship between primary producers and bacteria in an oligotrophic sea – The Mediterranean and biogeochemical implications. *Marine Ecology Progress Series*, 193 , 11–18.
- Venkataraman, G. (1939). A systematic account of some south Indian diatoms. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, 10 , 293–368.
- Venkataraman, K., & Wafar, M. (2005). Coastal and marine biodiversity of India. *Indian Journal of Marine Sciences*, 34 (1), 57–75.
- Verlencar, X. N., & Qasim, S. Z. (1985). Particulate organic matter in the coastal and estuarine waters of Goa and its relationship with phytoplankton production. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 21 , 235–242.
- Vollenweider, R. A., & Kerekes, J. J. (1982). *Eutrophication of waters: Monitoring, assessment and control* . Paris: OECD.
- Vollenweider, R. A., Giovanardi, F., Montanari, G., & Rinaldi, A. (1998). Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 9 , 329–357.

Wondie, A., et al. (2007). Seasonal variation in primary production of a large high altitude tropical lake (Lake Tana, Ethiopia): Effects of nutrient availability

and water transparency. *Aquatic Ecology*, 41 , 195–207.

Yacobi, Y. Z., Zohary, T., Kress, N., Hecht, A., Robarts, R. D., Waiser, M., & Wood, A. M. (1995). Chlorophyll distribution throughout the southeastern

Mediterranean in relation to the physical structure of the water mass. *Journal of Marine Systems*, 6 (3), 179–190.

واژه نامه

جلبک: جلبک‌ها گروهی چندنژادی از موجودات زنده فتوسنتزکننده ساده هستند که کلروفیل رنگدانه-ی فتوسنتزی اصلی آنها است و فاقد پوشش استریل سلولی حول سلول‌های تولیدمثلی هستند.

شکوفایی جلبکی: جمعیت پر تراکمی از جلبک‌های پلانکتونی یا سیانوباکتری‌ها که رنگ متمایزی به آب می‌دهند و بر روی سطح کف تولید می‌کنند.

شاخص تغذیه‌ای جلبک: بیان کمی تعداد گونه‌های جلبکی که معیاری برای وضعیت غذایی محیط آبی فراهم می‌سازد.

آلوکتونی: مواد عموماً آلی تولید شده در یک بدنه‌ی آبی.

آپوکلروتیک: بی رنگ یا فاقد کلروفیل

اتوتروف: ارگانیزمی که بتواند ماده‌ای آلی را از طریق فتوسنتز تولید کند.

ناحیه عمیق دریا: آب اقیانوسی بر روی شیب قاره‌ای

بیوفیلم: جامعه‌ای از موجودات زنده ریز که در یک سطح اتصال فیزیکی (برای مثال: آب/جامد) ایجاد می‌شوند که معمولاً درون لایه‌ای از پلی‌ساکارید خارج سلولی که توسط جامعه ترشح می‌شود، وجود دارند.

شب تاب: ساطع شدن نور از یک ارگانیزم زنده

حجم زیستی: حجم یک جلبک و جمعیت جلبکی در یک جمعیت خاص. این مقدار برای یک جنس و یا برای جمعیتی ترکیبی قابل اندازه‌گیری است (حجم هر دسته نیز باید اندازه‌گیری شود)

لب شور: آب شور با شوری کمتر از آب دریا (33 قسمت در هزار)

کلسیفیکاسیون: رسوب کلسیم کربنات، معمولاً همراه با حجم کمتری از کربنات‌های دیگر

کاروتنوئید: هیدروکربن‌های زرد، نارنجی یا قرمز و یا رنگدانه محلول در چربی

کلروفیل: رنگدانه سبز محلول در چربی

کلروپلاست: پلاستید حاوی کلروفیل

شبکه آندوپلاسمی کلروپلاست: ی‌ک یا دو غشا حول پوشش کلروپلاستی؛ ریبوزوم‌ها معمولاً به بخش خارجی غشا متصل هستند.

تطابق کروماتیکی: تغییر در نسبت رنگدانه‌های فتوسنتزی مختلف برای جذب بهینه طول موج‌های موجود

ریتیم شبانه‌روزی: ترتیب تکراری فعالیت‌های سوخت و سازی در هر بازه 24 ساعته

کوکوئید: ساختارهای کروی

کوکولیت: مقیاس کلسیفیه شدن در یک (Prymnesiophyceae) coccolithophorid

کوئنبیوم: کلنی کروی از سلول‌های جلبکی با میانه‌ای تو خالی و تعدادی ثابت در زمان شکل‌گیری

عمق جبران: عمق آبی که در آن نور کافی برای اینکه میزان فتوسنتز در بازه 24 ساعته با تنفس برابر باشد، نفوذ می‌کند.

نقطه‌ی جبران: شدت نور خاص که در آن مقدار تنفس با فتوسنتز در بازه‌ی 24 ساعته در یک ناحیه مشخص برابر است.

کورالین: جلبک کلسیفیه شده

کریپتوموناد: گروهی از جلبک‌های تک سلولی متحرک یوکاریوتی از شاخه Cryptophyta

سیانل: جلبک آبی-سبز درون همزیست که منشا به‌وجود آمدن کلروپلاست شد.

سیانوم: سلول میزبان حاوی یک سیانل که منشا جلبک یوکاریوتی شد.

سیانوفاز: ویروسی که سلول‌های سیانوباکتری‌ها را آلوده می‌کند.

ذره سیانوفیسین: ذرات ذخیره پلی‌پتید در درون سلول‌های سیانوباکتری

شاخص دیاتوم: استفاده از تعداد گونه دیاتومه‌ها برای ارزیابی وضعیت غذایی آب

دیستروفی: آبهای قهوه‌ای یا زرد که غنی از مواد آلی هستند و نرخ تجزیه ماده آلی در آن‌ها پایین می‌باشد، دارای pH کم هستند.

اکوسیستم: جامعه‌ی زیستی خودتنظیم که در زیستگاهی خاص واقع شده است.

شاخص تنش محیطی: تغییرات خارجی که به کارکرد زیستی در سطحی انفرادی و سیستم‌های مولکولی یک اکوسیستم ضربه وارد می‌کند.

اپیلیتیک: موجودات زنده روی سطوح صخره‌ای

اپیپلیک: موجودات زنده روی گل

اپیفیت: گیاهی که بر روی گیاه دیگر زندگی می‌کند.

اپنتیک: موجودات زنده‌ای که در زیر یخ زندگی می‌کنند.

خور: محل تقاطع رود با دریا که اثرات کشند در آن مشهود است و آب شیرین و شور در آن مخلوط شده است.

منطقه‌ی نوری: مناطقی از بدنه‌ی آبی که بالاتر از عمق جبران قرار دارند.

یوری سالین (یوری‌هالین): موجودات زنده‌ای که می‌توانند در بازه‌ی وسیعی از شوری زندگی کنند.

یوتروفی (پر تولیدی): آبی که حجم زیادی از مواد مغذی را فراهم می‌سازد و جلبک‌ها عموماً در آن رشد زیادی دارند.

یوتروفیکاسیون (غنی شدن): افزایش در تجمع مواد مغذی محلول مثل فسفات و نیتрат در اکوسیستم آبی

واکوئل گازی: حفره خالی پر از گاز که در بعضی از باکتری‌ها و جلبک‌های آبی‌سبز دیده می‌شود که باعث افزایش شناوری آنها می‌شود. این واکوئل‌های گازی متشکل از وزیکول‌های گازی ساخته شده از پروتئین می‌باشند.

زیستگاه: محل زندگی یک ارگانیسم یا جامعه‌ای که دارای ویژگی‌های فیزیوشیمیایی و بیوتیک منحصر به فرد است

هولوپلانکتون: موجودات زنده آبی که قسمت عمده‌ای از چرخه زندگی سالانه را در ستون آب قرار می‌گیرند.

هیدرولوژی: تمام جنبه‌های جریان آب در ارتباط با سیستم آبی، از جمله ورودی‌ها و خروجی‌های آب.

هیپرتروفیک: بدنه‌ی آبی با سطح بالایی از مواد مغذی غیرآلی حل شده

هیپولیمنیون: منطقه‌ای از بدنه آبی در زیر منطقه ترموکلاین (شیب دمایی) در آب‌های دارای لایه بندی دمایی و شدت نور کم.

بین جزرومدی: بین منطقه مد و جزر واقع شده است.

قوس قزح: نمایش رنگ‌ها که به دلیل شکست موج‌های نوری در سطح ایجاد می‌شود

گونه‌های دارای استراتژی k: موجودات زنده‌ای که به زندگی در محیط‌های با رقابت زیاد و پرجمعیت تطابق یافته اند که در آنجا زندگی، رشد و تولید مثل می‌کنند.

لنتیک: صفت مربوط به زیستگاه‌های برکه‌ای یا دریاچه‌ای

لیمنولوژی: مطالعه‌ی سیستم‌های آبی در رابطه با عوامل زیستی و فیزیکی-شیمیایی

ناحیه ساحلی: ناحیه پیرامون خط ساحلی حاشیه‌ی رودها و دریاچه‌ها.

لوتیک: صفت مربوط به زیستگاه‌های رودخانه‌ای

ماکروپلانکتون: پلانکتون‌های با قطر بزرگتر از 75 میکرومتر، همچنین net plankton نیز نامیده می شوند.

مروپلانکتونی: جلبکی (موجودی) که حضور پلانکتونی محدودی در بدنه‌ی آب دارد. اکثر زمان چرخه سالانه بر روی رسوبات به صورت مرحله خفته طی می شود.

مزوتروفی: بدنه آبی که دارای سطح متوسطی از مواد مغذی غیر آلی و تولید اولیه متوسط است؛ وضعیت میانه بین شرایط پرتولید (یوتروف) و کم تولید (اولیگوتروف)

میکروپلانکتون‌ها: موجودات زنده پلانکتونی تک سلولی و چندسلولی در محدوده اندازه 20-200 میکرومتری

میکسوتروفی: موجودات زنده‌ای که دارای توانایی ترکیبی از حالت تغذیه اتوتروفی (استفاده از منابع کربنی غیر آلی) و هتروتروفی (استفاده از منابع کربنی آلی شامل فاگوتروفی) هستند.

نانوپلانکتون: پلانکتون‌های ریزتر از 75 میکرومتر اما بزرگتر از 2 میکرومتر

نفلومتر: دستگاه زیرآبی برای سنجش تراکم ذره‌ای یا کدورت آب به وسیله‌ی جمع‌آوری نور پراکنده شده از ذره‌ی معلق

الیگوتروفیک: بدنه‌ی آبی با مقدار کم مواد مغذی غیر آلی محلول (به خصوص نیتروژن و فسفر) که منجر به کاهش تولید زیستی در آن می شود.

ارگانوتروف (اسموتروفی، ساپروتروفی): موجودات زنده‌ای که از ترکیبات آلی احیا شده به عنوان منبع الکترون استفاده می کنند یا عمل ارگانوتروفی را انجام می دهند.

موجود سطح زی (پلاژیک): تمام موجودات زنده‌ای که در ستون یک بدنه‌ی آبی دریا زندگی می کنند، مثل پلانکتون‌ها و نکتون‌ها

ناحیه سطحی (پلاژیک): قسمت اصلی مرکز یک دریاچه.

پربفیتون: موجودات زنده شبه گیاهی حاضر در جامعه‌ی ای که عمدتاً در لایه آبی زیر سطح قارچ‌ها، جلبک‌ها و باکتری‌ها وجود دارند.

ناحیه نوری: قسمت بالایی از ستون آب در اکوسیستم آبی که در آن فتوسنتز خالص می تواند صورت پذیرد (همچنین تحت عنوان ناحیه نوری (یوفوتیک) نیز شناخته می شود).

فراگموپلاست: شکل‌گیری دیواره با اتصال (پیوند) وزیکول‌های گلژی بین دوک و ریزلوله‌ها.

فیکوپلانکتون: گیاه‌های شناور-آزاد که بدون هدف روی آب شناور هستند یا برای اینکه موقعیتی ثابت بر خلاف ستون آب به دست آورند، بسیار آزادانه شنا می‌کنند.

پیکوپلانکتون: پلانکتون‌های با قطر 0/2 تا 2 میکرون

پلانکتون: موجودات زنده‌ای که بدون هدف بر روی آب شناور هستند و یا برای اینکه موقعیتی ثابت بر خلاف ستون آب به دست آورند، بسیار آزادانه شنا می‌کنند.

ته‌نشینی پلانکتونی: نیروی جاذبه‌ی القا شده بر روی پلانکتون‌های غیرمتحرک در حال فرو رفتن در ستون آبی

تولید اولیه: سنتز زیست‌توده توسط موجودات زنده فتوسنتزی: گیاهان عالی تر، جلبک و باکتری‌های فتوسنتزی

تولید (بهره‌وری): نرخ افزایش زیست توده (نرخ رشد) در جامعه‌ای از موجودات زنده. با واحد $\text{mgC/m}^2/\text{day}$ بیان می‌شود.

گونه‌های دارای استراتژی r: گونه‌هایی که با محیط‌های کم جمعیت و با رقابت کم سازگاری دارند.

دریاچه‌های شور: دریاچه‌هایی با تراکم نمکی بالا که معمولاً منجر به تشکیل سنگ نمکی در حاشیه‌ی آنها می‌شود جایی که تبخیر از سطح بسیار بیشتر از ورودی آب می‌باشد.

آلودگی ساپروبیک: تراکم بالای مواد مغذی آلی محلول.

عمق سی‌سی: عمق خاصی از آب که در آن صفحه‌ی جداشده‌ی معلق (دیسک سی‌سی) دیگر قابل مشاهده نیست؛ نشاندهنده میزان کدورت و زیست توده فیتوپلانکتون می‌باشد.

لام شمارش سلولی سدویک رفر: یک لام شیاردار با اتاقک شمارش که عموماً برای نمونه‌های فیتوپلانکتونی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لایه‌بندی: ساختاربندی عمودی آب‌های ایستا یا با حرکت بسیار کند به سه لایه مشخص: اپی‌لیمنیون، متا‌لیمنیون و هیپولیمنیون که هر کدام دارای خصوصیات دمایی و جریانی خاص خود هستند.

ناحیه زیر جزرومدی: در منطقه‌ی آب شیرین، ناحیه‌ای که از انتهای آخرین گیاهان ریشه دار (حدود 6 متر) تا عمق جبران ادامه دارد. در اکوسیستم دریایی، این ناحیه از پایین‌ترین حد جزر تا عمق 200 متری ادامه دارد.

توالی: ترتیب زمانی موجودات زنده که در جامعه در حال رشد مثل بیوفیلم یا جامعه سطح زی یک دریاچه رخ می‌دهد.

ناحیه بالای جزر و مدی: در اکوسیستم‌های دریایی، ناحیه‌ای که بالاتر از حد مد اقیانوس قرار دارند و در آب‌های شیرین ناحیه‌ای که بالای حد ایستایی آب می باشد، که زمان‌هایی که باد می‌وزد قطرات آب به این منطقه می‌رسد.

تروفی: این عبارت برای توصیف وضعیت مواد مغذی غیر آلی پیکره‌های آبی مختلف (الیگوتروفی یا یوتروفی) و رابطه‌های غذایی (تعاملات تروفی) زیستگاه‌های آب‌های شیرین استفاده می‌شود.

کدورت: تیرگی آب که به دلیل ذرات معلق به وجود می‌آید؛ این شاخص برای سنجش توده زیستی فیتوپلانکتون‌ها استفاده می‌شود.

تیکوپلانکتون: موجودات زنده‌ای که به طور تصادفی اغلب از سطوح گیاهان و صخره‌ها به صورت پلانکتون جدا شده و حمل می‌شوند؛ همچنین پلانکتون تصادفی یا پلانکتون کاذب نیز نامیده می‌شوند.

شکوفایی آب: مشاهده شکوفایی جلبکی

ژئوپلانکتون: اجتماعی از موجودات زنده پلانکتونی بی مهره.

بیبلوگرافی

Bibliography

Alley, R. B. (2007). Wally was right; predictive, ability of the North Atlantic "Conveyer Belt" hypothesis for abrupt climate change. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science*, 35, 241–272.

Falkowski, P. G., & Kolber, Z. (1995). Variations in chlorophyll fluorescence yields in phytoplankton in the world oceans. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22 (2), 341–355.

Hecky, R. E. (1998). Low N: P ratios and the nitrogen fix: Why watershed nitrogen removal will not improve the Baltic. In *Effects of nitrogen in the aquatic environment* (KVA Report 1998: 1, 85–115 pp). Stockholm: Kungl Vetenskapsakademien [Royal Swedish Academy of Science].

Jeffrey, S. W., & Vesk, M. (1997). Introduction to marine phytoplankton and their pigment signatures. In S. W. Jeffrey, R. F. C. Mantoura, & S. W. Wright (Eds.),

Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods (pp. 37–84). Paris: UNESCO Publishing.

Lewitus, A. J., et al. (1995). Discovery of the “Phantom” dinoflagellate in Chesapeake Bay. *Estuaries*, 18 (2), 373–378.

Moss, B. (1968). The chlorophyll a content of some benthic algal communities. *Archives of Hydrobiology*, 65 , 51–62.

Steeman-Nielsen, E. (1952). The use of radioactive carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea. *Journal du Conseil/Conseil Permanent International*

pour l’Exploration de la Mer, 18 , 117–140.

Weckström, K., & Juggins, S. (2005). Coastal diatom environment relationships from the Gulf of Finland, Baltic Sea. *Journal of Phycology*, 42 , 21–35.

Whitten, B. (1970). Biology of Cladophora in freshwaters. *Water Research*, 4 , 457–476.

Willen, E. (1991). Planktonic diatoms – An ecological review. *Algological Studies*, 62 (Suppl), 69–106.

University of Guilan Press

An Introduction to Phytoplanktons Diversity and Ecology

by:

**Ruma Pal
Avik Kumar Choudhury**

Translated by:

**Akram Sadat Naeemi, ph. D
Narges Javadzadeh Pourshalkohi, ph. D**