



دانشگاه گنبدکوهی علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنبد

بهره‌برداری و پرورش آبزیان

جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۷

<http://japu.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/japu.2019.14929.1432

بررسی اکولوژیکی دیاتومه‌های رودخانه چهل‌چای استان گلستان

فاطمه لکزایی^۱، *جمیله پناهی میرزاحسنلو^۲، محمد قلینزاده^۳ و ابوالفضل دانشپور^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سیستماتیک و اکولوژی گیاهی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبدکاووس،

^۲ استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبدکاووس،

^۳ استادیار گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۷

چکیده

دیاتوم‌ها گروهی از جلبک‌ها هستند که در زیر میکروسکوپ نوری به رنگ‌های زرد قهوه‌ای و با دارا بودن یک دیواره سیلیسی ضخیم شناسایی می‌شوند. این موجودات ترجیحات و تحمل اکولوژیکی مشخصی دارند که آن‌ها را شاخص‌های مفیدی برای شرایط اکولوژیکی ساخته و امروزه به‌طور گسترده‌ای در بحث کیفیت آب به‌کار می‌روند. رودخانه چهل‌چای یکی از سرشاخه‌های بزرگ گرگان رود می‌باشد. در مطالعه حاضر دیاتومه‌های اپی لیت و اپی پل این رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری به‌صورت فصلی طی سال ۱۳۹۵ در ۵ ایستگاه انجام گرفت. همراه با نمونه‌های دیاتومه‌ای پارامترهای فیزیکی‌وشیمیایی آب نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌طور کلی در این بررسی ۳۲ گونه متعلق به ۱۸ جنس شناسایی گردید. بزرگ‌ترین جنس‌ها از نظر تعداد گونه، *Nitzschia* با ۵ گونه و *Gomphonema* با ۴ گونه بودند. بیشترین فراوانی‌ها در نمونه‌های اپی پل متعلق به گونه‌های *Cymbella affinis*، *Navicula tripunctata*، *Rhoicosphenia abbreviate* و در نمونه‌های اپی لیت نیز *Navicula tripunctata* و *Diatoma monoliformis*، *Cymbella affinis*، *Achnantheidium gracillimum* بود. به‌طور کلی در این بررسی پارامترهای pH، فسفات، دما، نترات، آمونیوم، سیلیس، EC و TDS عمده‌ترین پارامترهای تأثیرگذار روی پراکنش دیاتومه‌های رودخانه چهل‌چای تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: اپی لیت، اپی پل، شاخص تنوع، کیفیت آب

مقدمه

(به‌صورت زنجیره‌ای) هستند (Guiry and Guiry, 2014). این موجودات یک گروه بسیار متمایز از جلبک‌ها متعلق به شاخهٔ باسیلاریوفیتا (Bacillariophyta) هستند که در زیر میکروسکوپ نوری به رنگ‌های زرد قهوه‌ای و با حضور یک دیواره

دیاتوم‌ها میکروارگانیسم‌هایی یوکاریوت، اتوتروفیک و با پراکنش جهانی می‌باشند. این ارگانیسم‌ها هم به‌صورت منفرد و هم کلنی شکل

*مسئول مکاتبه: panahi@gonbad.ac.ir

اشکال ساختاری دیاتوم‌ها در دیواره سلولی، یک تشخیص و شناسایی تاکسونومیکی مطمئن برای شناسایی آن‌ها، تا حد جنس و گونه فراهم می‌کند. رودخانه‌های ایران از اکوسیستم‌هایی هستند که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، از جمله مطالعات محدودی که در زمینه اکولوژی دیاتوم‌ها در ایران انجام شده می‌توان به مطالعه (Jamalou et al, 2005) در رودخانه جاجرود، (Masoudian et al. (2009) در رودخانه تجن، (Ramezanpour et al. (2013) در رودخانه ماسوله گیلان و (Pourheydar Khoshkrudi et al. (2014) در رودخانه بابلرود اشاره کرد. رودخانه چهل چای یکی از سرشاخه‌های بزرگ گرگان رود است که در استان گلستان واقع شده است. تاکنون هیچ مطالعه‌ای روی دیاتوم‌های این رودخانه انجام نشده است. لذا با توجه به اهمیت دیاتوم‌ها در بحث کیفیت آب این مطالعه با هدف بررسی دیاتوم‌های اپی لیت و اپی پل این رودخانه و ارتباط آن با کیفیت آب انجام شد.

مواد و روش‌ها

رودخانه چهل چای یکی از سرشاخه‌های بزرگ گرگان رود است که در محدوده شهرستان مینودشت بین ۵۵ درجه ۲۳ دقیقه تا ۵۵ درجه ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه ۵۹ دقیقه تا ۳۷ درجه ۱۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. میزان بارندگی سالانه منطقه تقریباً ۷۶۰ میلی‌متر است. سطح آبخیز را جنگل و اراضی زراعی پوشانده است (شکل ۱).

جهت بررسی دیاتوم‌های رودخانه چهل چای، ۵ ایستگاه نمونه‌برداری براساس دسترسی آسان و نزدیکی به منابع آلودگی انتخاب شدند. ایستگاه اول در منطقه شهری مینودشت، ایستگاه دوم در منطقه کشاورزی، ایستگاه سوم در منطقه تفرجگاهی، ایستگاه چهارم در منطقه جنگلی و ایستگاه پنجم در بالادست

سیلیسی ضخیم شناسایی می‌شوند (Bellinger and Sigeo, 2010). این جلبک‌ها بخشی از پایه شبکه‌های غذایی را در زیستگاه‌های دریایی و آب‌های شیرین تشکیل می‌دهند. مجموعه‌هایی از گونه‌های دیاتومه‌ای، اغلب، مخصوص یک زیستگاه خاص هستند و می‌توانند به‌عنوان شاخص آن زیستگاه‌ها به‌کار روند. بسیاری از گونه‌های دیاتوم، ترجیحات و تحمل اکولوژیکی مشخصی دارند که آن‌ها را شاخص‌های مفیدی برای شرایط اکولوژیکی می‌سازد. در نتیجه، دیاتوم‌ها به‌طور گسترده در ارزیابی‌های محیطی استفاده می‌شوند. به‌علاوه چون دیواره سیلیسی تجزیه نمی‌شود، دیاتوم‌های رسوبات دریایی و دریاچه‌ای می‌توانند برای تفسیر شرایط گذشته، به‌کار روند (Spaulding et al., 2010). در یک زیستگاه خاص نیز، دیاتوم‌ها بر روی سوبستراهای مختلف رشد می‌کنند: دیاتوم‌هایی که روی رسوبات آب‌های جاری یا راکد یا داخل رسوبات رشد می‌کنند: اپی پل و دیاتوم‌هایی که بر روی بسترهای جامد به‌خصوص سنگ‌های غوطه‌ور در آب رشد می‌کنند، اپی لیت نامیده می‌شوند.

انسان همواره از منابع مهم آلودگی و تخریب آب‌های جاری بوده است. آلودگی آب رودخانه‌ها را در حقیقت می‌توان شاخص آلودگی محیط زیست حساب آورد، زیرا رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که مسیر طولانی را از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی طی می‌کنند. برای تعیین کیفیت آب‌ها از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود. امروزه از موجودات آبزی به‌عنوان شاخص کیفی آب بهره‌های شایانی به عمل می‌آورند (Ramachandra et al., 2005). مدت زمان کوتاه لازم برای تشکیل کلنی دیاتوم‌ها، آن‌ها را به‌عنوان شاخص‌های مناسبی برای بیان تغییرات موجود در زیستگاه‌های آبزی معرفی می‌کند (Sabater and Admiraal, 2005).

نمونه‌های جمع‌آوری شده با فرمالین ۴ درصد تثبیت شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. در هر ایستگاه نمونه‌برداری، همراه با نمونه‌های جلبکی، نمونه‌های آب نیز در ظروف یک لیتری برداشته شد و جهت آنالیز میزان نیترات، آمونیوم، سولفات، فسفات به آزمایشگاه منتقل گردید (APHA, 1999). میزان اکسیژن محلول، دما، هدایت الکتریکی، شوری، pH و TDS نیز با استفاده از دستگاه پرتابل در محل اندازه‌گیری شد.

رودخانه انتخاب شد. نمونه‌برداری در فصول مختلف سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. در هر ایستگاه، سه سنگ در عرض رودخانه انتخاب شده و دیاتوم‌ها از سطح بسترهای سنگی رودخانه جمع‌آوری شدند. بسترهای اپی لیتیک یا سنگی را ابتدا جهت پاک شدن از گل و لای با آب شسته و سپس با استفاده از مسواک، نمونه‌ها از سطح سنگ تراشیده شدند. برای نمونه‌برداری دیاتوم‌های اپی پل نیز، بخشی از رسوب به آرامی برداشته شده و داخل ظرف نمونه‌برداری منتقل شد (Bellinger and Sigeo, 2010).



شکل ۱- محدوده منطقه مورد مطالعه روی نقشه استان گلستان و ایران

Naphrax تهیه شد (Taylor, 2007). نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ نوری بررسی و با استفاده از منابع

آماده‌سازی دیاتوم‌ها به روش شستشو با اسید انجام گرفت و اسلایدهای دائمی با استفاده از چسب

بدنه آبی به لحاظ زیستی از سلامت بالاتری برخوردار می‌باشد. شاخص تنوع شانون وینر می‌تواند مقادیر بین ۱-۵ را به خود اختصاص دهد و هر چقدر مقدار عددی شاخص پایین باشد نشان‌دهنده آلودگی بالاتر می‌باشد. شاخص تنوع سیمپسون مقادیری بین صفر تا یک دارد و هرچه به صفر نزدیکتر باشد نشان‌دهنده تنوع کمتر است. مقادیر یکنواختی بین صفر تا یک می‌باشد، که اطلاعاتی را در مورد ساختار جمعیت به ما می‌دهد، به‌عنوان مثال: هر چه مقدار ارزش به یک نزدیکتر باشد، شباهت بیشتری بین فراوانی گونه‌ها وجود دارد.

نتایج

نتایج آنالیز داده‌های دیاتومه‌ای و پارامترهای آب طی فصول سال ۱۳۹۵ به شرح زیر می‌باشد:

داده‌های آب: نتایج آنالیز پارامترهای فیزیکی‌وشیمیایی آب در جدول ۱ خلاصه شده است. طی دوره مورد مطالعه، دامنه نوسانات درجه حرارت در رودخانه موردنظر بین $10/5-32$ °C بود که بیشترین میزان آن در تابستان در ایستگاه اول (منطقه شهری) و کمترین میزان آن در پاییز در ایستگاه چهارم (منطقه جنگلی) گزارش شد. میزان نیترات بین $1/81-3/91 \text{ mg.l}^{-1}$ (بیشترین میزان در پاییز در ایستگاه سوم و کمترین میزان در بهار در ایستگاه اول)، فسفات بین $12/95-55/96 \text{ mg.l}^{-1}$ (بیشترین میزان در در تابستان در ایستگاه پنجم و کمترین میزان در تابستان در ایستگاه اول)، آمونیوم بین $0/01-0/03 \text{ mg.l}^{-1}$ ، میزان هدایت الکتریکی بین $249-407 \text{ mg.l}^{-1}$ TDS، $515-683 \text{ } \mu\text{s.cm}^{-1}$ ، اکسیژن محلول بین $8/13-12/15 \text{ mg.l}^{-1}$ ، میزان pH بین $8/27-8/68$ و میزان شوری بین $0/25-0/41$ متغیر بود.

موجود شناسایی شدند (Krammer and Lange- Patrick; Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b Spaulding et al, 2010; and Reimer, 1975). سپس در هر اسلاید، ۳۰۰-۴۰۰ والو شمارش شده و فراوانی نسبی آن‌ها به دست آمد. ترجیحات اکولوژیکی هر کدام از تاکسونها نسبت به وضعیت تروفیک و میزان pH براساس منابع به دست آمد (Van Dam et al., 1994; Lysakova et al., 2007). برای وضعیت تروفیک ۷ سطح تعیین کرد: ۱- اولیگوتروف، ۲- اولیگومزوتروف، ۳- مزوتروف، ۴- مزو- یوتروف، ۵- یوتروف، ۶- هایپریوتروف ۷- اولیگوتا یوتروف. برای pH نیز ۶ گروه تعیین شد: ۱- اسیدوبیونتیک: اپتیم حضورشان در pH کمتر از ۵/۵ می‌باشد. ۲- اسیدوفیل: عمدتاً در pH کمتر از ۷ حضور دارند. ۳- خنثی: عمدتاً در pH حدود ۷ حضور دارند. ۴- آلکالیفیل: عمدتاً در pH بیشتر از ۷ حضور دارند. ۵- آلکالیبیونتیک: منحصرأ در pH بیشتر از ۷ حضور دارند. ۶- بی تفاوت: فاقد اپتیم مشخص.

جهت بررسی ارتباط بین پراکنش دیاتومه‌ها با کیفیت آب، از آنالیز رسته‌بندی استفاده شد. برای این کار داده‌های فراوانی نسبی تاکسون‌های دیاتومه‌ای همراه با داده‌های محیطی وارد نرم‌افزار CANOCO 5 شد و در نهایت با روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) رسته‌بندی انجام گرفت. برای طبقه‌بندی بیولوژیک از شاخص‌های تنوع استفاده شد. متداول‌ترین شاخص‌های تنوع که به کار رفت شامل شاخص تنوع شانون وینر، شاخص یکنواختی پیلو، شاخص غنای مارگالف و شاخص تنوع سیمپسون با استفاده از نرم‌افزار PAST Ver. 2.17 محاسبه گردید. شاخص مارگالف میزان غنی و فقیر بودن اکوسیستم را از لحاظ تعداد گونه‌ها ارائه می‌دهد. هر چه مقدار عددی آن بیشتر باشد، حاکی از آن است که

داده‌های زیستی: به‌طور کلی در این بررسی ۳۲ گونه متعلق به ۱۸ جنس شناسایی گردید (جدول ۱). بیشترین تعداد گونه‌ها متعلق به جنس‌های *Nitzschia* با ۵ گونه و *Gomphonema* با ۴ گونه بودند. *Diatoma* و *Navicula* هر کدام با ۳ گونه در ردیف بعدی قرار می‌گیرند (جدول ۲).

از نظر وضعیت تروفیک، قسمت عمده گونه‌های شناسایی شده (۵۸/۶۲ درصد) شاخص آب‌های یوتروف، ۱۷/۲۴ درصد شاخص آب‌های مزو-یوتروف بودند. تاکسون‌های اولیگوتروف و اولیگو-یوتروف هر کدام ۶/۸۹ درصد را شامل می‌شدند و اولیگو-مزوتروف، هایپرتروف و یو-هایپرتروف هر کدام شامل ۳/۴۴ درصد گونه‌ها بودند.

از نظر ترجیحات pH نیز ۷۵ درصد گونه‌ها به گروه ۴ (آلکالیفیل) متعلق بودند، ۱۴/۲۸ درصد به گروه ۳ (خنثی) و ۱۰/۷۱ درصد به گروه ۵ (آلکالیونیتیک) متعلق بودند.

بیشترین فراوانی‌ها در نمونه‌های اپی‌پل مربوط به گونه‌های *Rhoicosphenia abbreviata* (با حداکثر فراوانی نسبی ۳۶/۲۷ درصد)، *Cymbella affinis* (۲۳/۵۲ درصد)، *Navicula tripunctata* (۱۸/۷۵ درصد) و *Nitzschia dissipata* (۱۳/۶۵ درصد) و در نمونه‌های اپی‌لیت نیز *Cymbella affinis* (۶۱/۵۳ درصد)، *Diatoma moniliformis* (۳۵/۲۶ درصد)، *Achnantheidium gracillimum* (۲۸/۱۷ درصد) و *Navicula tripunctata* (۲۶/۶ درصد) بود.

برای بررسی ارتباط بین جمعیت گونه‌های اپی‌لیتیک و اپی‌پلیک و عوامل فیزیکی‌شیمیایی، از آنالیز مؤلفه‌های اصلی PCA استفاده شد. نمودارهای ۲ و ۳ نتایج حاصل از رسته‌بندی PCA می‌باشند که ارتباط بین جمعیت دیاتومه‌ها با متغیرهای محیطی را نشان می‌دهد. مقادیر ویژه گونه‌های اپی‌لیتیک برای محور اول، دوم و سوم و چهارم PCA (۰/۵۹۸۰، ۰/۲۰۱۵،

۰/۱۱۱۱، ۰/۰۸۹۴) و با واریانس کل ۴۴/۱۵ و این مقدار در گونه‌های اپی‌پلیک برای محور اول، دوم، سوم و چهارم (۰/۴۳۳۶، ۰/۲۸۵۱، ۰/۱۶۸۸، ۰/۱۱۲۵) و با واریانس کل ۲۳/۵۹ می‌باشد (جدول ۲ و ۳). نتایج نمودار رسته‌بندی دیاتوم‌های اپی‌لیت نشان می‌دهد که *Nitzschia heufleriana* با NO_3 همبستگی مثبت داشته و با فاکتورهای TDS، Salinity و EC همبستگی منفی، از طرفی با فاکتورهای دیگر همبستگی قابل توجهی ندارد. فاکتورهای SiO_2 ، PO_4 و pH نیز با گونه‌های *Rhoicosphenia abbreviata* و *Pinnularia platycephala* همبستگی مثبت، همچنین NH_4 نیز یک همبستگی قوی و مثبت با گونه‌های *Gomphonema angustum*، *Navicula tripunctata* و *Gomphonema olivaceum* نشان داد. گونه‌های *Nitzschia palea* و *Cocconeis placentula* به میزان کمتر *Tryblionella apiculata* با فاکتورهای EC (به‌عنوان پارامتر مهم)، Salinity و TDS یک همبستگی قوی و مثبت دارد ولی با پارامتر محیطی NO_3 همبستگی منفی نشان داد و با پارامترهای دیگر همبستگی زیادی ندارد (شکل ۲). با توجه به محورهای ۱ و ۲ در شکل ۳، تراکم گونه‌های *Cymbopleura amphicephala* و *Gomphonema olivaceum*، *Ulnaria ulna* و *Tryblionella apiculata* با پارامترهای محیطی O_2 ، PO_4 و NH_4 همبستگی مثبت بالا و با پارامترهای pH، دما، شوری و TDS همبستگی منفی دارد. تراکم گونه‌های *Diatoma vulgare* و *Diatoma moniliformis* با افزایش میزان فاکتورهای NO_3 و SiO_2 افزایش می‌یابد و یک همبستگی مثبت دارد. فاکتورهای TDS و SO_4 یک همبستگی قوی با *Navicula menisculus* نشان داده است.

۴۵

جدول ۱- نتایج آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه چهل چای طی دوره مورد مطالعه

	S1	S2	S3	S4	S5
NO ₃ ⁻	3.3±0.56	2.77±0.83	3.28±1.01	3.18±0.79	2.56±0.71
NH ₄ ⁺	0.011±0.016	0.011±0.016	0.011±0.016	0.001±0.0005	0.001±0.001
PO ₄ ³⁻	0.001±0	0.0013±0.0005	0.0013±0.0005	0.007±0.01	0.001±0
SO ₄ ²⁻	54.03±2.44	35.06±8.95	31.21±15.2	29.91±9.55	30.65±15.42
SiO ₂	0.018±0.007	0.015±0.003	0.024±0.007	0.015±0.006	0.019±0.012
DO	9.96±2.43	10.14±2.84	10.22±2.63	10.14±2.43	10.07±2.55
T °C	17.46±8.96	17±9.19	17.85±8.41	17.53±8.15	18.96±8.53
pH	8.47±0.28	8.55±0.02	8.55±0.02	8.39±0.077	8.54±0.021
EC	651.5±44.54	624.5±71.41	570±65.05	590±63.63	571.5±79.9
TDS	356±72.12	309±41.01	312±72.12	310±65.05	298.5±70
Salinity	0.35±0.077	0.33±0.07	0.31±0.07	0.31±0.07	0.3±0.07

جدول ۲- فهرست دیاتوم های شناسایی شده در رودخانه چهل چای همراه با کد مورد استفاده در آنالیز رسته‌بندی. pH: ۳: ختی، عمدتاً در pH ۷ حضور دارند؛ ۴: آلكالیفیل: عمدتاً در pH بیشتر از ۷ حضور دارند؛ ۵: آلكالییوتیک: منحصراً در pH بیشتر از ۷ حضور دارند

اسم علمی	کد مورد استفاده در آنالیز PCA	وضعیت تروفیک	pH
<i>Achnanthydium gracillimum</i> (F.Meister) Lange- Bertalot	ACGR	اولیگوتروف	۴
<i>Amphora pediculus</i> (Kutzing) Grunow	AMPO	یوتروف	۴
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	COPE	یوتروف	۴
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenbrg	COPL	یوتروف	۴
<i>Cymbella affinis</i> Kutzing	CYAF	یوتروف	۴
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	CYCI	یوتروف	۴
<i>Cymboplectra amphicephala</i> (Nageli) Krammer	CYAM	اولیگو - مزوتروف	۳
<i>Diatoma constricta</i> (Grunow) D.M Williams	DICO	مزو - یوتروف	۵
<i>Diatoma monoliformis</i> Kutzing	DIMO	یوتروف	۴
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	DIVU	مزو - یوتروف	۵
<i>Encyonema silesiaca</i> (Kutzing) cleve-Euler	ENSI	اولیگو - یوتروف	۳
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	GOAC	یوتروف	۴
<i>Gomphonema angustum</i> (C.Agardh)	GOAN	-	-
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Homemann) Brebisson	GOOL	یوتروف	۵
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	GOTR	مزو - یوتروف	۳
<i>Gyrosigma nodiferum</i> (Grunow) Reimer	GYNO	-	-
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	MEVA	یوتروف	۴
<i>Navicula capitatoradiata</i> H. Germain	NACA	یوتروف	۴
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	NAME	یوتروف	۴
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Muller) Bory	NATR	یوتروف	۴
<i>Nitzschia alpina</i> Hustedt	NIAL	اولیگوتروف	-
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kutzing) Rabenhorst	NIDI	مزو - یوتروف	۴
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	NIFO	مزو - یوتروف	۴
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	NIHE	یوتروف	۴
<i>Nitzschia palea</i> (Kutzing) W.Smith	NIPA	هایپر یوتروف	۳
<i>Pinnularia platycephala</i> Ehrenberg cleve	PIPL	-	-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lang-Bertalot	ROAB	یوتروف	۴
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer& Lange-Bertalot	SUBR	یو-هایپر تروف	۴
<i>Surirella minuta</i> Brebisson ex Kutzing	SUMI	یوتروف	۴
<i>Tabularia fasciculata</i> (Agardh) Williams and Round	TAFa	یوتروف	۴
<i>Tryblionella apiculata</i> W. Gregory	TRAP	یوتروف	۴
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compere	ULUL	اولیگو - یوتروف	۴

نمونه‌ای لیت ایستگاه دوم مشاهده شد. بیشترین یکنواختی در نمونه‌ای پل ایستگاه ۴ و کمترین یکنواختی در نمونه‌ای لیت ایستگاه دوم مشاهده شد. بیشترین میزان شاخص مارگالف نیز در نمونه‌ای لیت ایستگاه سوم و کمترین میزان آن نیز در نمونه‌ای پل ایستگاه اول مشاهده شد (جدول ۳).

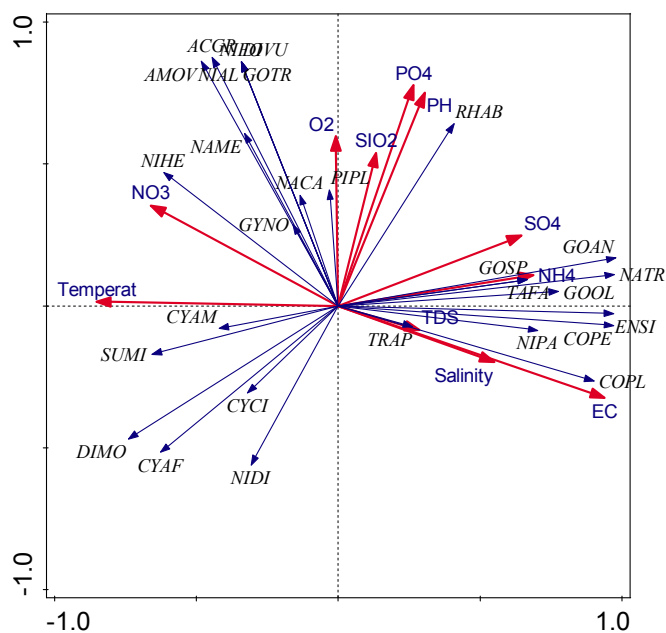
بیشترین میزان شاخص تنوع شانون وینر، به میزان ۲/۶۵۵ در نمونه‌های لیت ایستگاه دوم و کمترین میزان آن (۱/۲۰۴) در نمونه‌ای لیت ایستگاه دوم مشاهده شد. شاخص تنوع سیمپسون نیز الگوی مشابهی داشت، بیشترین میزان (۰/۹۰۴۷) در نمونه‌ای پل ایستگاه دوم و کمترین میزان آن (۰/۵۵۱۲) در

جدول ۳- خلاصه نتایج آزمون PCA برای فراوانی جمعیت گونه‌های اپی‌لیتیک و ۱۱ فاکتور محیطی در دوره مطالعه

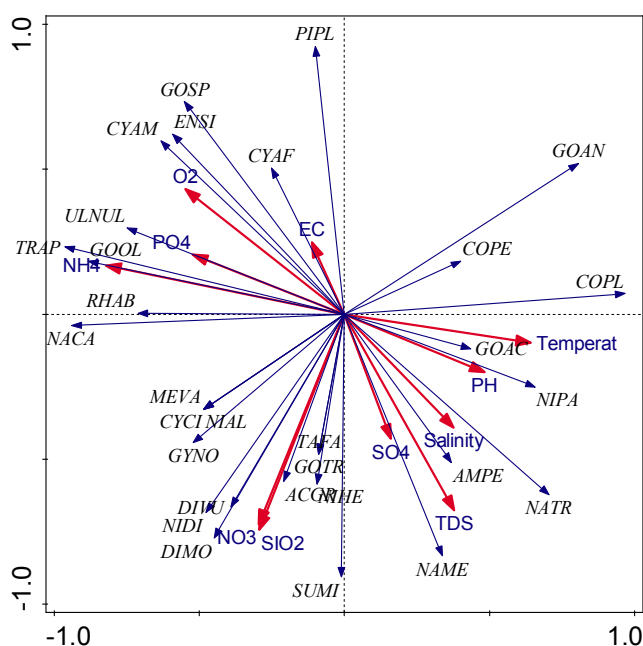
محور ۱	محور ۲	محور ۳	محور ۴	واریانس کل
۰/۵۹۸۰	۰/۲۰۱۵	۰/۱۱۱۱	۰/۰۸۹۴	۴۴/۱۵۹۶۵
۵۹/۸۰	۷۹/۹۵	۹۱/۰۶	۱۰۰/۰۰	
مقدار ویژه (Eigenvalue)				
درصد واریانس تجمعی				

جدول ۴- خلاصه نتایج آزمون PCA برای فراوانی جمعیت گونه‌های اپی‌لیک و ۱۱ فاکتور محیطی در دوره مطالعه

محور ۱	محور ۲	محور ۳	محور ۴	واریانس کل
۰/۴۳۳۶	۰/۲۸۵۱	۰/۱۶۸۸	۰/۱۱۲۵	۵۹/۲۳۱۴۷
۴۳/۳۶	۷۱/۸۷	۸۸/۷۵	۱۰۰/۰۰	
مقدار ویژه (Eigenvalue)				
درصد واریانس تجمعی				



شکل ۲- رسته‌بندی PCA با استفاده از داده‌های فراوانی گونه‌های اپی‌لیتیک و پارامترهای آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل ۳- رسته‌بندی PCA با استفاده از داده‌های فراوانی گونه‌های اپی‌پلیک و پارامترهای آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

جدول ۵- میزان شاخص‌های زیستی مختلف در ایستگاه‌های رودخانه چهل چای. ردیف اول مربوط به نمونه‌های اپی پل، ردیف دوم:

نمونه‌های اپی لیت

نوع شاخص	S1	S2	S3	S4	S5
تنوع شانون وینر	۱/۸۲۱	۲/۶۵۵	۲/۳۵۴	۲/۲۱۷	۲/۳۲۵
تنوع سیمپسون	۰/۷۷۴	۰/۹۰۴	۰/۸۷۵	۰/۸۴۵	۰/۸۶۹
یکنواختی	۰/۴۷۵	۰/۵۹۲	۰/۵۰۱	۰/۶۵۵	۰/۶۳۹
مارگالف	۲/۶۸۷	۵/۱۷۷	۴/۵۱۴	۲/۹۵۸	۳/۵۹۳
	۴/۲۵۴	۳/۱۰۴	۵/۳۷۸	۳/۷۹۷	۲/۸۸۲

بحث و نتیجه‌گیری

فلور دیاتومه‌های رودخانه چهل چای، شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با دیاتومه‌های سایر رودخانه‌های مطالعه شده در ایران دارد. در این رودخانه بزرگترین جنس‌ها از نظر تعداد گونه، *Nitzschia* و *Gomphonema* می‌باشند. و بعد از آن به ترتیب جنس‌های *Navicula* و *Diatoma*. نتایج مشابهی در سایر مطالعات به دست آمده است. Panahy (2014) در مطالعه بر روی

دیاتوم‌های رودخانه بالیخو بزرگترین جنس‌ها را به ترتیب *Navicula*، *Nitzschia* و *Gomphonema* معرفی کرد. (Atazadeh et al (2007) در رودخانه قره‌سو، (Soltanpour Gargari et al (2011) در رودخانه‌های رامسر و (Kheiri et al (2012) در رودخانه کرج نیز *Navicula* و *Nitzschia* را بزرگترین جنس‌های موجود در آن رودخانه‌ها معرفی کردند. جنس‌های *Nitzschia*، *Gomphonema*

حضور دارند. میزان نیترات و فسفات با افزایش فاضلاب‌های خانگی و کشاورزی افزایش می‌یابد و پارامترهای سطوح تروفیک هستند، که فاضلاب‌های خانگی معمول‌ترین منبع نوترینت‌ها و مواد آلی هستند و بیشترین سهم را در یوتریفیکاسیون دارند و بیشترین سهم را در یوتریفیکاسیون دارند (Berthon *et al.*, 2011). Ramezani و همکاران (2013) نیز در بررسی جنس‌های دیاتومه‌ای در رودخانه ماسوله گیلان، pH را در کنار پارامترهای هدایت الکتریکی، آهن و شوری مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در پراکنش دیاتومه‌ها معرفی کرد. Panahy و همکاران (2014) در رودخانه بالیخلو، نیترات، فسفات، pH و دما را جزو مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار روی پراکنش جمعیت‌های دیاتومه‌ای معرفی کرد. Sharifinia و همکاران (2016)، با بررسی دیاتومه‌های کفزی برای ارزیابی سلامت و آلودگی رودخانه شاهرود به این نتیجه رسیدند که DO، نیترات، فسفات و فلزات سنگین مثل روی و کادمیوم مهم‌ترین عوامل اثرگذار روی دیاتومه‌های این رودخانه می‌باشند.

به‌طور کلی پراکنش دیاتوم‌ها در رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف اعم از اقلیمی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و دخالت‌های انسانی قرار می‌گیرد. نتایج این بررسی عمده‌ترین عوامل را عوامل طبیعی و دخالت‌های انسانی معرفی کرد. با در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف نیز این رودخانه از نظر کیفی در وضعیت متوسطی قرار دارد. از نظر میزان شاخص‌ها، بین نمونه‌های اپی لیت و اپی پل تفاوت وجود داشت. هر دو شاخص تنوع شانون وینر و سیمپسون میزان آلودگی بیشتر و تنوع کمتری را در نمونه اپی لیت ایستگاه دوم (منطقه کشاورزی) نشان دادند در حالی که در نمونه اپی پل وضعیت کاملاً برعکس بود، به عبارت دیگر میزان آلودگی کمتر و تنوع بیشتر بود. Cantonati و همکاران (۲۰۱۲) بر این عقیده‌اند که در یک ایستگاه، نوع سوپسترا می‌تواند ساختار جمعیت‌های دیاتومه‌ای را تحت تأثیر قرار دهد.

Navicula جنس‌های بسیار متداول با تعداد زیادی گونه هستند (Fourtanier and Kociolek, 2009). (Spaulding *et al.*, 2010).

در این مطالعه بیشترین فراوانی متعلق به گونه‌های *Rhoicosphenia*، *Cymbella affinis*، *Diatoma monoliformis abbreviata*، *Navicula Achnanthidium gracillimum* و *Nitzschia dissipata* و *tripunctata* بود. گونه‌های *Rhoicosphenia abbreviata* و *Diatoma monoliformis* در مطالعه Panahy (2014) نیز جزو گونه‌هایی با فراوانی بالا گزارش شدند. همچنین Panahy (2017) در رودخانه عنبران نیز *Cymbella affinis* را جزو گونه‌هایی با فراوانی بالا معرفی کرده است. به غیر از *Achnanthidium gracillimum* که اولیگوتروف و *Nitzschia dissipata* که مزو- یوتروف می‌باشد، مابقی گونه‌های فوق جزو گونه‌های شاخص آب‌های یوتروف می‌باشند. *Rhoicosphenia abbreviate* جزو گونه‌های شاخص آب‌های آلوده با رواناب‌های کشاورزی معرفی شده است. در منطقه مورد مطالعه نیز در ایستگاه اول (منطقه شهری) که تحت تأثیر آلودگی‌ها و فاضلاب‌های شهر مینودشت بود، بیشترین فراوانی را نشان داد.

نتایج آنالیز رسته‌بندی PCA نشان داد که پارامترهای pH، فسفات، دما، نیترات، آمونیوم، سیلیس، EC و TDS عمده‌ترین پارامترهای تأثیرگذار روی پراکنش دیاتومه‌های رودخانه چهل‌چای می‌باشند. pH تأثیر عمده‌ای روی ترکیب جوامع دیاتومه‌ای دارد (Verb; Smucker and Vis, 2011) (and Vis, 2000)، که ممکن است به شرایط زمین‌شناختی و فعالیت‌های کشاورزی محلی مربوط باشد. pH رودخانه در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در محدوده قلیایی بود. قسمت عمده گونه‌های شناسایی شده جزو گونه‌هایی هستند که در pH بیشتر از ۷

منابع

1. APHA. 1999. Standard methods for examination of water and wastewater. American public health association, American water works Association, Water environment federation. Waldorf, Maryland.
2. Atazadeh, I., Sharifi, M., and Kelly, M.G. 2007. Evaluation of the Trophic Diatom Index for assessing water quality in River Gharasou, western Iran. *Hydrobiologia*. 589: 165-173.
3. Bellinger, E.G., and Sigeo, D.C. 2010. *Freshwater Algae, Identification and Use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell.
4. Berthon V., Bouchez A., and Rimet F. 2011. Using diatom life-forms and ecological guilds to assess organic pollution and trophic level in rivers: a case study of rivers in south-eastern France. *Hydrobiologia*, 673: 259-271.
5. Cantonati, M., Angeli, N., Bertuzzi, E., Spitale, D., and Lange- Bertalot, H. 2012. Diatoms in springs of the Alps: spring types, Environmental determinants and substratum. *Freshw Sci*. 31: 499-524.
6. Fourtanier, E., and Kociolek, J.P. 2009. *Catalogue of diatom names*. San Francisco, California, USA, California Academy of Sciences.
7. Guiry, M.D., and Guiry, G.M. 2014. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
8. Jamalou, F., Fallahian, F., Nejadstari, T., and Majd, A. 2005. Diatom flora of the Jajrud River. *Journal of Environmental science and Technology*. 7: 3. 98-113. (In Persian)
9. Kheiri, S., Nejadstari, T., Hamdi, S., and Asri, Y. 2012. Periphytic diatom flora of River Karaj and 25 new records from Iran. *Journal of Biology*. 7: 1. 1-22. (In Persian)
10. Krammer, K., and Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae, L. Naviculaceae. In: Etti, H. Gerloff, J., Heyning, H., Mollenhauer, D., (eds), *Susswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag. Jena. Vol. 1, 876p.
11. Krammer, K., and Lange-Bertalot, H. 1988. Bacillariophyceae, 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Etti, H. Gerloff, J. Heyning, H. Mollenhauer, D. (eds), *Susswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. Vol. 2. 596p.
12. Krammer, K., and Lange-Bertalot, H., 1991a. Bacillariophyceae, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Etti, H. Gerloff, J. Heyning, H. Mollenhauer, D. (eds), *Susswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 3, 576p.
13. Krammer, K., and Lange-Bertalot, H. 1991b. Bacillariophyceae, Achnantheaceae. *Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema*. In: Etti, H. Gerloff, J. Heyning, H. Mollenhauer, D. (eds), *Susswasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 4, 437p.
14. Lysakova, M., Kitner, M., and Poulickova, A. 2007. The epipellic algae of fishponds of central and Northern Moravia (The Czech Republic). *Fottea*, Olomouc. 7: 69-75.
15. Masoudian, N., Fallahian, F., Nejadstari, T., Mattaji, A., and Khavarinejad, R. 2009. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Tajan River, Mazandaran province, Iran. *Biological sciences (danish-i zisti-i iran)*. 4: 2. 57-66. (In Persian)
16. Panahy, A. 2017. Study of diatoms of Anbaran Chay River in Ardabil province in relation to water quality as bioindicators. MSc thesis, Islamic Azad University of Ardabil branch, 63p. (In Persian)
17. Panahy, J. 2014. An investigation of algal community structure of Yamchi dam, it's upstream and effect of dam on downstream's algal communities. PhD thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch. 299p. (In Persian)
18. Patrick, R.R., and Reimer, C.W. 1975. *The Diatoms of the United States*. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 1.

19. Pourheydar Khoshkrudi, B., Jafari, N., and Naqinezhad, A. 2014. An ecological and floristic study of the diatoms in Babolrud River. *Iranian Journal of Plant Biology*. 6: 19. 43-56.
20. Ramachandra, T.V., Ahalya, N., and Murthy, C.R. 2005. *Aquatic ecosystems Conservation, restoration and Management* capital publishing Company.
21. Ramezanpour, Z., Sharifinia, M., and Imanpour Namin, J. 2013. Biodiversity of diatom population in the Masouleh stream, Guilan, Iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 5: 15. 37-48.
22. Sabater, S., and Admiraal, W. 2005. Biofilms as biological indicators in managed aquatic ecosystems. In Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., van Dam, A.A., and Beveridge, M.C.M. (eds.) *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CAB International, Wallingford, UK, Pp: 159-177.
23. Sharifinia, M., Mahmudifard, A., Gholami, K., Imanpour Namin, J., and Ramezanpour, Z. 2016. Benthic diatom and macroinvertebrate assemblages, a key for evaluation of river health and pollution in the Shahrood River, Iran. *Limnology*. 17: 95-109.
24. Smucker, N.J., and Vis, M.L. 2011. Spatial factors contribute to benthic diatom structure in streams across spatial scales: considerations for biomonitoring. *Ecol Indic*. 11: 5. 1191-1203.
25. Soltanpour Gargari, A., Lodenius, M., and Hinz, F. 2011. Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from streams in Ramsar, Iran. *Acta Bot. Croat*. 70: 2. 167-190.
26. Spaulding, S.A., Lubinski, D.J., and Potapova, M. 2010. Diatoms of the United States. <http://westerndiatoms.colorado.edu> Accessed on 04 July, 2016.
27. Taylor, J.C., Harding, W.R., and Archibald, C.G.M. 2007. *A methods manual for the collection, preparation and analysis of diatom samples*. ver. 1. Water Research Commission.
28. Van Dam, H., Mertens, A., and Sinkeldam, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*. 26: 117-133.
29. Verb, R.G., and Vis, M.L. 2000. Comparison of benthic diatom assemblages from streams draining abandoned and reclaimed coal mines and non impacted sites. *J.N. Am Benthol Soc*. 19: 2. 274-288.

