Archive of SID

فصلنامه علمی- پژوهشی زیست‌شناسی میکروارگانیسم‌ها
سال اول، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، صفحه ۱۱-۲۲
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۲۷ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۱۸

کاربرد تکنیک رسته‌بندی در بررسی جمعیت دیاتومه‌ها و ارتباط آنها با عوامل محیطی (مطالعه موردی: رودخانه ماسوله رودخان)

مسلم شریفی نیا: کارشناس ارشد بوم‌شناسی آبزیان، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران، moslem.sharifinia@yahoo.com*
جاوید ایمانپور نمین: استادیار اکولوژی آب‌های جاری، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران، javidiman@gmail.com
زهره رمضانپور: استادیار اکولوژی آب‌های جاری، انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری ، گیلان، ایران، zohreh66@gmail.com

چکیده

مقدمه: جمعیت دیاتومه‌های کفزی دارای تنوع بالا و پراکنش جهانی و به طور پیوسته تحت تاثیر عوامل محیطی هستند. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر عوامل محیطی و عامل‌های فیزیکی شیمیایی آب بر جمعیت دیاتومه‌های یکی از انشعابات ماسوله رودخان در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۸۹ انجام شد.

مواد و روش‌ها: نمونه‌ها از سطح بسترهای طبیعی اپی لیتون، اپی دندرون، اپی پسامون و اپی پلون از رودخانه ماسوله رودخان با عرض شمالی ۲۲ °۳۷ تا ۲۳ °۳۷ و طول شرقی ۱۷ °۴۹ تا ۱۹ °۴۹ واقع در شمال ایران (غرب استان گیلان) جمع آوری شدند. در مسیر رودخانه ۵ ایستگاه در یک محدوده ۱۵ کیلومتری برای نمونه‌برداری انتخاب شد. نمونه‌ها پس از شستشو با نیتریک‌اسید و تهیه اسلاید با استفاده از میکروسکوپ نوری بررسی شدند.

نتایج: در این مطالعه ۲۳ جنس دیاتومه شناسایی شدند. براساس نتایج حاصل از تحلیل (CCA)، اسیدیته و آهن با جنس‌های *Diploneis*، *Gomphonema*، *Cymbella* و *Surirella* همبستگی منفی و با جنس‌های *Amphora*، *Achnanthes*، *Diatoma*، *Melosira*، *Nitzschia*، *Cymatopleura* و *Rhoicosphenia* همبستگی مثبتی را نشان دادند (P< ۰/۰۵.) همچنین اسیدیته، هدایت الکتریکی و نیترات با جنس‌های *Synedra*، *Navicula*، *Rhopalodia* و *Gyrosigma* همبستگی منفی و با جنس‌های *Nitzschia*، *Reimeria* و *Cocconeis* همبستگی مثبت داشتند (P< ۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری: تاثیر عامل شوری و دمای آب بر جمعیت دیاتومه‌ها (گروه ۱: *Cymbella*; *Surirella*; *Gomphonema*; *Diploneis*; *Cocconeis*) نسبت به سایر عوامل بیشتر بوده، عواملی مانند اسیدیته، آهن (Fe^{2+}) و سیلیکات (SiO_2) از لحاظ اهمیت در رتبه بعدی قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: رسته بندی، عامل‌های فیزیکی شیمیایی، دیاتومه، CCA

* نویسنده مسؤول مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

دیاتومه‌ها متعلق به رده باسیلاریوفیسه[1] و شاخه باسیلاریوفیتا[2]، میکروارگانیسم‌هایی یوکاریوت، اتوتروفیک و با پراکنش جهانی هستند. این ارگانیسم‌ها هم به‌صورت منفرد و هم کلنی شکل (به شکل زنجیره‌ای) هستند (۱ و ۲). بارزترین خصوصیت این ارگانیسم‌های تک سلولی، داشتن دیواره سلولی از جنس سیلیس است که از دو صفحه تشکیل شده، فروستل نامیده می‌شود (۱ و ۳).

دیاتومه‌ها یک ارتباط پایه و بنیادی بین تولیدکنندگان اولیه و ثانویه تشکیل می‌دهند. خصوصیات سلولی آن‌ها مانند دیواره سلولی (فروستل)، رنگدانه‌های فتوسنتیک منحصر به‌فرد و ذخیره کردن روغن و کریزولامینارین، آن‌ها را در بین جلبک‌ها متمایز می‌سازد (۴).

دیاتومه‌ها دارای پراکنش جهانی و به‌طور معمول در همه آب‌های شیرین، شور و لب‌شور زیست می‌کنند. مدت زمان کوتاه لازم برای تشکیل کلنی دیاتومه‌ها و واکنش سریع به تغییرات محیطی، آن‌ها را به‌عنوان شاخص‌های مناسبی برای بیان تغییرات موجود در زیستگاه‌های آبزی معرفی می‌کند (۵). طبیعت و اجزای آن دارای روابط پیچیده و خاصی هستند. پی بردن به ساختار این روابط نیازمند بررس دقیق نیازهای بوم شناختی هر گونه و عوامل محدود کننده محیطی آن گونه است. پی بردن به این عوامل به تحلیل‌های آماری نیازمند است (۶ و ۷). دستیابی به تصویری از مجموع گونه‌ها در کنار مجموعه عوامل محیطی موجب شد تا تحلیل‌های چند متغیره در سال ۱۹۵۰ ابداع شوند که جایگزین تحلیل رگرسیون ساده شدند (۸ و ۹). هدف نهایی تحلیل رسته‌بندی (چند متغیره)، نشان دادن معنی‌داری یا عدم معنی‌داری اثر عوامل محیطی و تعیین نوع ومیزان اثر عوامل محیطی بر روی گونه‌ها و جوامع مختلف است (۱۰).

مطالب ذکر شده، اهمیت نقش عوامل محیطی را بر روی جمعیت دیاتومه نشان می‌دهد. هدف از انجام این مطالعه، بررسی تأثیر عوامل فیزیکی شیمیایی آب بر روی جمعیت دیاتومه‌های کفزی رودخانه ماسوله است. این مطالعه، به بررسی مهم‌ترین عامل‌های تعیین کننده و مؤثر بر پراکنش جمعیت دیاتومه‌ها با استفاده از روش‌های رسته‌بندی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز رودخانه ماسوله رود در غرب استان گیلان و بین حوزه‌های پلنگ‌ور، گشت رودخان و دشت فومنات و استان زنجان قرار دارد. موقعیت جغرافیایی منطقه در ۳۷°۰۳ تا ۳۷°۲۳ عرض شمالی و ۴۹°۰۹ تا ۴۹°۵۴ طول شرقی واقع شده است. مساحت حوضه حدود ۲۲۷/۷۲ کیلومتر مربع است. شیب متوسط حوضه مورد مطالعه، ۴۳/۴۵ درصد، ارتفاع متوسط از سطح دریا ۱۴۳۶ متر و میانگین بارندگی ۲۰ ساله برابر با ۱۰۶۷ میلی‌متر در سال تعیین شده است (۱۱). از رودخانه‌های مستقل زیر حوضه طالش-انزلی که در غرب مرکز شهرستان‌های صومعه سرا و فومن جریان دارد، دو رودخانه امام زاده هاشم و خلیل دشت در دو کیلومتری غرب شهر ماسوله به هم پیوسته، این رودخانه را تشکیل می‌دهند. با عبور از جنوب شهر ماسوله در نهایت به تالاب انزلی می‌ریزد. منبع تغذیه رودخانه نزولات جوی و از ماسوله تا جنوب آبادی کاس‌سرا که رودخانه وارد جلگه می‌شود. در جهت غرب به شرق و از جنوب این آبادی تا مصب در جهت غرب به شمال شرق جریان دارد. طول رودخانه ۷۱ کیلومتر، شیب متوسط بستر آن در کوهستان ۵ درصد و در جلگه ۰/۵ درصد است. در مناطق بی‌کربنات کلسیک، بیکربناته سولفاته به شکل پراکنده و ناپیوسته، بی کربناته در سازندهای سیلیکاته و بی کربناته

www.SID.ir

Archive of SID

جریان دارد (۱۲) (شکل ۱).

در این مطالعه پنج ایستگاه، برای نمونه‌برداری از بسترهای مختلف در یکی از انشعابات رودخانه ماسوله واقع در غرب استان گیلان انتخاب شدند (شکل ۱). ایستگاه‌های مورد نظر براساس معیارهای زیر انتخاب شدند: ۱) دسترسی آسان برای نمونه‌برداری و حمل نمونه‌ها؛ ۲) دور بودن از دسترسی و دیگر فعالیت‌های انسانی ۳) وجود Riffle یا Pool در هر ایستگاه؛ ۴) عمق نمونه‌برداری (کمتر از ۵۰ سانتی‌متر) (۱۳). نمونه‌برداری دیاتومه‌ها دریک طول ۱۵ کیلومتری و پنج ایستگاه طی یک دوره ۹ ماهه (در بهار به‌علت سیلابی بودن نمونه‌برداری نداشتیم) انجام شد.

شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نقشه منطقه مطالعاتی رودخانه ماسوله – گیلان (۹۰-۱۳۸۹)

نمونه‌برداری از آب و دیاتومه‌ها

نمونه‌برداری از سطح بسترهای سنگی، چوبی، شنی و گلی (بسترهای نرم حاشیه رودخانه) رودخانه ماسوله سه بار در طی فصل‌های تابستان، پاییز و زمستان انجام شد. در هر ایستگاه، نمونه‌ها با سه تکرار از هر بستر جمع‌آوری شدند. بسترهای اپی لیتیک یا سنگی، ابتدا برای پاک شدن از گل و لای با آب شسته شده، و سپس با استفاده از یک کاردک تیز (اسپاتول) نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌های اپی پسامیک از نواحی که دارای جریان آرامی بودند، از طریق ریختن ماسه در داخل ظرف نمونه و تکان دادن آن برای جدا شدن نمونه‌های مورد نظر، جمع‌آوری شدند (۱۳). نمونه‌های جمع‌آوری شده، با فرمالین دو درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های دیاتومه با استفاده از میکروسکوپ نوری و با بزرگ نمایی ۱۰۰۰X شناسایی شدند. برای شناسایی گونه‌های دیاتومه از کلیدهای شناسایی کرامر و لانگ برتالوت[۳] (۱۴) استفاده شد. بر روی هر اسلاید ۳۰۰ تا ۵۰۰ والو شمارش شدند (۱۳). با استفاده از دوربین دیجیتالی الیمپوس دی پی ۱۲[۴] از نمونه‌های مشاهده شده عکس‌برداری نیز انجام شد (شکل ۴، ۵ و ۶ ضمیمه). دما و اسیدیته با دستگاه جنوی ۳۷۰[۵] و هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه جنوی ۴۷۰[۶] در هر ایستگاه، اندازه‌گیری شد. غلظت نیترات، اورتو فسفات، سیلیس و آهن نیز با استفاده از فتومتر مدل پی سی مولتی دایرکت[۷] در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند.

تجزیه تحلیل آماری داده‌ها

در ابتدا از تحلیل تطبیقی قوس‌گیری شده، که نوع روش رسته‌بندی غیرمستقیم است، استفاده شد تا طول گرادیان به دست آید (درصورتی که طول گرادیان بیش از ۱/۵ باشد، از CCA استفاده می‌شود) (۱۵). سپس تجزیه CCA[۸] با ۹۹۹ تبدیل انجام شد (۱۶)، چون پیشنهاد شده است که از DCA[۹] و CCA با یکدیگر استفاده شود تا ارزیابی شود که چه مقدار از تغییرات گونه‌ها توسط داده‌های محیطی قابل محاسبه‌اند (۱۶ و ۱۷). با انجام آزمون مونت کارلو معنی‌داری میزان تبدیل برای تجزیهٔ تطبیقی متعارفی ارزیابی شد (۱۸ و ۱۹). در صورت معنی‌داری مدل، دیاگرام دوبعدی گونه عوامل محیطی

www.SID.ir

Archive of SID

ترسیم و تشریح شد. DCA و CCA به کمک نرم افزار پی‌سی‌اورد[10]، انجام شد.

نتایج

مشخصات جنس‌های دیاتومه شناسایی شده در دوره مطالعه

بر اساس بررسی‌های انجام شده در این تحقیق، در مجموع ۲۳ جنس از شاخه باسیلاریوفیتا شناسایی شدند که طبق شمارش‌های انجام شده جنس *Nitzschia* در تمام فصول و ایستگاه‌ها غالب بود. فهرست دیاتومه‌های شناسایی شده در رودخانه ماسوله رود در جدول ۱ (فراوانی نسبی ± SD) ارایه شده است. جنس‌های غالب دیاتومه در فصل تابستان به ترتیب شامل *Nitzschia*، *Thalassiosira*، *Cymbella* و *Navicula* (۶/۵ ±۲۲/۲، ۱۱ ±۱۱/۷، ۶/۴ ±۱۰/۶۸، ۶/۱ ±۱۰/۶۶) بودند. جنس‌های غالب دیاتومه در فصل پاییز به ترتیب شامل *Nitzschia* و *Navicula* (۶/۳ ±۳۸/۶۲ و ۴/۵ ±۹/۷۴) بودند. در فصل زمستان فراوانی جنس *Thalassiosira* به‌شدت کاهش یافت و جنس‌های *Melosira* و *Rhoicosphenia* افزایش یافتند. در این فصل جنس‌های غالب به ترتیب شامل *Nitzschia*، *Navicula*، *Rhoicosphenia* و *Melosira* (۳/۶ ±۳۳/۵۴، ۴/۱ ±۹/۸۴، ۵/۳ ±۷/۰۸ و ۴/۶ ±۶/۱۶) بودند.

جدول ۱- جنس‌های شناسایی شده و ثبت شده (فراوانی نسبی ± SD) در پنج ایستگاه مورد مطالعه رودخانه ماسوله رود (گیلان –ایران)

جنس	تابستان		پاییز		زمستان	
	میانگین	±انحراف معیار	میانگین	±انحراف معیار	میانگین	±انحراف معیار
Thalassiosira sp.	۱۱/۷	۱۱	۶/۵	۴	۲/۲	۰/۸
Cocconeis sp.	۵/۸۴	۴/۷	۶/۱۶	۵/۹	۵/۷۶	۲
Amphora sp.	۳/۶۸	۳/۱	۴/۸	۳/۸	۰/۴۶	۴/۱
Pleurosira laevis	۴/۳۸	۴/۹	۰/۷۴	۱/۱	۰/۰۶	۰/۱
Nitzschia sp.	۲۲/۲	۶/۵	۳۸/۶۲	۶/۳	۳۳/۵۴	۳/۶
Gyrosigma sp.	۱/۹۴	۱	۲/۴۸	۱/۹	۱/۸	۰/۵
Synedra sp.	۲/۷۲	۲/۴	۰/۷۶	۰/۷	۳/۱۶	۱/۹
Surirella sp.	۳/۷۴	۲	۲/۲۶	۰/۷	۳/۳۸	۱/۳
Achnanthes sp.	۱/۱۸	۱/۴	۵/۰۶	۲/۳	۴/۱۴	۱/۷
Diploneis sp.	۳/۱۶	۱/۵	۳/۶	۱/۱	۲/۰۲	۱/۶
Gomphonema sp.	۳/۹۶	۲/۷	۱/۵۴	۰/۸	۲/۷۶	۱/۴
Cyclotella sp.	۵/۱	۷/۱	۰/۶۶	۰/۹	۱/۴	۰/۴
Caloneis sp.	۰/۴۲	۰/۶	۰/۵۸	۰/۷	۰	۰
Cymbella sp.	۱۰/۶۸	۶/۴	۳/۶۲	۱/۷	۳/۴	۲/۲
Navicula sp.	۱۰/۶۶	۶/۱	۹/۷۴	۴/۵	۹/۸۴	۴/۱
Reimeria sp.	۰/۸۲	۱/۱	۱/۷۴	۰/۷	۰/۹۴	۰/۹
Cymatopleura sp.	۰/۰۴	۰/۱	۰/۴۶	۱	۰/۳	۰/۴
Rhopalodia sp.	۱/۸۴	۲/۲	۰	۰	۰/۷۶	۰/۳
Rhoicosphenia sp.	۰	۰	۲/۳۸	۰/۶	۶/۱۶	۴/۶
Melosira sp.	۲/۲۶	۱/۱	۰/۲	۰/۴	۷/۰۸	۵/۳
Diatoma sp.	۱/۳	۱/۶	۴/۰۴	۰/۸	۲/۱	۱/۸
Pinnularia sp.	۰	۰	۰/۸۲	۱/۱	۰	۰
Fragilaria sp.	۰	۰	۱/۵۸	۱/۸	۲/۸۶	۱/۱

www.SID.ir

Archive of SID

ارتباط بین جنس‌های دیاتومه با متغیرهای محیطی و فیزیکی شیمیایی آب (تحلیل رسته‌بندی CCA)

اهمیت نسبی شاخص‌های محیطی برای توضیح جنس‌های دیاتومه در نواحی جغرافیایی مختلف، متفاوت است. شکل ۲ نتایج رسته‌بندی CCA است که ارتباط بین جنس‌های دیاتومه‌ها با متغیرهای محیطی را نشان می‌دهد. مقادیر ویژه برای محور اول، دوم و سوم CCA (۰/۱۳۲، ۰/۰۳۷و ۰/۰۲۳) و با واریانس کل ۰/۳۰۴۷ است که محور اول و دوم برای دیاتومه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). در مجموع، ۶۲/۹ درصد از کل واریانس در جنس‌های دیاتومه توسط سه محور اول توضیح داده می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل (CCA)، اسیدیته و آهن با جهت منفی محور اول همبستگی مثبت نشان دادند ($P<0/05$). همچنین اسیدیته، هدایت الکتریکی و نیترات دارای همبستگی با جهت منفی محور دوم بودند ($P<0/05$). عامل‌های دما و شوری با جهت مثبت محور یک همبستگی معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳).

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل CCA نشان می‌دهد که میزان عامل شوری و دمای آب در طول محور اول بالاتر از سایر عوامل قرار داشته، عواملی مانند اسیدیته، آهن و سیلیکات دارای مقادیر بعدی در طول این محورند که نشان می‌دهد محور اول وابستگی بیشتری به شوری و دمای آب دارد، در حالی که محور دوم، بیشترین مقادیر را در ارتباط با عوامل هدایت الکتریکی، نیترات کل و ارتفاع از سطح دریا دارد.

آزمون مونت کارلو برای تعیین همبستگی گونه با محیط نیز مبین معنی‌داری رابطهٔ عوامل محیطی با جنس‌ها بوده است ($P>0/05$). نمودار پراکنش جنس‌های دیاتومه تحت تأثیر عوامل محیطی که در تجزیه و تحلیل CCA ترسیم شده با نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل DCA هم‌خوانی داشته (شکل ۳)، نشان می‌دهد که تقسیمات گروهی جنس‌ها در قالب گروه و تحت تأثیر عوامل محیطی به صورت زیر است:

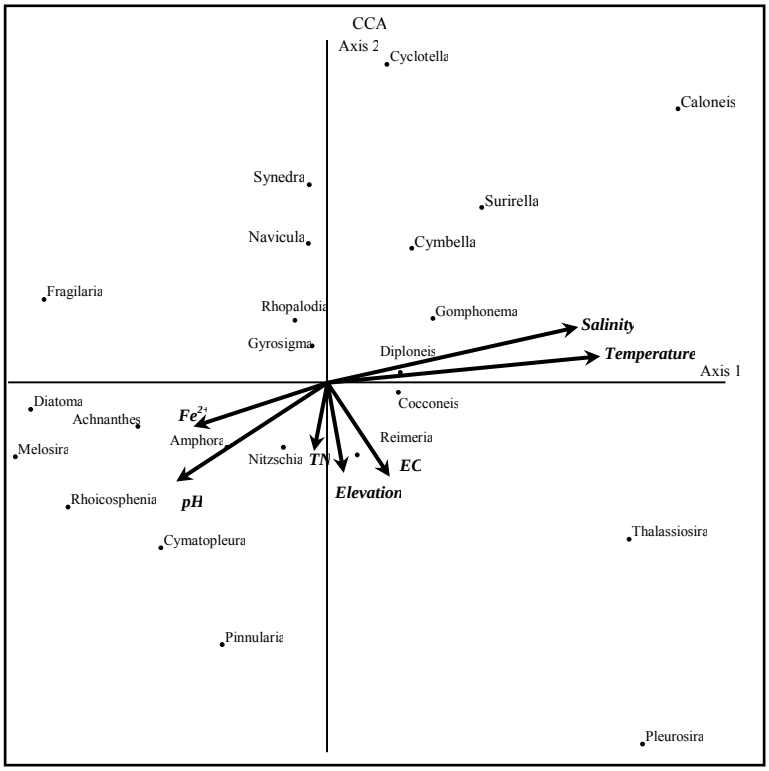
جنس‌های گروه اول در راستای محور اول قرار گرفته اند و هم جهت با بردارهای دما و شوری آب هستند، ولی در جهت مخالف بردارهای آهن و اسیدیته آب واقع شده اند که نشان دهنده همبستگی آن‌ها با این عوامل است. جنس‌های گروه دوم بر روی محور دوم و در جهت مخالف بردارهای نیترات و هدایت الکتریکی و ارتفاع از سطح دریا واقع شده اند که نشان دهنده همبستگی آن‌ها با این عوامل است. در گروه سوم و پنجم، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر جنس‌های این گروه آهن و اسیدیته آب است. در گروه چهارم، جنس‌های این گروه در راستای محور دوم قرار گرفته اند و هم جهت با بردارهای نیترات و هدایت الکتریکی و ارتفاع از سطح دریا هستند.

جدول ۲- خلاصه نتایج آزمون CCA برای فراوانی جنس‌های دیاتومه و ۹ عامل محیطی در دوره مطالعه. محورهای ۱ و ۲ با توجه به روش مونت – کارلو (Monte–Carlo permutation) اختلاف معنی‌داری داشتند.

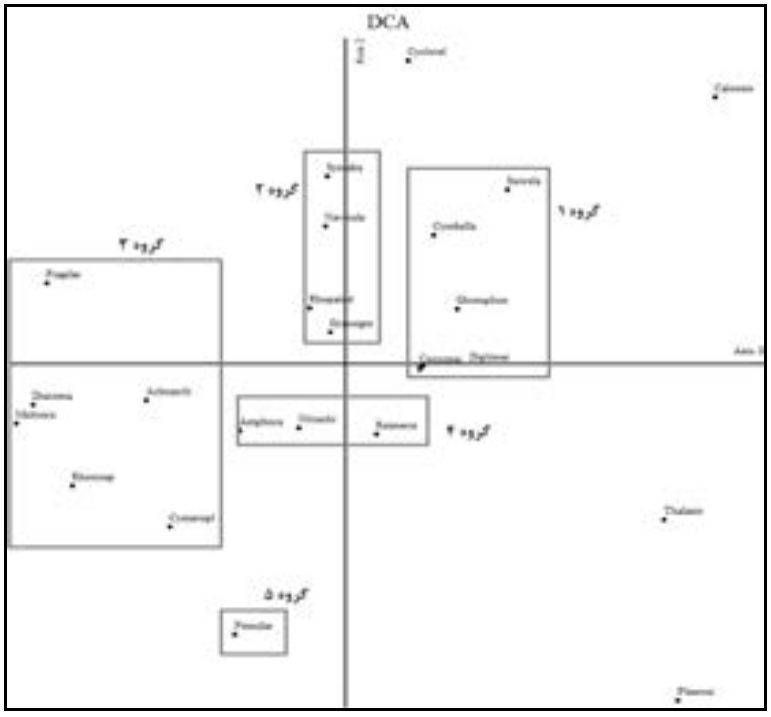
	محور ۱	محور ۲	محور ۳	واریانس کل
				۰/۳۰۴۷
مقدار ویژه (Eigenvalue)	۰/۱۳۲	۰/۰۳۷	۰/۰۲۳	
درصد واریانس (Explained in taxa data)	۴۳/۲	۱۲/۱	۷/۷	
درصد واریانس تجمعی	۴۳/۲	۵۵/۳	۶۲/۹	
همبستگی پیرسون	۰/۹۷۸	۰/۹۴۸	۰/۹۶۶	
مقدار P	۰/۰۰۱۰	۰/۰۲۰۰	۰/۸۴۲۸	

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- همبستگی عوامل محیطی و جنس‌های دیاتومه برای محورهای اول و دوم در تجزیهٔ CCA



شکل ۳- نمودار گروه‌بندی جنس‌های دیاتومه در منطقهٔ مورد مطالعه با تحلیل DCA

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین متغیره‌های محیطی و محورهای CCA

متغیر	محور ۱	محور ۲	محور ۳
اسیدیته	- ۰/۶۸۱	-۰/۶۰۹	۰/۲۷۳
هدایت الکتریکی	۰/۴۱۸	-۰/۵۳۶	-۰/۱۳۳
ارتفاع از سطح دریا	۰/۲۰۳	-۰/۵۷۹	۰/۱۷۸
شوری	۰/۸۶۳	۰/۲۹۹	۰/۰۱۶
نیترات کل (TN)	- ۰/۰۹۰	-۰/۵۵۷	۰/۱۳۴
فسفات کل (TP)	- ۰/۱۵۲	- ۰/۴۶۷	۰/۳۲۶
سیلیکات (SiO_2)	- ۰/۲۰۶	۰/۳۱۰	- ۰/۱۰۲
دمای آب	۰/۸۹۵	۰/۱۵۰	۰/۰۳۶
آهن (Fe^{2+})	- ۰/۶۳۳	-۰/۳۳۰	۰/۲۴۸

تذکر: مقادیر پر رنگ شده مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر جنس‌های دیاتومه بودند.

بحث

طبق نتایج این مطالعه که در فصول تابستان، پاییز و زمستان در طول مسیر رودخانه ماسوله انجام گرفت، ۲۳ جنس شناسایی شد (شکل‌های ۴، ۵ و۶ پیوست). جنس‌های دیاتومه شناسایی شده برای نخستین بار از رودخانه ماسوله شناسایی شدند و تا حدودی با فلور رودخانه‌های تجن و جاجرود مشابهت داشتند (۲۰ و ۲۱). جنس‌های *Nitzschia*، *Navicula*، *Thalassiosira*، *Cocconeis*، *Cymbella*، *Achnanthes*، *Surirella* و *Amphora* فراوانی بیشتری را در ایستگاه‌ها و فصول مختلف نسبت به سایر جنس‌ها داشتند. در بیشتر بررسی‌های فلوریستیکی انجام شده در رودخانه‌های دنیا چنین وضعیتی مشاهده شده است (۲۲ و ۲۵). همچنین، جنس‌هایی مانند *Melosira*، *Rhoicosphenia*، *Diploneis*، *Diatoma* و *Synedra* از انتشار وسیعی برخوردار بودند که با فلور اکثر رودخانه‌های دنیا مشابهت دارد (۲۶ و ۲۷). برای مثال، رومر و همکارانش[11] (۲۸) جنس *Cymbella* را به عنوان عوامل اصلی ایجاد ساختار اجتماع اپی فیتونی که بر روی گیاهان عالی موجود در رودخانه رشد می‌کنند، معرفی نمودند. این جلبک‌ها از طریق پایه‌های موسیلاژی فضای بیشتری برای سایر جلبک‌های اپی لیتونی ایجاد می‌نمایند. در ایستگاه‌های مختلف فراوانی جنس‌های دیاتومه بنتیک در فصول مختلف متفاوت بود. در میان جنس‌های مختلف جنس‌های *Nitzschia* و *Navicula* در تمام ایستگاه‌های رودخانه غالب بودند. این نتایج با یافته‌های عطازاده و همکاران (۲۹) و لوبو و همکاران[12] (۳۰)، مطابقت دارد. دیاتومه‌های کفزی مانند *Nitzschia* و *Navicula* هم می‌توانند متحرک باشند و هم به شکل موقت از طریق مواد موسیلاژی به بستر بچسبند و از شسته شدن توسط جریان جلوگیری کنند (۳۱). در بعضی موارد جنس‌هایی از جلبک‌ها که در شرایط طبیعی کوچکتر بوده و قابل رقابت با سایر جنس‌ها نبودند، در شرایطی که جمعیت‌ها در معرض استرس‌های شیمیایی قرار می‌گیرند، به جنس‌های غالب تبدیل می‌شوند (۳۲). مقاومت جنس‌های *Nitzschia*، *Diatoma*، *Surirella*، *Achnanthes*، *Cymatopleura* و *Rhoicosphenia* در برابر فلزات باعث می‌شود که فراوانی جمعیت آن‌ها نسبت به جنس‌های حساس به آلودگی فلزات بیشتر شده، در رقابت با آن‌ها از شانس بیشتری برای بقا و پایداری در اکوسیستم برخوردار باشند (۳۳).

با توجه به نتایج به‌دست آمده، حداقل تعداد جنس‌های شناسایی شده در ایستگاه ۱ فصل تابستان (۱۵ جنس) و حداکثر آن‌ها در ایستگاه ۳ فصل زمستان (۲۳ جنس) ثبت شد. تنوع جمعیت‌ها می‌تواند به وسیله عامل‌های محلی (مانند رقابت، شرایط غیرزیستی) و یا توسط عامل‌های منطقه ای (مانند تغییرات آب و هوایی، ارتفاع از سطح دریا و مهاجرت) کنترل و تنظیم شوند

www.SID.ir

Archive of SID

(۳۴). رشد و نمو دیاتومه‌ها در رودخانه تحت تأثیر عوامل متعددی است که بر فراوانی و تنوع آن‌ها تاثیر می‌گذارند. بسیاری از دیاتومه‌ها نسبت به افزایش و تغییرات یک ماده خاص مقاوم هستند و حضورشان در محیط حاوی یک ماده خاص، آن‌ها را به عنوان دیاتومه‌های شاخص آن ماده مطرح می‌نماید. بنابراین، تعداد دیاتومه‌ها و ترکیب تاکسونومیک آن‌ها نشان دهنده تغییر کیفیت آب است. برخی از جنس‌های دیاتومه نیز نسبت به مواد آلاینده حساس اند و در آب‌های آلوده، ناپدید می‌شوند. آلاینده‌ها با تغییر در اندازه جمعیت دیاتومه‌ها باعث کاهش تنوع، پیچیدگی وثبات اجتماعات جلبکی می‌شوند (۳۵ و ۳۶).

در این مطالعه، نتایج تحلیل تطبیقی متعارف نشان داد که عوامل محیطی اثر معنی‌داری بر پراکنش جنس‌های دیاتومه دارند. شناخت عامل محیطی مؤثر بر پراکنش دیاتومه‌های بنتیک، در مطالعه جوامع گیاهی مؤثر بوده، کمک شایانی به مدیران در اتخاذ تدابیر مدیریتی مناسب می‌نماید. ترکیب جوامع دیاتومه و خصوصیات جنس‌ها در هر گروه از ایستگاه‌ها در رودخانه ماسوله با سایر مطالعات انجام شده در سایر رودخانه‌های دنیا مطابقت داشت (۳۷ و ۳۹). جوامع دیاتومه‌های کفزی توسط عامل‌های متعددی، از جمله کاربری اراضی و وضعیت‌های خاص هر ایستگاه در مقیاس‌های زمانی و مکانی کنترل می‌شوند (۴۰ و ۴۱). توزیع دیاتومه‌ها نه تنها به خصوصیات فیزیکی شیمیایی و سایر مواد مغذی آب حساس است، بلکه سرعت آب و نوع بستر نیز مؤثرند (۳۸ و ۴۰). در این مطالعه مقادیر ویژه برای محورهای اول، دوم و سوم CCA (۰/۱۳۲، ۰/۰۳۷و ۰/۰۲۳) و با واریانس کل ۰/۳۰۴۷ برای دیاتومه‌ها معنی دار بود. در مجموع، ۶۲/۹ درصد از کل واریانس در جنس‌های دیاتومه توسط سه محور اول توضیح داده می‌شود.

آنچه از نتایج این تحقیق بر می‌آید، بیانگر ارتباط ویژه ای است که بین خصوصیات فیزیکی شیمیایی و پراکش جنس‌ها در منطقه مورد مطالعه وجود دارد و از بین خصوصیات فیزیکی شیمیایی شوری، دمای آب، هدایت الکتریکی، اسیدیته، آهن، نیترات کل و ارتفاع از سطح دریا سهم عمده و میزان سیلیکات و فسفات آب نقش کمتری در تشکیل گروه‌های اکولوژیک دارند. به‌طور کلی، دیاتومه‌ها به‌عنوان شاخص‌هایی برای نشان دادن تغییرات ایجاد شده در شیمی آب سیستم‌های رودخانه ای شناخته شده‌اند (۴۲). با توجه به اینکه آب‌های جاری محیط‌هایی به سرعت قابل تغییر هستند، لذا می‌توانند زیستگاه‌های متعددی برای میکروارگانیسم‌های آبزی فراهم کنند (۴۳). با توجه به انجام طبقه‌بندی منطقه‌ای جویبارها در سراسر جهان، اطلاعات درباره ارتباط آن‌ها با جمعیت‌های زیستی آب‌های شیرین کم است (۴۴). حضور گونه‌ها در هر زیستگاهی به قابلیت سازگاری آن‌ها در برابر تغییرات محیطی مانند شیمی آب (بویژه، اسیدیته، هدایت الکتریکی و مواد مغذی)، نوع بستر، سرعت آب و نور قابل دسترس وابسته است. بیشتر این شاخص‌ها به خصوصیات اکولوژیک منطقه، مانند آب و هوا، زمین‌شناسی و کاربری اراضی بستگی دارند (۴۵ و ۴۶). استفنسون در سال ۱۹۹۷ اهمیت این شاخص‌ها در ساختار جنس‌های دیاتومه را بیان کرد. عامل‌های مکانی مانند اسیدیته، سرعت آب و فعالیت‌های انسانی به‌طور مستقیم بر روی حضور جنس‌ها و در نتیجه ساختار جمعیت آن‌ها مؤثر است.

مطالعات بر روی پاسخ‌ها یا عکس‌العمل دیاتومه‌های دریایی به عامل‌های فیزیکی شیمیایی نیز نشان داده‌اند که

www.SID.ir

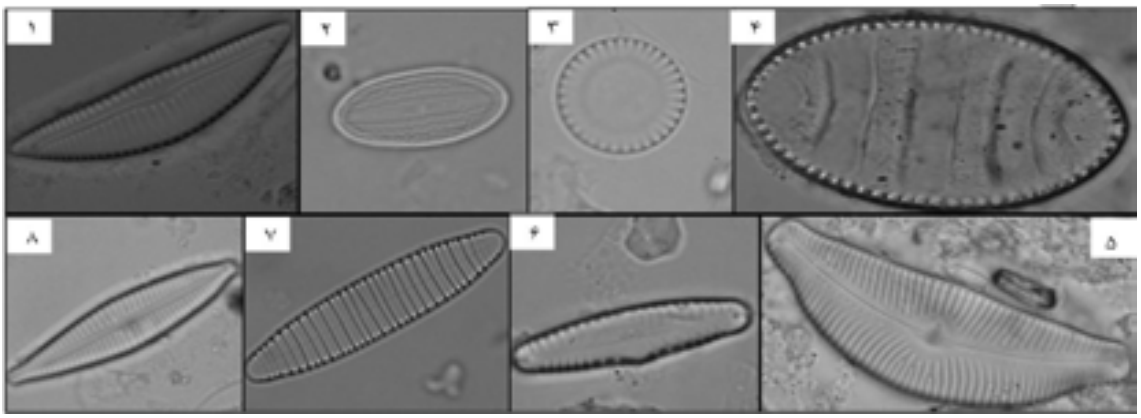
Archive of SID

این عامل‌ها می‌توانند تشکیل کلنی دیاتومه‌ها را تحت تاثیر قرار دهند (۴۷). نتایج نشان می‌دهند که توزیع جنس‌های دیاتومه در رودخانه ماسوله رودخان با تغییر عامل‌های فیزیکی شیمیایی آب مانند آهن، هدایت الکتریکی، فسفات، نیترات و سیلیکات وابسته است ($P<0.05$). این نتایج با مطالعات قبلی بر روی جنس *Nitzschia* که با افزایش غلظت فلزات، فراوانی نسبی این گونه‌ها نیز افزایش یافته بود، مطابقت دارد (۴۸). کلی و وایتون[۱۳] (۴۹)، بیان کردند که افزایش گونه‌های *Navicula* sp. به تراکم مواد آلی و یوتریفیکاسیون وابسته است. تراکم گونه‌های *Navicula* sp. همچنین به غلظت فلزات روی و کادمیوم بستگی دارد (۵۰).

نتیجه‌گیری کلی

تغییرات کیفیت آب در طول رودخانه ماسوله رودخان در طی این مطالعه مشاهده شد، که این تغییرات روی ترکیب جمعیتی دیاتومه‌های کفزی تأثیرگذار بوده است، به طوری که تغییر ساختار جمعیت و فراوانی جنس‌ها، به عنوان یک معرف در توصیف تغییرات عناصر آب استفاده می‌شود. شناخت عامل محیطی مؤثر بر پراکنش دیاتومه‌های کفزی در مطالعه جوامع گیاهی مؤثر بوده، کمک شایانی به مدیران در اتخاذ تدابیر مدیریتی مناسب می‌نماید. به طور خلاصه می‌توان این گونه بیان نمود که جمعیت دیاتومه رودخانه ماسوله متاثر از عوامل فیزیکی شیمیایی آب است و از بین خصوصیات فیزیکی شیمیایی شوری، دمای آب، هدایت الکتریکی، اسیدیته، آهن و نیترات کل سهم عمده و میزان سیلیکات و فسفات آب نقش کمتری در تشکیل گروه‌های اکولوژیک دارند. به‌طور کلی، دیاتومه‌ها به‌عنوان شاخص‌هایی برای نشان دادن تغییرات ایجاد شده در شیمی آب سیستم‌های رودخانه‌ای مناسب هستند.

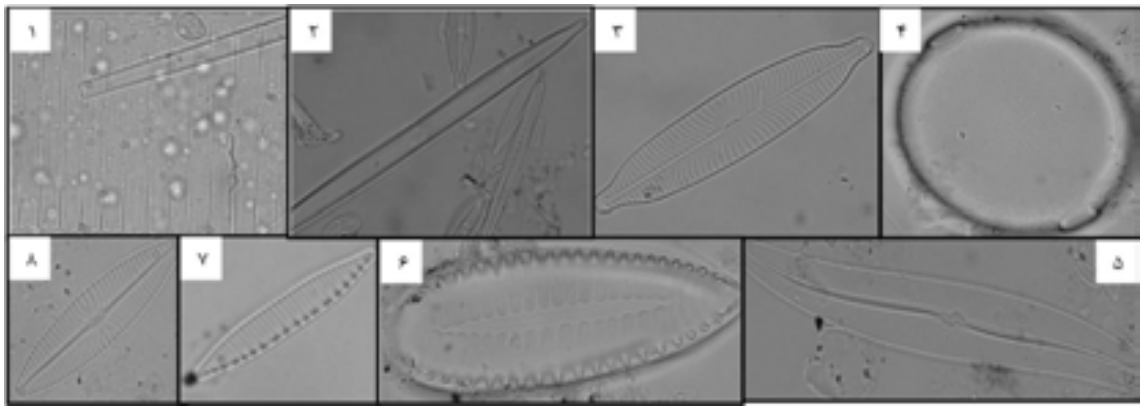
پیوست‌ها



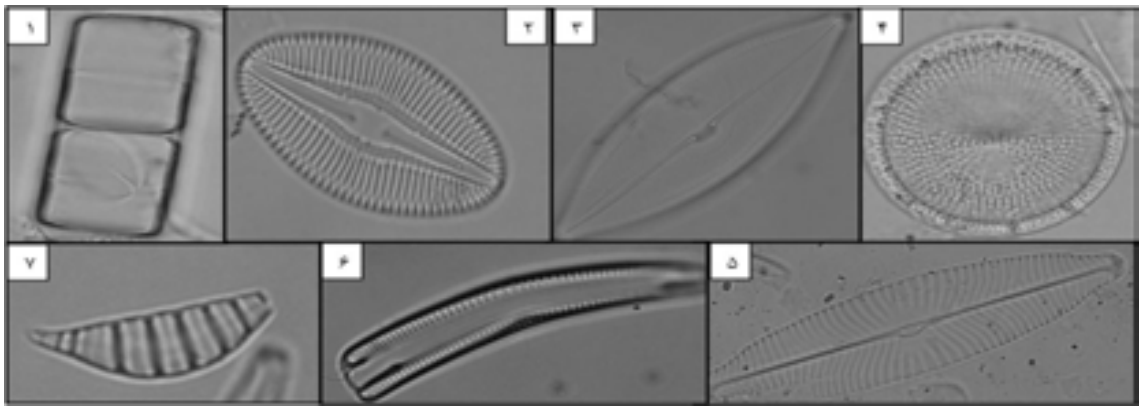
شکل ۴- ۱) *Amphora*؛ ۲) *Cocconeis*؛ ۳) *Cyclotella*؛ ۴) *Cymatopleura*؛ ۵) *Cymbella*؛ ۶) *Reimeria*؛ ۷) *Diatoma*؛ ۸) *Gomphonema*

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- ۱) *Fragilaria* ۲) *Synedra* ۳) *Pinnularia* ۴) *Pleurosira* ۵) *Gyrosigma* ۶) *Surirella* ۷) *Nitzschia* ۸) *Navicula*



شکل ۶- ۱) *Melosira* ۲) *Diploneis* ۳) *Caloneis* ۴) *Thalassiosira* ۵) *Achnanthes* ۶) *Rhoicosphenia* ۷) *Rhopalodia*

References

(1) Bathurst RR, Zori D, Byock J. Diatoms as bioindicators of site use: locating turf structures from the Viking Age. *Journal of Archaeological Science* 2011; 37: 2920-28.

(2) Round FE, Crawford RM, Mann DG. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge: Cambridge University Press; 1990.

(3) Battarbee RW. The use of diatom analysis in archaeology. A review. *Journal of Archaeological Science* 1988; 15: 621-44.

(4) Hasle GR, Syvertsen EE. *Marine diatoms*. In: Tomas CR (ed.) Identifying marine phytoplankton. New York: Academic press; 1997.

(5) Sabater S, Admiraal W. Biofilms as biological indicators in managed aquatic ecosystems. In: Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., van Dam, A. A. & Beveridge, and M. C. M. (eds.) *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. UK: CAB International, Wallingford; 2005. 159-77.

(6) Khadmolhossaini Z. Study of relation between plant communities environmental factors in Bonab- Fars province. *Iranian Journal of Pasture* 2002; 1(3): 222-35.

(7) Moghadam M. *Descriptive and statistical ecology of vegetation*. Tehran: University of Tehran publications; 2001.

(8) Mesdaghi M. *Vegetarian analysis*. Mashhad: University of Ferdosi Mashhad, Jihad Publications; 2001.

(9) Mesdaghi M. *Plant ecology*. Mashhad: University of Ferdosi Mashhad, Jihad. Publications; 2005.

(10) Marini L, Scotton M, Sebastian K, Angelo P. Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows. *Agric. Ecosys. Environ* 2007; 119: 281-8.

(11) Servati M, Fatolahzadeh T. Investigation on Various Erosions Types in Masouleh-

www.SID.ir

Archive of SID

Rudkhan Drainage Basin (Guilan Province). *Iranian J. Natural Research* 2003; 56(3): 155-66.

(13) Townsend SA, Peter AG. The role of substrate type on benthic diatom assemblages in the Daly and Roper Rivers of the Australian wet/dry tropics. *J Hydrobiologia* 2005; 548: 101–15.

(14) Krammer K, Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae, 1–5. Süsswasserflora von Mitteleuropa*. New York: Gustav Fischer Verlag, Stuttgart; 1986–2004.

(15) Whittaker RH. Gradient analysis of vegetation. *Biological Reviews* 1967; 42: 207-64.

(16) ter Braak CJF, Schaffers AP. Co-Correspondence Analysis: A New Ordination Method to Relate Two Community Compositions. *Ecology* 2004; 85 (3): 834-46.

(17) ter Braak CJF. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 1986; 67: 1167–78.

(18) Leps J, Hadincova V. How Reliable Are Our Vegetation Analyses? *J. of Vegetation Science* 1992; 3(1): 119-24.

(19) Kalos MH, Whitlock PA. *Monte Carlo Methods*. New York :John Wiley and Sons, Inc, Wiley-VCH Verlag; 2004.

(20) Masoudiyan N, Falahiyan F, Nejadsattari T, Metaji A, Khavarinejad R. Use of epilithic diatoms for assessment of water quality. *Iranian Journal of Biology* 2009; 4(4): 57-66.

(21) Jamallou F, Nejadsattari T, Fallahian F. Epilithon Diatoms of Jajrood River. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi* 2005; 73: 1-10.

(22) Lobo EA, Caliegaro VL, Hermany GD, Bes CE, Wetzel M, Oliver A. Use of epilithic diatoms as bioindicator from lotic systems in Southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnol. Brasil* 2004; 16: 25-40.

(23) Morin S, Duong TT, Dabrin A, Coynel A, Herlory O, Baudrimont M, et al. Long-term survey of heavy-metal pollution, biofilm contamination and diatom community structure in the Riou Mort watershed, South-West France. *Environmental Pollution* 2008; 151: 532-42.

(24) Duong TT, Feurtet-Mazal A, Coste M,

(12) Geographical Organisation of Defence Ministry. *Rivers Catchment gazetteer of the Caspian Sea*: Vol 2. Guilan: Tehran publication; 2000.
Dang DK, Boudou A. Dynamics of diatom colonization processes in some rivers influenced by urban pollution (Hanoi, Vietnam). *Ecological Indicators* 2007; 7: 839-51.

(25) Duong TT, Morin S, Coste M, Herlory O, Feurtet-Mazal A, Boudou A. Experimental toxicity and bioaccumulation of cadmium in freshwater periphytic diatoms in relation with biofilm maturity. *Science of the total environment* 2010; 408: 552-62.

(26) Biggs BJF, Kilroy C. *Stream periphyton monitoring manual*. Christchurch: NIWA; 2000.

(27) Potapova M, Charles DF. Distribution of benthic diatoms in U.S. Rivers in relation to conductivity and ionic composition. *Freshwater Biology* 2003; 48: 1311-28.

(28) Roemer SC, Hoagland KD, Rosowski JR. Development of a freshwater periphyton community as influenced by diatom mucilages. *Can. J. Bot*. 1984; 62: 1799-813.

(29) Atazadeh I, Sharifi M, Kelly MG. Evaluation of the Trophic Diatom Index for assessing water quality in River Gharasou, Western Iran. *Hydrobiologia* 2007; 589: 165–73.

(30) Lobo EA, Wetzel CE, Ector L, Katoh K, Blanco S, Mayama S. Response of epilithic diatom communities to environmental gradients in subtropical temperate Brazilian rivers. *Limnetica* 2010; 29 (2): 323-40.

(31) Chang PC, Ya-Hui G, Peng L. Geographical and seasonal patterns of epiphytic diatoms on a subtropical mangrove (Kandelia candel) in southern China. *Ecological Indicators* 2010; 10: 143–7.

(32) Kinross JH, Christofi N, Read PA, Harriman RA. Filamentous algal communities related to pH in streams in Trossachs, Scotland. *Freshwater Biol* 1993; 30: 301–17.

(33) Cunningham L, Snape I, Stark SJ, Riddle MJ. Benthic diatom community response to environmental variables and metal concentrations in a contaminated bay adjacent to Casey Station, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin* 2005; 50: 264–75.

www.SID.ir

Archive of SID

(34) Hillebrand H, Blenckner T. Regional and local impact on species diversity: from pattern to processes. *Oecologia* 2002; 132: 479-91.

(35) Facca C, Sfriso A. Epipelic diatom spatial and temporal distribution and relationship with the main environmental parameters in coastal waters. Estuarine. *Coastal and Shelf Science* 2007; 75: 35- 49

(36) Manel L, Sabater S. Diatom assemblage's distribution in Catalan rivers, NE Spain, in relation to chemical and physiographical factors. *Water Research* 2005; 39: 73–82

(37) Potapova MG, Charles DF. Benthic diatoms in USA Rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of Biogeography* 2002; 29: 167–87.

(38) Martinez de Fabricius AL, Maidana N, Gómez N, Sabater S. Distribution patterns of benthic diatoms in a Pampean river exposed to seasonal floods: the Cuarto River (Argentina). *Biodiversity Conservation* 2003; 12: 2443-54.

(39) Soininen J, Paavola R, Muotka T. Benthic diatom communities in boreal streams: community structure in relation to environmental and spatial gradients. *Ecography* 2004; 27: 330-42.

(40) Pan Y, Herlihy A, Kaufmann M, Wigington J, Van Sickle J, Moser T. Linkages among land-use, water quality, physical habitat conditions and lotic diatom assemblages: a multi-spatial scale assessment". *Hydrobiologia* 2004; 515: 59-73.

(41) Passy SI, Blanchet FG. Algal communities in human-impacted stream ecosystems suffer beta-diversity decline. *Divers. Distrib* 2007; 13: 670-9.

(42) Triest L, Kaur P, Heylen S, De Pauw N. Comparative monitoring of diatoms, macroinvertebrates and macrophytes in the Woluwe River (Brussels, Belgium). *Aquat. Ecol* 2001; 35: 9–17.

(43) Townsend CR, Hildrew AG. Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwat. Biol* 1994; 31: 265–75.

(44) Hawkins CP, Norris RH, Gerritsen J, Hughes RM, Jackson SK, Johnson RK, Stevenson RJ. Evaluation of the use of landscape classifications for the prediction of freshwater biota: synthesis and recommendations. *J. North Am. Benthol. Soc* 2000; 19: 541–56.

(45) Omernik JM. Ecoregions of the conterminous United States. Ann. Assoc. Am. Geogr 1987; 77: 118–25.

(46) Stevenson RJ. Scale-dependent determinants and consequences of benthic algal heterogeneity. *J. North Am. Benthol. Soc* 1997; 16: 248–62.

(47) Thompson SE, Taylor AR, Brownlee C, Callow ME, Callow JA. The role of nitric oxide in diatom adhesion in relation to substratum properties. *J. Phycol* 2008; 44: 967–76.

(48) Laura C, Ian S, Jonathan SS, Martin JR. Benthic diatom community response to environmental variables and metal concentrations in a contaminated bay adjacent to Casey Station, Antarctica. *Marine Pollution Bulletin* 2005; 50: 264–75.

(49) Kelly MG, Whitton BA. The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. Appl. Phycol* 1995; 7: 433–44.

(50) Ivorra N, Hettelaar J, Tubbing GMJ, Kraak MHS, Sabater S, Admiraal W. Translocation of microbenthic algal communities used for in situ analysis of metal pollution in rivers. *Arch. Environ. Contam. Toxicol* 1999; 37: 19–28.

1 - Bacillariophyceae
2 - Bacillariophyta
3 - Krammer & Lange-Bertalot(1986-2004)
4 - OLYMPUS DP12
5 - JENWAY 370 pH Meter
6 - JENWAY 470 Cond Meter
7 - PC MultiDirect
8 - Canonical Corresponding Analysis
9 - Detrended Correspondence Analysis
10 - PC- Ord
11 - Romer et al., 1984
12 - Lobo et al., 2010
13 - Kelly and Whitton, 1995

www.SID.ir

Archive of SID

Application of ordination technique in investigating Diatom populations and their relation with environmental factors (Case study: Masooleh Roudkhan)

Moslem Sharifinia*
MSc of Aquatic Ecology, University of Guilan, Guilan, Iran, moslem.sharifinia@yahoo.com
Javid Imanpour Namin
Associate Professor of Ecology of running water, University of Guilan, Guilan, Iran, javidiman@gmail.com
Zohreh Ramezanpoor
Associate Professor of Ecology of running water, International Sturgeon Research Institute, Guilan, Iran, zohreh66@gmail.com

Abstract

Introduction: Benthic diatom populations are highly diverse and ubiquitous, and consistently correlate with environmental variables. The present study was conducted to evaluate effects of some physical and chemical parameters on abundance of diatoms in a tributary of the Masooleh River in summer, autumn and winter in the year 2011.

Materials and Methods: The samples were collected from surface layers of Epilithon, Epidendron, Epipssamon and Epipelon as natural substrates. The collected samples were processed and slides were prepared for LM examination. Masooleh River is located at 37° 22' to 37° 23' northern latitude and 49°17'- 49°19' eastern longitude in Guilan Province, north of Iran. Five sampling sites were chosen along 15 km of the river

Results: In this study 23 genera of diatoms were identified. The analyses showed that pH and Fe were negatively correlated with *Diploneis*, *Gomphonema, Cymbella* and *Surirella* and positively with *Amphora*, *Achnanthes*, *Diatoma, Melosira*, *Nitzschia, Cymatopleura* and *Rhoicosphenia* ($P<0.05$). The pH, Nitrate and EC were negatively correlated with *Synedra, Navicula, Rhopalodia*, *Gyrosigma* and positively with *Nitzschia*, *Reimeria* and *Cocconeis* ($P<0.05$).

Discussion and Conclusion: Effects of salinity and water temperature on the diatom populations (Group 1: *Cymbella*, *Surirella*, *Gomphonema*, *Diploneis*, *Cocconeis*) were higher than other agents and factors such as pH, iron (Fe^{2+}) and silicate (SiO_2) were second rate in terms of importance.

Key words: Ordination, Physico-chemical parameters, Diatom, CCA

* Corresponding Author

www.SID.ir