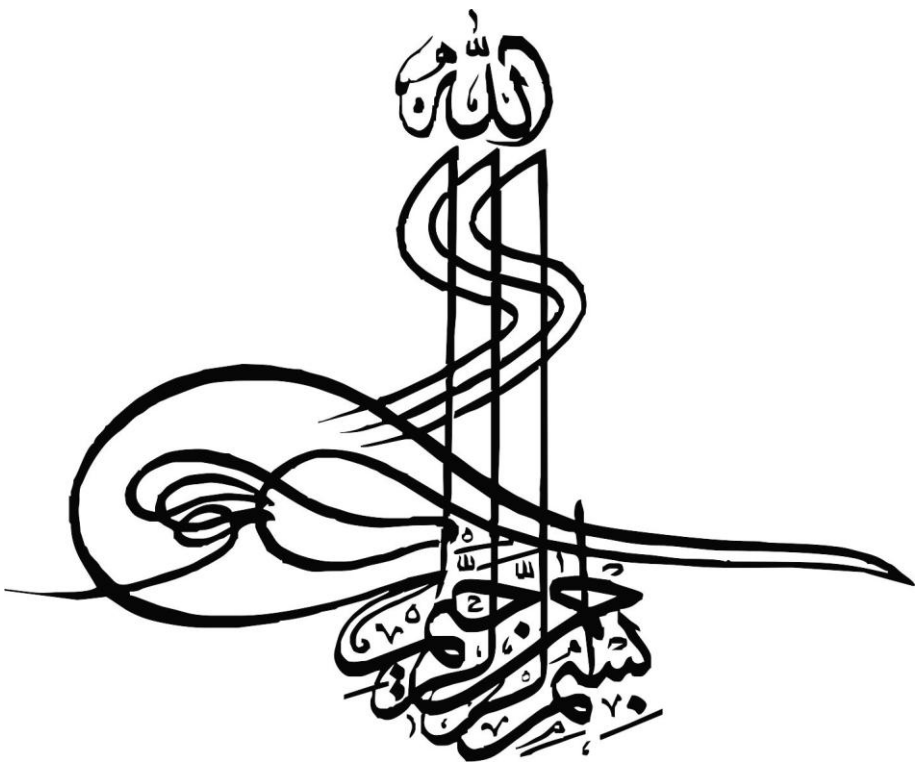
الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده منابع طبیعی

بررسی ساختار جامعه پلانکتونی دریاچه سد زاینده‌رود اصفهان در فصول بهار و تابستان

پایان نامه کارشناسی ارشد بوم شناسی آبزیان شیلاتی

بهزاد حمیدی منفرد

اساتید راهنما:

دکتر عیسی ابراهیمی

دکتر امیدوار فرهادیان

۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته بوم شناسی آبزیان شیلاتی آقای بهزاد حمیدی منفرد

تحت عنوان

بررسی ساختار جامعه پلانکتونی دریاچه سد زاینده‌رود اصفهان در فصول بهار و تابستان

در تاریخ ۱۳۹۱/۹/۲۶ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر عیسی ابراهیمی
۲- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر امیدوار فرهادیان
۳- استاد مشاور پایان نامه	دکتر سالار درافشان
۴- استاد داور	دکتر نورالله میرغفاری
۵- استاد داور	دکتر یزدان کیوانی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمدرضا وهابی

سپاس بی کران **پروردگار یکتا** را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

اکنون در آستانه راهی نو به پاس نعمات بی حد پروردگار، بر خود لازم می‌دانم سپاسگزار تمام عزیزانی باشم که در رسیدن به این جایگاه یاریم نمودند.

مراتب سپاس خود را از بزرگترین پشتیبان‌های زندگیم، **پدر و مادرم** اعلام می‌دارم که به حق بزرگ‌ترین انگیزه بنده در کسب مدارج تحصیلی می‌باشند و اگر عشق به شاد کردن دل‌های پر مهرشان نبود، تحمل این راه میسر نمی‌گردید.

سپاس فراوان از **برادران مهربان** و **خواهران عزیزم** که صمیمی‌ترین غمخواران و مشوقان من بوده و هستند.

از اساتید راهنمای گرانقدرم جناب آقایان **دکتر ابراهیمی** و **دکتر فرهادیان** و همچنین استاد مشاورم آقای **دکتر درافشان** که همواره از حمایت‌هایشان بهره مند بودم، کمال تشکر را دارم.

از جناب آقایان **دکتر کیوانی** و **دکتر میرغفاری** که داوری این پایان نامه را برعهده داشتند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در پایان از همکار پروژه جناب آقای **مهندس موحدی نسب** و همه دوستان و افرادی که در انجام این پروژه مرا یاری رساندند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بهزادحمیدی منفرد

آبان ۱۳۹۱

تقدیم به آنان که زیباترین واژه‌ها را به من آموختند و والاترین فداکاری‌ها را بی منت به من ارزانی داشتند.

به پاس مهربانی‌های بی دریغشان که وجودشان برای من همه مهر است و مهر

به پدر و مادر مهربانم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست اشکال ..... یازده

فهرست جداول ..... دوازده

فهرست نمودارها ..... سیزده

چکیده ۱

۱-فصل اول: مقدمه ۲

۱-۱- کلیات ۲

۱-۲- اهداف ۴

۲-فصل دوم: بررسی منابع ۵

۲-۱- پلانکتون ۵

۲-۲- فیتوپلانکتون ۵

۲-۳- برخی خصوصیات گروههای مهم فیتوپلانکتونی ۷

۲-۳-۱- دیاتومه‌ها(Bacillariophyta) ۷

۲-۳-۲- داینوفلاژله‌ها(Dinophyta) ۷

۲-۳-۳- جلبک‌های سبز پلانکتونی(Chlorophyta) ۸

۲-۳-۴- Euglenophyta ۹

۲-۳-۵- جلبک‌های قهوه‌ای- طلایی (Chrysophyta) ۹

۲-۳-۶- Cryptophyta ۱۰

۲-۳-۷- جلبک‌های سبز- آبی(Cyanophyta) ۱۰

۲-۴- اهمیت اکولوژیکی فیتوپلانکتون‌ها ۱۱

۲-۵- زئوپلانکتون ۱۲

۲-۶- تغییر شکل ۱۳

۲-۷- مهاجرت عمودی ۱۳

۲-۸- تقسیم‌بندی جوامع زئوپلانکتونی ۱۴

۲-۹- گروههای اصلی زئوپلانکتون‌ها ۱۴

۲-۹-۱- روتیفرها ۱۴

۲-۹-۲- سخت پوستان (Crustacea) ۱۶

۲-۱۰- اهمیت اکولوژیکی زئوپلانکتون‌ها ۱۹

۲-۱۱- بررسی تاثیر فاکتورهای غیر زنده بر پلانکتون‌ها ۱۹

۲-۱۱-۱- درجه حرارت ۱۹

۲-۱۱-۲- نور ۲۱

۲-۱۱-۳- اکسیژن محلول(DO) ۲۲

۲-۱۱-۴- pH آب ۲۳
۲-۱۱-۵- هدایت الکتریکی (EC) ۲۴
۲-۱۱-۶- رنگ آب دریاچه ۲۴
۲-۱۱-۷- مواد غذایی ۲۵
۲-۱۱-۸- کربن ۲۵
۲-۱۱-۹- نیتروژن ۲۶
۲-۱۱-۱۰- فسفر ۲۶
۲-۱۱-۱۱- سیلیس ۲۷
۲-۱۱-۱۲- کلسیم ۲۸
۲-۱۱-۱۳- مواد آلی ۲۹
۲-۱۲- تاثیرات عوامل زنده بر پلانکتون‌ها ۲۹
۲-۱۲-۱- صیادی ۲۹
۲-۱۲-۲- رقابت ۳۱
۲-۱۳- دریاچه‌های الیگوترف و یوتروف ۳۲
۲-۱۴- ارزیابی کیفیت آب دریاچه‌ها با استفاده از پلانکتون‌ها ۳۳
۲-۱۵- مروری بر مطالعات مشابه ۳۴
۲-۱۶- مصارف و کاربرد آب دریاچه سد زاینده‌رود ۳۵
۲-۱۷- تنوع و شاخص‌های آن ۳۵
۲-۱۷-۱- شاخص شانون وینر ۳۶
۲-۱۷-۲- شاخص سیمپسون ۳۷
۲-۱۷-۳- شاخص مارگالف ۳۷
۳-فصل سوم: مواد و روش‌ها ۳۸
۳-۱- معرفی منطقه نمونه‌برداری ۳۸
۳-۲- تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۳۸
۳-۳- دوره نمونه‌برداری ۳۸
۳-۴- نحوه نمونه‌برداری از پلانکتون‌ها ۴۰
۳-۵- تثبیت و آماده سازی نمونه‌ها ۴۰
۳-۶- شناسایی فیتوپلانکتون‌ها ۴۰
۳-۷- روش شمارش فیتوپلانکتون‌ها ۴۱
۳-۸- شمارش و شناسایی زئوپلانکتون‌ها ۴۳
۳-۹- اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب: ۴۳
۳-۱۰- روش‌های آماری آنالیز داده‌ها ۴۴
٤-فصل چهارم: نتایج و بحث ٤٥
۴-۱- بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب دریاچه سد زاینده رود ۴۵
۴-۱-۱- دمای آب ۴۵
۴-۱-۲- اکسیژن محلول ۴۶
۴-۱-۳- درصد اشباعیت اکسیژن ۴۷

۴-۱-۴- pH آب ۴۸
۴-۱-۵- هدایت الکتریکی ۴۹
۴-۱-۶- عمق رؤیت سکشی دیسک(شفافیت) ۵۰
۴-۱-۷- نیترات ۵۲
۴-۱-۸- فسفات ۵۳
۴-۲- بررسی فیتوپلانکتونی دریاچه سد زاینده رود ۵۴
۴-۲-۱- بررسی تاکسونومی فیتوپلانکتون‌های دریاچه سد زاینده رود ۵۵
۴-۲-۲- مهمترین گروههای فیتوپلانکتونی دریاچه سد زاینده‌رود ۵۵
۴-۲-۳- تغییرات اجتماعات فیتوپلانکتونی ۶۳
۴-۳- برسی جوامع زئوپلانکتونی دریاچه سد زاینده‌رود ۶۷
۴-۳-۱- ترکیب زئوپلانکتونی ۶۸
۴-۴- غنای گونه‌ای جوامع پلانکتونی ۷۳
۴-۵- بررسی روند تغییرات شاخص‌های تنوع پلانکتونی با تغییرات مکان و زمان نمونه‌برداری ۷۴
۴-۶- همبستگی بین داده‌ها ۷۸
۴-۷- آزمون مولفه‌های اصلی (PCA) کل دوره مطالعه ۸۱
۴-۷-۱- تعیین عوامل تفکیک کننده ایستگاه‌ها ۸۱
۵-فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۸۵
۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۵
۵-۲- پیشنهادها ۸۵
منابع ۸۶
چکیده انگلیسی ۹۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: میزان دسترسی و نیاز به عناصر مختلف در گیاهان و جلبک‌ها در مقایسه با فسفر ۲۸
جدول ۲-۲: طبقه بندی کیفیت آب بر اساس شاخص تنوع شانون–وینر ۳۷
جدول ۳-۱: طول و عرض‌های جغرافیایی ایستگاه‌ها مورد مطالعه ۳۹
جدول ۴-۱: فهرست و حضور و عدم حضور فیتوپلانکتون‌های مشاهده شده در مراحل مختلف نمونه‌برداری ۵۷
جدول ۴-۲: میانگین تراکم جنس‌های مهم فیتوپلانکتونی مشاهده شده ۶۱
جدول ۴-۳: جنس‌های زئوپلانکتونی مشاهده شده در دریاچه سد زاینده رود ۶۹
جدول ۴-۴: ضریب های همبستگی پیرسون بین فراوانی و شاخص های پلانکتون ها با فاکتورهای فیزیکوشیمیایی ۷۹
جدول ۴-۵: ضریب های همبستگی بین فراوانی، غنا و شاخص های تنوع و غالبیت پلانکتونی ۸۰
جدول ۴-۶: ضریب های همبستگی بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی ۸۱
جدول ۴-۷: نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۸۲
جدول ۴-۸: نتایج خاصل از آنالیز فاکتور(ماتریس چرخیده مؤلفه‌ها) ۸۲

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۴-۱: میانگین درجه حرارت در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۴۵
نمودار ۴-۲: میانگین درجه حرات در مراحل مختلف نمونه‌برداری. ۴۶
نمودار ۴-۳: میانگین اکسیژن محلول در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۴۷
نمودار ۴-۴: میانگین اکسیژن محلول در مراحل مختلف نمونه برداری ۴۷
نمودار ۴-۵: میانگین درصد اشباعیت اکسیژن در ایستگاه های مورد مطالعه ۴۸
نمودار ۴-۶: میانگین درصد اشباعیت اکسیژن در مراحل مختلف نمونه‌برداری ۴۸
نمودار ۴-۷: میانگین pH آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه. ۴۹
نمودار ۴-۸: میانگین pH آب در مراحل مختلف نمونه برداری ۴۹
نمودار ۴-۹: میانگین هدایت الکتریکی در ایستگاه های مورد مطالعه ۵۰
نمودار ۴-۱۰: میانگین هدایت الکتریکی در مراحل مختلف نمونه برداری ۵۰
نمودار ۴-۱۱: میانگین عمق رویت سکشی دیسک در ایستگاه های مورد مطالعه ۵۱
نمودار ۴-۱۲: میانگین عمق رویت سکشی در مراحل مختلف نمونه‌برداری. ۵۱
نمودار ۴-۱۳: میانگین نیترات در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۵۲
نمودار ۴-۱۴: میانگین نیترات در مراحل مختلف نمونه برداری ۵۳
نمودار ۴-۱۵: میانگین فسفات در ایستگاه های مورد مطالعه ۵۴
نمودار ۴-۱۶: میانگین فسفات در مراحل مختلف نمونه برداری ۵۴
نمودار ۴-۱۷: تعداد جنس در هر یک از شاخه‌های فیتوپلانکتونی در دریاچه زاینده‌رود ۵۶
نمودار ۴-۱۸: میانگین تراکم جوامع فیتوپلانکتونی در ایستگاه‌های مورد مطالعه(اردیبهشت ماه) ۶۳
نمودار ۴-۱۹: میانگین تراکم جوامع فیتوپلانکتونی در ایستگاه های مورد مطالعه(خردادماه). ۶۴
نمودار ۴-۲۰: میانگین تراکم جوامع فیتوپلانکتونی در ایستگاه‌های مورد مطالعه(مردادماه) ۶۴
نمودار ۴-۲۱: میانگین تراکم جوامع فیتوپلانکتونی در ایستگاه های مورد مطالعه(شهریورماه) ۶۵
نمودار ۴-۲۲: میانگین درصد فراوانی جوامع فیتوپلانکتونی در ایستگاه‌های مورد مطالعه(کل دوره نمونه‌برداری) ۶۵
نمودار ۴-۲۳: میانگین تراکم جوامع فیتوپلانکتونی در مراحل مختلف نمونه برداری ۶۶
نمودار ۴-۲۴: درصد فراوانی شاخه های مختلف جوامع فیتوپلانکتونی در مراحل مختلف نمونه برداری ۶۷
نمودار ۴-۲۵: درصد فراوانی شاخه‌های مختلف جوامع فیتوپلانکتونی در کل دوره نمونه‌برداری ۶۷
نمودار ۴-۲۶: میانگین تراکم جوامع زئوپلانکتونی در ایستگاه های مورد مطالعه(اردیبهشت ماه) ۷۰
نمودار ۴-۲۷: میانگین تراکم جوامع زئوپلانکتونی در ایستگاه های مورد مطالعه(خردادماه). ۷۱
نمودار ۴-۲۸: میانگین تراکم جوامع زئوپلانکتونی در ایستگاه‌های مورد مطالعه(مردادماه) ۷۱
نمودار ۴-۲۹: میانگین تراکم جوامع زئوپلانکتونی در ایستگاه‌های مورد مطالعه(شهریورماه) ۷۲
نمودار ۴-۳۰: میانگین تغییرات تراکم جوامع زئوپلانکتونی در مراحل مختلف نمونه‌برداری ۷۳
نمودار ۴-۳۱: درصد فراوانی شاخه‌های مختلف جوامع زئوپلانکتونی در کل مراحل نمونه‌برداری ۷۳
نمودار ۴-۳۲: تعداد جنس‌های پلانکتونی در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۷۴
نمودار ۴-۳۳: تعداد جنس‌های پلانکتونی در مراحل مختلف نمونه برداری ۷۴
نمودار ۴-۳۴: تغییرات شاخص تنوع سیمپسون در ایستگا های مورد مطالعه ۷۵
نمودار ۴-۳۵: شاخص سیمپسون در مراحل مختلف نمونه‌برداری ۷۵

نمودار ۴-۳۶: شاخص تنوع شانون وینر در ایستگاه‌های مورد مطالعه ۷۶
نمودار ۴-۳۷: شاخص تنوع شانون وینر در مراحل مختلف نمونه برداری..... ۷۶
نمودار ۴-۳۸: شاخص غنای مارگالف در ایستگاه های مورد مطالعه..... ۷۷
نمودار ۴-۳۹: شاخص تنوع مارگالف در مراحل مختلف نمونه برداری..... ۷۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: نمایی از تنوع شکل و اندازه در جلبک‌های آب شیرین ۱۱
شکل ۲-۲ : نمونه‌هایی از موجودات زنده و روشهای دفاعی در پاسخ به حضور شکارچی ۱۳
شکل ۲-۳ : روتیفرها ۱۱
شکل ۲-۴ : پاروپایان ۱۸
شکل ۲-۵: شکوفایی گروههای مختلف جلبکی در حاصلخیزی و pH مختلف آب ۳۳
شکل ۳-۱: تصویری از موقیت دریاچه سد زاینده‌رود و ایستگاه‌های مورد مطالعه ۳۹
شکل ۳-۲: تصویری از نمونه‌های آب، نمونه‌های در حال ته‌نشینی و نمونه‌های تغلیظ شده ۴۱
شکل ۳-۳: تصویری از نمونه‌های تغلیظ شده با کدهای مخصوص هر مرحله و ایستگاه ۴۱
شکل ۳-۴: لام سدویک رافتر (الف) و روش شمارش پلانکتون‌ها در این لام (ب) ۴۲
شکل ۳-۵: لام باگارف مورد استفاده در شمارش زئوپلانکتون ۴۳
شکل ۴-۱: تصاویر جنس‌های مختلف از فیتوپلانکتون‌های مشاهده شده در دریاچه سد زاینده‌رود ۵۹
شکل ۴-۲: تصاویری از فیتوپلانکتون‌های مشاهده شده دریاچه سد زاینده‌رود ۶۰
شکل ۴-۳: تصاویری از زئوپلانکتون‌های مشاهده شده در دریاچه سد زاینده‌رود ۷۰
شکل ۴-۴: نمودار صخرهای حاصل از آنالیز فاکتور روی داده‌های محیطی ۸۳
شکل ۴-۵: آزمون مولفه‌های اصلی(PCA) در کل دوره مطالعه ۸۴

چکیده

دریاچه‌ها، اکوسیستم‌های آبی پویا و پایداری هستند که به لحاظ اکولوژیکی و اقتصادی بسیار با اهمیت می‌باشند. پلانکتون‌ها گروه‌های بسیار مهمی از موجودات زنده اکوسیستم‌های آبی هستند، آنها اساس شبکه غذایی در هرم غذایی پلاژیک محسوب می‌شوند. یکی از مهمترین مطالعات اکولوژیکی بررسی تغییرات زمانی و مکانی پلانکتون‌ها در دریاچه‌ها است. در این مطالعه ساختار جامعه پلانکتونی دریاچه سد زاینده‌رود، واقع در استان اصفهان تاکید شده و ترکیب گونه‌ای، فراوانی و تنوع جوامع فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی آن همراه با برخی ازخصوصیات کیفی آب بررسی شده است. نمونه‌برداری از آب و پلانکتون ها از ۹ ایستگاه معین در فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۰ (با تناوب ۴۵ روز یکبار) انجام شد. نمونه‌برداری از فیتوپلانکتون‌ها با برداشت نمونه آب از لایه سطحی آب (< 30 cm) به کمک بطری نانسن و زئوپلانکتون‌ها با استفاده از تورپلانکتون‌گیری (چشمه ۵۰ میکرون) با تورکشی عمودی انجام گرفت. اندازه‌گیری‌ها دامنه اکسیژن محلول، دما، هدایت الکتریکی، pH، نیترات، فسفات و عمق رؤیت سکشی دیسک را به ترتیب در محدوده ۱۱/۲-۷/۱ میلی‌گرم در لیتر، ۲۴/۸-۶ درجه سانتی‌گراد، ۳۶۱-۲۴۱ میکروموس بر سانتی‌متر، ۸/۵۳– ۷/۷۷، ۲/۳۱-۱/۳۶ میلی‌گرم در لیتر، را ۳۹- ۱/۴ میکروگرم در لیتر و ۸/۵-۰/۱ متر نشان داد. جامعه فیتوپلانکتون‌ها شامل Bacillariophyceae، Chlorophyceae، Cyanophyceae، Euglenophyceae، Dinophyceae، Cryptophyceae و Chrysophyceae که به ترتیب در محدوده تراکمی ۶۰۴/۵-۱۶۰/۴، ۱۸۵/۹-۴۱/۴، ۹/۱-۲/۱، ۱۷/۷-۰/۸، ۹۸/۱-۰/۳، ۲۷/۴-۰ و ۲۳/۳-۰ سلول در میلی‌لیتر بودند. فیتوپلانکتون‌های غالب در دوره مطالعه مربوط به جنس‌های *Cyclotella*، *Stephanodiscus*، *Fragilaria*، *Chlorella* و *Carteria* بود. جامعه زئوپلانکتون‌ها شامل Rotifera، Cladocera، Copepoda، Ostracoda و Nematoda به ترتیب در محدوده تراکمی۴۷۵-۲، ۲۱۴-۱۱۲، ۴۹۵-۱۳، ۱۰-۰ و ۴-۰ فرد در متر مکعب بود. بیشترین فراوانی زئوپلانکتون‌ها مربوط به Copepoda و کمترین آن مربوط به Nematoda بود. شاخص‌های تنوع زیستی سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف برای فیتوپلانکتون‌ها به ترتیب ۰/۶۷، ۲/۱۹ و ۲/۶۸ در اردیبهشت، ۰/۵۴، ۱/۹۵ و ۱/۹۷ در خرداد، ۰/۸۱، ۳/۲۲ و ۳/۱ در مرداد و ۰/۶۷، ۲/۸ و ۳/۹۷ در شهریور بدست آمد. شاخص‌های تنوع زیستی سیمپسون، شانون-وینر و مارگالف برای زئوپلانکتون‌ها به ترتیب ۰/۸۳، ۲/۹۱ و ۲/۴۴ در اردیبهشت، ۰/۶۱، ۱/۸۴ و ۱/۸۵ در خرداد، ۰/۷۳، ۲/۳۷ و ۲/۱۴ در مرداد، ۰/۷۳، ۲/۲۸ و ۱/۴۳ در شهریور برآورد شد. فراوانی فیتوپلانکتون‌ها همبستگی معنی‌داری را در سطوح مختلف با درصد اشباعیت اکسیژن ($P = ۰/۰۳$، $r = ۰/۳۶$)، نیترات ($P = ۰/۰۰۱$، $r = -۰/۵۱$)، فسفات ($P = ۰/۰۱$، $r = -۰/۴۰$) و هدایت الکتریکی ($P = ۰/۰۱$، $r = -۰/۵$) نشان داد. بر اساس آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)، مهمترین فاکتورهایی که می‌تواند ساختار جوامع پلانکتونی در دریاچه سد زاینده‌رود را بیان کند به ترتیب، pH، عمق سکشی، دما، میزان نیترات و فسفات بود. بر اساس یافته‌های ساختار جوامع پلانکتونی در این پژوهش رهاسازی لارو ماهیان در تراکم بالا به علت پایین بودن سطوح تولیدات پلانکتونی توصیه نمی‌شود. علاوه بر این، بر اساس کیفیت آب و جامعه فیتوپلانکتونی، آب این دریاچه به عنوان یک منبع آبی سالم طبقه‌بندی شد که آن را برای مصارف انسانی قابل استفاده می‌نماید.

کلمات کلیدی: فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، فراوانی، تنوع‌زیستی، سد زاینده رود، دریاچه، اصفهان

فصل اول

مقدمه

۱-۱-کلیات

رشد روزافزون جعیت جهان، توسعه شهر نشینی، گسترش صنایع و بالا رفتن سرانه مصرف آب باعث گردیده تا تأمین آب شیرین به عنوان یکی از مشکلات جدی بشر در قرن حاضر مطرح گردد. منابع آب شیرین دریاچه‌ها به عنوان بخش ثابت منابع آب حائز اهمیت هستند و حدود ۷۸ درصد از آب‌های شیرین سطحی(مایع) را به خود اختصاص داده‌اند [۱۳]. دریاچه‌ها، سیستم‌های پویا و پایداری هستند که به لحاظ تنوع زیستی و جغرافیایی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند. پژوهشگران علوم زیستی، بسیاری از فواید اکوسیستم‌های آبی را معرفی نموده‌اند، با این وجود ارزش‌های بسیاری در آن‌ها نهفته است که شناخت و دستیابی به آن‌ها مستلزم مطالعات بیولوژیکی است [۱۱]. سدهایی که با مطالعه کامل احداث شده و مدیریت آب درستی دارند، دارای اهمیت‌های بیان شده بوده و آب مورد نیاز برای شرب، صنعت و کشاورزی را تأمین کرده و از نظر محیط زیست دارای اهمیت هستند. افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی تغییرات زیادی در ساختار و کیفیت آب دریاچه‌ها ایجاد کرده است، بنابراین امروزه بیش از هر زمان شناخت و استفاده بهینه و پایدار از این اکوسیستم‌ها بویژه در کشور ما که از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک است، اهمیت دارد.

حیات در تمامی اکوسیستم‌های آبی به تولید کنندگان وابسته است، گیاهان ماکروفیت و فیتوپلانکتون‌ها پایه هرم غذایی در این اکوسیستم‌ها می‌باشند [۸]. ماکروفیت‌ها بسیار محدود بوده و بیشتر در آب‌های کم عمق رشد کرده و درصد کمی از تولیدات را در بر می‌گیرند. تولیدکنندگان اصلی و عمده خصوصاً در اقیانوس‌ها و آب‌های عمیق، فیتوپلانکتون‌ها می‌باشند. جوامع فیتوپلانکتونی به عنوان گروهی از موجودات فتوسنتیک و قرار گرفتن در قاعده هرم انرژی نقش مهمی در حیات سایر موجودات زنده، تأمین اکسیژن و حفظ و بقای اکوسیستم دارند [۲۱]. سایر موجودات ضمن وابستگی به یکدیگر در زنجیرهٔ غذایی به طور مستقیم و غیرمستقیم به فیتوپلانکتون‌ها وابسته هستند. رشد و نمو فیتوپلانکتون‌ها در دریاچه‌ها تحت تأثیر عوامل متعدد محیطی می‌باشد که بر حضور و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها تأثیر می‌گذارد [۵۸]. ورود بیش از حد مواد آلی و معدنی می‌تواند سبب یوتروفکاسیون و شکوفایی فیتوپلانکتون‌ها بویژه جلبک‌های سبز- آبی در محیط‌های آبی شود؛ این پدیده باعث بروز مشکلاتی نظیر ایجاد طعم و بوی بد در آب و مسدود شدن فیلترها در کارخانه‌های تصفیه آب می‌شود. گاهی رشد بیش از حد برخی از

فیتوپلانکتون‌ها بخاطر تولید مواد سمی در چرخه زیستی محیط آبی اختلال ایجاد کرده و موجب مرگ سایر آبزیان می‌گردد.

قابلیت دست‌یابی به مواد مغذی در سطح بسیار بالا می‌تواند تعیین کننده تنوع تولیدکنندگان اولیه باشد [۱۶]. ترکیب جنس‌ها و تغییرات فصلی آن‌ها به فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب وابسته است [۹۸]. حضور برخی از فیتوپلانکتون‌ها در برابر تغییر یک ماده غذایی خاص می‌تواند آنها را به عنوان گونه‌های شاخص آلودگی مطرح کند. بنابراین تعداد جلبک‌ها و فیتوپلانکتون‌ها و ترکیب آرایه‌شناختی آن‌ها نشان دهنده تغییر کیفیت آب دریاچه می‌باشد. لذا شناخت آن‌ها در هر منبع آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

زئوپلانکتون‌ها یکی دیگر ازگروه‌های بسیار مهم موجود در اکوسیستم‌های آبی هستند که به عنوان مبنایی در شبکه غذایی محسوب می‌شوند. آن‌ها حلقه میانی مهمی از هرم غذایی را تشکیل می‌دهند و انرژی و ماده آلی تولید شده طی عمل فتوسنتز را به سطوح بالاتر هرم غذایی همچون ذخائر ماهیان پلاژیک انتقال می‌دهند. چرخه‌های تولید مثلی، رشد، میزان تولید مثل و بقای آن‌ها همه از فاکتورهای مهم و مؤثر بر حفظ ذخایر ماهی‌ها می‌باشد [۴۵].

زئوپلانکتون‌ها به عنوان غذای زنده استفاده گسترده‌ای در صنعت آبزی‌پروری دارند که از مهمترین دلایل آن می‌توان به تنوع بالای تاکسونومیکی و نیز طیف وسیع اندازه و شکل آنها اشاره کرد. از دلایل دیگر می‌توان به سطوح بالای اسیدهای چرب غیر اشباع، پروتئین وکاروتنوئیدها و هچنین دارا بودن آنزیم‌های هضمی مورد نیاز لاروها در مراحل ابتدایی تغذیه لارو آبزیان پرورشی اشاره کرد [۳۷].

زئوپلانکتون‌ها یکی از جوامع پویا در اکوسیستم‌های آبی هستند که الگوهای مکانی همچون تغییر غیر تصادفی جمعیت‌ها و یا جوامع در یک محدودهٔ گسترده از مقیاس‌های زمانی و مکانی را نشان می‌دهند. بر حسب مطالعات انجام شده، الگوهای لکه‌ای در جوامع زئوپلانکتونی یک پدیده مهم در توزیع زمانی و مکانی آن‌ها می‌باشد. فاکتورهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی گوناگونی روی آنها تأثیر گذار است که ازجمله این فاکتورها می‌توان به درجه حرارت، شوری، اکسیژن محلول، غذا، نور و شدت آن، مواد معدنی محلول و جمعیت فیتوپلانکتون‌ها اشاره کرد. تغییر در پارامترهای ذکر شده باعث ایجاد توالی در فصول مختلف و تغییر در ترکیب گونه‌ای و همچنین مهاجرت عمودی زئوپلانکتون‌ها می‌شود [۷۸]. جوامع زئوپلانکتونی شامل سخت پوستانی مثل گروه‌های عمدهٔ آنتن مشعب‌ها، پاروپایان، آمفی‌پودا، استراکودا و غیره هستند. از جوامع زئوپلانکتونی مهم دیگر می‌توان به روتیفرها، کرم‌های نواری، کرم‌های پیکانی، نرمتنان و لارو ماهیان اشاره کرد [۸،۱۴۱]. به طور کلی فیتوپلانکتون‌ها از نظر وجود در آب شیرین از تنوع بیشتری نسبت به زئوپلانکتون‌ها برخوردارند [۱۴،۱۴۱]، به طور کلی در اکوسیستم‌های پایدار آب شیرین ، ترتیب غالبیت در بین جوامع زئوپلانکتونی شامل روتیفرها، آنتن منشعب‌ها و پاروپایان است [۵۷].

دریاچه سد زاینده رود به عنوان یکی از مهمترین دریاچه‌های دست ساز فلات مرکزی ایران بخش مهمی از نیازهای آب شهری، روستایی و کشاورزی استان اصفهان و همچنین بخشی از نیاز استان‌های همجوار را تأمین می‌نماید. لذا مطالعه موجودات آبزی و پلانکتون‌های آن علاوه بر اینکه در شناسایی و تنوع زیستی آنها اهمیت دارد، از نظر کنترل کیفی آب نیز حائز اهمیت می‌باشد. مطالعه پلانکتون‌ها در کشور ما بسیار محدود صورت گرفته و بیشتر مطالعات به بررسی وضعیت شیمیایی آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها محدود می‌شوند. دریاچه سد زاینده رود نیز از این قاعده مستثنی نبوده و بررسی‌های اندکی در آن صورت گرفته است. پرویزیان (۱۳۸۱) به بررسی لیمنولوژیکی دریاچه پرداخت. شمس(۱۳۸۵) جوامع فیتوپلانکتونی دریاچه سد زاینده‌رود را مورد بررسی قرار دادند. لذا نیاز به یک مطالعه کامل از جوامع پلانکتونی (اعم از فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) به منظور شناخت تنوع زیستی و اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب دریاچه و مقایسه آن با اطلاعات بدست آمده از مطالعات قبلی برای شناخت هر چه

بهتر این محیط آبی و استفاده از آنها برای پایش کیفیت آب دریاچه و نوع مدیریت آب بیش از پیش احساس می‌شد. همچنین این بررسی زمینه لازم جهت تعیین توان تولید اولیه در دریاچه سد زاینده‌رود را بعنوان یک زیست‌بوم آبی و تفرجگاهی ارزشمند فراهم می‌سازد.

۱-۲- اهداف

مهمترین اهداف این تحقیق شامل موارد زیر می‌باشد:

- شناسایی ترکیب گونه‌ای فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون در دریاچه سد زاینده‌رود در فصول بهار و تابستان
- تعیین فراوانی جوامع فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی در دریاچه سد زاینده‌رود در فصول بهار و تابستان
- بررسی روابط بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب و ترکیب جوامع پلانکتونی در دریاچه سد زاینده رود در فصول بهار و تابستان

فصل دوم
بررسی منابع

۲-۱- پلانکتون

اصطلاح پلانکتون به معنی موجودات شناور و آزاد میکروسکوپی موجود در آب اعم از گیاهی و جانوری است [۲۱]. طبق تعریف هنسن(۱۸۸۷) پلانکتون همه مواد آلی زنده و غیر زنده‌ای که در آب به صورت شناور و یا به صورت غیر فعال در حرکت هستند را شامل می‌شود. امروزه این نام بین همه موجودات زنده میکروسکوپی که در هر عمقی از آب دریا و یا آب شیرین شناور می‌باشند مشترک است. پلانکتون جامعه‌ای متشکل از گیاهان و جانوران است که توانایی حرکتی کافی و مقابله با جریان آب را ندارند [۷]. پلانکتون‌ها بر اساس اندازه، زیستگاه، عمق پراکنش، طول دوره زندگی پلانکتونی و مواردی از این قبیل تقسیم بندی می‌شوند.

۲-۲- فیتوپلانکتون

فیتوپلانکتون‌ها گونه‌های کوچک و اغلب تک سلولی جلبکی را (بسیاری از آنها تشکیل کلنی با تعداد سلول-های متفاوتی را می‌دهند) شامل می‌شود. به عبارت دیگر به گیاهان میکروسکوپی آبزی که از نور برای غذا سازی استفاده می‌کنند فیتوپلانکتون گفته می‌شود. فیتوپلانکتون‌ها در تمامی آب‌ها اعم از شور، شیرین، نمکزارها با مواد غذایی کم و زیاد و حتی در آب‌های سرد قطبی و چشمه‌های آب گرم تا ۸۰ درجه سانتی گراد قادر به زندگی می-باشند [۱۳۰]. جلبک‌ها به طور گسترده در محیط‌های آب شیرین مانند دریاچه‌ها و رودخانه‌ها حضور دارند و نمونه‌ای از وجود ارگانیسم‌های نسبتا مرئی هستند که به کمک میکروسکوپ نوری قابل مشاهده هستند، آنها اهمیت زیادی در محیط‌های آب شیرین دارند. فیتوپلانکتون‌ها در شرایط اکولوژی پایه و هم در ارتباط با استفاده بشر از منابع طبیعی دارای اهمیت زیادی هستند [۶۶].

در ساده‌ترین تقسیم‌بندی، جلبک‌هایی که در آب شناور می‌باشند فیتوپلانکتون نامیده می‌شوند و آن‌هایی که به صورت کفزی بر بستر محیط‌های آبی رشد می‌کنند را بنتوز می‌نامند و بالاخره دسته‌ای که بر روی بسترهای غوطه‌ور در آب به صورت چسبیده رشد می‌کنند به پریفیتون موسومند. به طور کلی فیتوپلانکتون‌ها با قطر کمتر از ۵ میکرومتر تا اشکال کلونی به اندازه یک نخود فرنگی دیده می‌شوند. اکثر فیتوپلانکتون‌ها با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شوند اما هنگام ازدحام یا تراکم رنگ آب را سبز نموده و شفافیت آب دریاچه را کاهش می‌دهند [۲۱]. فیتوپلانکتون‌ها بر اساس اندازه سلول بر حسب میکرومتر با استفاده از پیشوندهای ماکرو-(بزرگتر از ۲۰۰ میکرومتر)، میکرو- (۲۰۰-۲۰ میکرومتر)، نانو- (۲۰-۲ میکرومتر) و پیکو- (۲-۰/۲ میکرومتر) تقسیم‌بندی می‌شوند [۶۶]. برای نشان دادن منشاء

فیتوپلانکتون‌ها از واژه‌های دیگری نیز استفاده می‌شود؛ پلانکتون‌های حقیقی یا یوپلانکتون‌ها، آنهایی هستند که در بیشتر طول زندگیشان به حالت آزاد و شناور دیده می‌شوند. پوتاموپلانکتون، پلانکتون‌های حقیقی یا بومی آب‌های جاری به ویژه رودخانه می‌باشند [۶۱]، این که فیتوپلانکتون رودخانه می‌تواند در آب جاری پایدار بماند مورد شک و تردید است، زیرا به نظر می‌رسد که جریان آب به طرف پایین دست مانع دوام جمعیت آنها می‌شود. به نظر می‌رسد که پلانکتون موجود در رودخانه، نتیجه جابه‌جایی فیتوپلانکتون‌های بنتیک آب‌های حاشیه‌ای و دریاچه‌ها یا آب بندهای واقع در مسیر رودخانه است و انعکاسی از شسته شدن و انتقال هستند تا یک پلانکتون رودخانه‌ای واقعی؛ در حقیقت، مکان‌های فوق منابع اصلی پلانکتون آب رودخانه هستند [۴]. اگر پلانکتونی در جویبار تکثیر شود و جزء لاینفک جامعه شود، الزاما به کند آب‌ها یا رودخانه های بزرگ مربوط می‌شود [۱۲]. تمامی موجودات پلانکتونی مورد بحث پلانکتون واقعی نیستند؛ زیرا برخی از آن‌ها در بستر یا روی گیاهان آبزی در نزدیک حاشیه و کناره آب‌ها زندگی می‌کنند و از طریق جریان‌ها به داخل کشیده می‌شوند که به تیکوپلانکتون‌ها معروفند، گاهی به آنها پلانکتون کاذب هم گفته می‌شود. در محیط‌های آبی مختلف و دریاچه‌ها، فراوانی و تنوع هر یک از این جوامع فیتوپلانکتونی و نقش آن‌ها متفاوت است. در محیط‌های دریایی و آب‌های شیرین ساکن مانند دریاچه‌ها و برکه‌ها، اهمیت فیتوپلانکتون‌ها بیشتر است و در آب‌های شیرین جاری، مثل رودخانه‌ها جلبک‌های کفزی نقش مهمتری دارند [۸۸،۵۰]. در دریاچه‌ها متناسب با عوامل اکولوژی و فاکتورهای محیطی اهمیت هر یک از جوامع تغییراتی می‌یابد و تقویت یا تضعیف می‌شود، به همین منظور مطالعه فلور محیط‌های آبی به ویژه دریاچه‌ها ازجنبه‌های مختلف مهم است [۳۰].

فیتوپلانکتون‌ها اساس بسیاری از شبکه‌های غذایی در محیط‌های آبی می‌باشند و از نظر جهانی در زمره مهمترین تولیدکنندگان اولیه به شمار می‌روند [۴۸]. در بین فیتوپلانکتون‌های دریا دیاتومه‌ها و داینوفلاژله‌ها گونه‌های شاخص هستند در حالی که در آب شیرین، دیاتومه‌ها، داینوفلاژله‌ها، دسمیدها و جلبک‌های سبز-آبی برجسته‌تر می‌باشند. در بعضی مواقع تراکم بیش از حد جلبک‌های پلانکتونی در یک منطقه ممکن است آب را رنگی نمایند و اگر این تراکم در سطح بسیار بالایی باشد به آن شکوفایی جلبکی می‌گویند [۱۲۶].

اگرچه اغلب فیتوپلانکتون‌ها آب منطقه لیمنتیک را به رنگ سبز در می‌آورند ولی در نظر اول توجهی را به خود جلب نمی‌کنند. در حالیکه ممکن است فیتوپلانکتون‌ها بیش از گیاهان ریشه دار در واحد سطح غذا تولید کنند. یکی از صفات مشخص فیتوپلانکتون‌های منطقه لیمنتیک، به ویژه در دریاچه‌های معتدل شمالی، تغییر آشکار تراکم فصلی جمعیت است. این تراکم بسیار زیاد، ناگهانی و کوتاه مدت (شکوفایی) در مقیاس بزرگ در اول بهار و با شدت کمتری در پاییز رخ می‌دهد [۱۲]. تراکم جلبک‌های پلانکتونی تابعی از فصول است. جلبک‌های سیلیسی(دیاتومه‌ها) اغلب در بهار و پاییز غالبند. جلبک‌های سبز در اواخر بهار و اوایل تابستان جامعه غالب راتشکیل می‌دهند. برخی از جلبک‌های پلانکتونی قادرند در بعضی از آب‌ها به میزان زیادی توسعه یابند، که این فراوانی بیش از همه تابع شرایط زیست محیطی از قبیل نور، حرارت و مواد غذایی موجود در آب می‌باشد. جلبک‌های سبز-آبی و جلبک‌های سبز بیشتر آب‌های گرم و غنی از مواد غذایی را ترجیح می‌دهند(به استثنای دسمیدها که آب‌های الیگوتروف را ترجیح می‌دهند). جلبک‌های قرمز اغلب در آب‌های با نور زیاد و حرارت کم دیده می‌شوند. درحالی که دیاتومه‌ها نور کمتر را ترجیح می‌دهند. شرایط زیست محیطی باعث تغییراتی در شکل جلبک‌ها می‌گردد بطوری که پاره‌ای از گونه‌ها در شرایط متفاوت زیستی (مواد غذایی و حرارت) اندازه متفاوتی دارند. برخی از گونه‌ها در آب‌های سرد و مواد غذایی فراوان سلول‌های بزرگتری دارند. ضخامت پوسته دیاتومه‌ها برحسب سیلیس موجود در آب متفاوت است. تشکیل و توسعه سیست‌های مقاوم نیز متاثر از شرایط زیست محیطی است، که با تغییرات تدریجی

مجدد آب باعث انحلال دیواره سیست می‌گردد. بسیاری از جلبک‌های پلانکتونی در تمامی جهان انتشار دارند. از عوامل انتشار می‌توان جریان رودخانه‌ها، پرندگان و یا جانوران را نام برد. باد و آب توازن کشتی‌ها نیز از دیگر عوامل انشار موجودات پلانکتونی و سیست‌هایشان در محیط‌های آبی هستند [۲۱].

جلبک‌های تاژک‌دار سبز که فاقد دیواره سلولی هستند برای بی‌مهرگان منبع غذایی خوبی محسوب می‌شوند. بطور کلی فیتوپلانکتون‌ها و سایر جلبک‌ها برای پرورش نرمتنان دوکفه‌ای و انواع زئوپلانکتون‌ها که به عنوان غذای زنده در آبزی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند و همچنین به عنوان جاذب‌های زیستی و در ساخت دارو، مواد آرایشی و بهداشتی و تولید سوخت زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۳- برخی خصوصیات گروه‌های مهم فیتوپلانکتونی

۲-۳-۱- دیاتومه‌ها(Bacillariophyta)

دیاتومه‌ها دارای پراکندگی وسیعی در اکوسیستم‌های آبی می‌باشند. آغاز پیدایش دیاتومه‌ها به ۱۳۵ میلیون سال قبل بر می‌گردد. فسیل دیواره‌های سلولی آنها به صورت معادن خاک دیاتومیت در نقاط مختلف دنیا وجود دارد. دیاتومه‌ها در دریاها از نظر تغذیه و زنجیره غذایی نقش بیولوژیکی مهمی دارند و حتی برخی از گونه‌های دیاتومه‌ها شاخص‌های مهمی در شناسایی کیفیت آب به شمار می‌روند [۳۴]. دیاتومه‌ها تنها گروهی هستند که دیواره‌های آنها دارای دو بخش مجزای اشباع شده از سیلیس است. این کفه‌ها شامل اپی‌تکا و هیپوتکا هستند که در محل ناحیه کمربندی بر روی همدیگر قرار می‌گیرند [۱۳۶،۸۹]. این قسمت‌ها توسط پیوندهای پکتینی و یا دندانه‌های ریز به یکدیگر متصل می‌شوند که دیواره سیتوپلاسم، واکوئل و هسته را در بر می‌گیرند. کلروپلاست ممکن است شامل یک ساختار مرکب یا تعداد ساختار صفحه مانند باشد. رنگ کلروپلاست در گونه‌های پلانکتونی، زرد- قهوه‌ای است که البته این رنگ‌ها به دلیل وجود کلرفیلa ، c و بتا کاروتن و رنگدانه‌های گزانتوفیلی خاص مانند دیاتوزانتین و فوکوزانتین بر روی کلروفیل می‌باشد. اشکال مختلف دیاتومه‌ها در تشخیص جنس و گونه آنها مهم است. بعضی از دیاتومه‌ها دایره‌ای شکل و دارای تقارن شعاعی هستند مانند *Cyclotella* که به دیاتومه‌های سنتریک معروف‌اند. گروهی شبیه به مثلث‌اند مانند *Triceratium* و تعدادی نیز تقارن دو طرفه دارند مانند *Navicula* که به دیاتومه‌های پینیت معروف می‌باشند و دارای شکاف طولی یا رافه هستند و بعضی از دیاتومه‌ها دارای ساختار بدون نقطه یا خط تقارن می‌باشند مانند *Eunotia* [۱۸]. دیاتومه‌ها از طریق تقسیم سلولی زیاد می‌شوند. اغلب جلبک‌های سیلیسی قادرند املاح زیاد در آب را تحمل کنند اما از آب‌های با pH اسیدی اجتناب می‌کنند. رابطه آشکاری بین نسبت مواد غذایی و ساختمان پوسته در بسیاری از گونه‌ها وجود دارد. با مطالعه پوسته باقیمانده دیاتومه‌ها از هزاران سال قبل در رسوبات دریاچه‌ها می‌توان به شرایط زیست محیطی حاکم بر دریاچه پی‌برد.

۲-۳-۲- داینوفلاژله‌ها(Dinophyta)

این گونه در آب‌های اقیانوس‌ها و سایر محیط‌های آبی گسترش قابل توجهی دارند اگر چه بعضی از آن‌ها بدون رنگ می‌باشند و نمونه‌های انگلی نیز در بین آن‌ها یافت می‌شوند اما غالبا تک سلولی و اتوتروف می‌باشند. یک شیار عرضی در سلول آن را به دو بخش اپی‌کون و هایپوکون تقسیم می‌کند. این سلول‌ها دارای دو تاژک هستند که در فاصله نزدیکی از هم در هر سلول خارج می‌شوند. یکی از آنها در غلافی در قسمت خلفی سلول قرار دارد و باعث حرکت طولی می‌شود، دیگری روبانی شکل بوده و به طور متقاطع از غلاف دیگری خارج می‌شود و در ناحیه شیار