بررسی تراکم و شناسایی جوامع بی‌مهرگان کفزی دریاچه سد کمال صالح اراک

- **علی لطفی***: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
- **مژگان زارع‌شهرکی**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹٦

چکیده

جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در رسوبات کف بستر اکوسیستم‌های آبی ساکن هستند و می‌توانند به‌عنوان شاخص برای ارزیابی کیفیت محیط‌های آبی استفاده شوند. به‌منظور ارزیابی جوامع کفزی دریاچه سد کمال صالح استان مرکزی، نمونه‌برداری به‌صورت فصلی در ٥ ایستگاه انجام گردید. نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار رسوب با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر انجام شد. درجه حرارت آب سطح دریاچه کمینه ۷/٦ و بیشینه ۲۱/۲ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در فصل زمستان و تابستان و غلظت اکسیژن محلول درآب‌های سطحی دریاچه طی دوره بررسی با میانگین ۱/٥±۸/۰۷ میلی‌گرم در لیتر در محدوده کمینه ٦/٤٤ میلی‌گرم بر لیتر و بیشینه ۱۰/۱۲میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب در فصول تابستان و زمستان در نوسان بود. بیشینه عمق آب در فصل زمستان برابر ۱۸/۲ و کمینه آن در پاییز برابر ۱٤ متر و میانگین آن برابر ۱٦/۸ متر اندازه‌گیری شد. در این مطالعه جنس‌هایی از خانواده‌های Naididae، Chironomidae، Viviparidae، Valvatidae، Coenagrionidae و Lymnaeidae مشاهده شد. جنس غالب در تمام فصول نمونه‌برداری و در تمامی ایستگاه‌ها توبیفیکس گزارش شد. بیشینه تراکم کفزی مشاهده شده ۱۸/۳۹±۱۱٥/٦٤ (تعداد در متر مربع) و کمینه آن ۱۳/٦۳±۳٤/۲۲ به‌ترتیب در بهار و پاییز گزارش شد. مقدار شاخص تنوع در دریاچه سد کمال صالح در محدوده حداکثر ۰/۸۸ و حداقل ۰/۲۹ متغیر بود. بررسی شاخص تنوع شانون نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این شاخص به‌ترتیب در بهار و زمستان بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان شاخص غالبیت سیمپسون به‌ترتیب در پائیز و زمستان و میزان شاخص غنای مارگالف به‌ترتیب در تابستان و زمستان بود. تنوع کم جانوران کفزی دریاچه را می‌توان به عدم بستر مناسب برای استقرار و کمبود مواد مغذی به‌دلیل جوان بودن دریاچه نسبت داد. به‌نظر می‌رسد ساختار بستر، میزان مواد مغذی و فشار چرا از عوامل مؤثر بر سکنی گزینی کفزیان در دریاچه سد کمال صالح اراک می‌باشند.

کلمات کلیدی: سد کمال صالح، بزرگ بی‌مهرگان کفزی، کیفیت آب، ارزیابی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: lotfi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

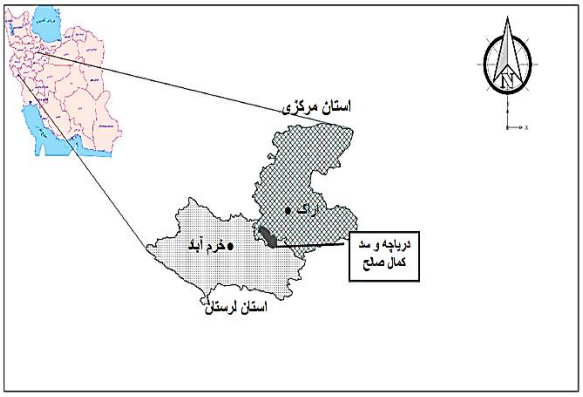
دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها، آبگیرها، آب‌بندان‌ها و آب‌های زیرزمینی همواره نقش مهمی را در فعالیت‌های کشاورزی هم‌چون تولید آبزیان، دامداری، نیازمندی‌های اصلی انسان و حفظ تنوع زیستی به‌عهده دارند (وثوقی، ۱۳۸۴). به‌طو کلی در اکوسیستم‌های آب ساکن، کفزیان نقش مهمی را در انتقال تولیدات اولیه و رسوبات آلی (دتریتوس) به سطوح بالاتر زنجیره غذایی ایفا می‌کنند. هم‌چنین مدت زیادی است که از آن‌ها به‌عنوان شاخص‌های بیولوژیک به‌منظور ارزیابی آلودگی و تخریب ناشی از فعالیت‌های انسان استفاده می‌شود. ترکیب جمعیت کفزیان ارتباط تنگاتنگ و نزدیکی با شرایط زیستگاهی دارد (Geoffrey و همکاران، ۲۰۰۱؛ Lasinio و همکاران، ۲۰۱۷)، به‌طوری‌که عوامل فیزیکی و شیمیایی یا هر دو می‌توانند اثراتی مستقیم بر جمعیت آن‌ها داشته باشند (Heino، ۲۰۰۰؛ Li و همکاران، ۲۰۱۷). حضور یا عدم گونه‌ای خاص از کفزیان، قابلیت کلاسه‌بندی کیفی آب‌ها را فراهم می‌کند، و با توجه به این‌که تغییرات ساختاری در ترکیب گونه‌ای آن‌ها به آهستگی اتفاق می‌افتد، امکان ردیابی استرس‌های محیطی وارد به اکوسیستم‌های آبی در آن‌ها بیش‌تر فراهم می‌باشد. این ارگانیسم‌ها به‌خصوص در برابر آلودگی‌های آلی واکنش بهتری از خود نشان می‌دهند (Hilsenhoff، ۱۹۸۸). ماکروزئوبنتوزها بسته به نوع، اندازه و تراکم‌شان از طریق تغذیه و حفاری بستر، در مخلوط کردن رسوبات نقش مهمی دارند. از سویی دیگر بافت ذرات و اجزاء رسوب به‌همراه باکتری‌های تجمع یافته در آن به‌طور غیرمستقیم نقش مهمی در تغذیه برخی از ماهیان ایفا می‌کنند (Gardner، ۱۹۹۳؛ پروندی و همکاران، ۱۳۹۵).

باقری و عبدالملکی (۱۳۸۱) به بررسی پراکنش و توده زنده بی‌مهرگان کفزی دریاچه ارس پرداختند. در این مطالعه گروه غالب دریاچه ارس رده کم‌تاران (Oligochaeta) گزارش شدند که در تمامی سال مشاهده شده و بیش‌ترین فراوانی را به‌خود اختصاص دادند. خانواده شیرونومیده بعد از کم‌تاران گروه غالب بعدی بود. خانواده‌های گاماریده و میزیده دارای فراوانی کم‌تری نسبت به گروه‌های مذکور بودند. آن‌ها بیان کردند تغذیه ماهیان، نوع بستر، میزان مواد آلی و دمای آب از مهم‌ترین عوامل تغییر در جمعیت بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌ها و فصول مختلف می‌باشند. صلواتیان و همکاران (۱۳۹۱) به مطالعه فون جانوران آبزی دریاچه پشت سد لار پرداختند. در این بررسی ۱۲ راسته در ۹۸ جنس و گونه شناسایی گردید، راسته دوبالان (Diptera) در سال ۱۳۸۷ با فراوانی ۶۷۶ عدد در مترمربع و در سال ۱۳۸۸ با فراوانی ۷۶۷ عدد در مترمربع غالب بود. یوسف زاد و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی توان تولید موجودات کفزی جهت آبزی‌پروری در دریاچه گلابر زنجان پرداختند. در این مطالعه بیش‌ترین فراوانی شیرونومیده وتوبیفیسیده به‌ترتیب ۹۱۰/۴۲ و ۷۷۰/۸۳ عدد در مترمربع بوده است. آن‌ها بیان کردند، باتوجه به نتایج حاصله و مقایسه آن با شرایط اقلیمی منطقه، هم‌چنین با درنظر گرفتن خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب، رشد و تولید ماهیان گرمابی در دریاچه گلابر درمدت زمانی کوتاه از سال (نیمه دو فروردین تا اواسط مهرماه) بهینه می‌باشد. در مطالعه Saranj و همکاران (۲۰۰۹) بر دریاچه Kishore Sagarرده کم‌تاران (Oligochaeta) به‌عنوان فراوان‌ترین گروه از کفزیان گزارش شد. Lucca و همکاران (۲۰۱۰) بزرگ بی‌مهرگان کفزی دریاچه گرمسیری Caçó در برزیل را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که تغییرات در غنای گونه‌ای، تنوع و تراکم گونه‌های کفزی در این دریاچه بیش‌تر به تغییرات فصلی مرتبط بوده و تمام پارامترهای ذکر شده در دوران خشکی نسبت به دوران بارندگی‌ها بیش‌تر گزارش شد. خانواده شیرونومیده جز اصلی جامعه کفزی این دریاچه‌بوده‌و تقریباً ۵۰ درصد کل فون بنتیک را به‌خود اختصاص داد. سد کمال صالح از بزرگ‌ترین سدهای استان مرکزی است که با هدف تامین آب شرب شهرهای اراک و شازند و صنایع بزرگ اراک در ۷۴ کیلومتری جنوب‌غربی این شهر و ۴۶ کیلومتری جنوب شازند و بر روی یکی از سرشاخه‌های رودخانه دز احداث شده است. این سد از نوع سنگریزه‌ای و دارای هسته رسی با حجم ذخیره آب ۱۱۰ میلیون مترمکعب، دارای تاجی به عرض ۱۲ متر و ارتفاع سد ۸۰ متر می‌باشد. میانگین جریان ورودی سالانه سد معادل ۱۰۰/۹۵ میلیون مترمکعب است. حوضه آبخیز سد کمال صالح با مساحت ۶۵۵ کیلومترمربع، از زیرحوضه‌های دز بوده که در بخش سربند واقع در جنوب‌غرب استان مرکزی و شمال‌شرق استان لرستان قرار دارد و جزء سرشاخه‌های اصلی رودخانه تیره لرستان به‌حساب می‌آید. در طی این بررسی شناسائی ساختار جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی دریاچه سد و مطالعه پراکنش و تراکم آن‌ها، به‌همراه بررسی برخی از فاکتورهای فیزیکی شیمیایی آب مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق با توجه به معیارهای مهمی مانند شکل و بستر، وسعت دریاچه سد کمال صالح (شکل ۱) و عمق متفاوت آب، تعداد ۵ ایستگاه از ابتدای دریاچه تا نزدیک تاج سد انتخاب گردید. موقعیت ایستگاه‌ها با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) مشخص گردید (جدول ۱). نمونه‌برداری در ۴ مرحله و در طی فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان سال ۱۳۹۴ انجام شد. نمونه‌برداری از کفزیان در هر ایستگاه با استفاده از دستگاه نمونه‌بردار رسوب (اکمن) با ابعاد

۲۰×۲۰سانتی‌متر انجام شد. در هر ایستگاه ۳نمونه‌رسوب برداشته شد. نمونه‌های رسوب به ساحل انتقال یافت و به کمک الک استاندارد شماره ۳۰ شستشو داده شد. نمونه‌های کفزی جمع‌آوری شده به ظروف مخصوص نمونه انتقال داده شد و با فرمالین ۴٪ تثبیت گردید. در نهایت نمونه‌ها برای شناسایی به آزمایشگاه منتقل شد و پس از شستشوی مجدد و تفکیک در آزمایشگاه به کمک کلیدهای شناسایی موجود در حد جنس مورد شناسایی قرار گرفت (James و Thorpalan، ۱۹۹۱؛ Rosenberg و Resh، ۱۹۹۴؛ Mandawille، ۲۰۰۰؛ محبوبی‌صوفیانی و نادری، ۱۳۷۹). برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیائی، نمونه‌برداری از آب در هر ایستگاه با استفاده از بطری نمونه‌برداری نانسن در عمق‌های مشخص شده در جدول ۱ صورت گرفت. از دماسنج جیوه‌ای برای اندازه‌گیری دما و اکسیژن محلول به‌روش وینکلر اندازه‌گیری شد.



شکل ۱: موقعیت سد کمال صالح اراک

جدول ۱: موقعیت جغرافیائی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریاچه سد کمال صالح

ایستگاه	میانگین عمق سالانه	طول جغرافیایی (درجه شرقی)	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)
۱	۳/۷۵	۳۴°۵۷′۲۳	۳۷°۹۲′۲۲
۲	۱۷/۵	۳۴°۱۵′۱۰	۳۷°۶۲′۲۲
۳	۴/۱۲	۳۴°۵۰′۱۸	۳۷°۵۲′۲۵
۴	۱۵/۵	۳۴°۶۴′۱۳	۳۷°۱۱′۲۴
۵	۴۰/۲۵	۳۳°۷۹′۹۷	۳۷°۴۵′۲۲

از شاخص‌های تنوع می‌توان برای ارزیابی سه جنبه از ساختار جامعه شامل تعداد گونه‌ها، تعدادکل ارگانیسم‌های موجود از هر گونه یا فراوانی و یکنواختی در فراوانی نسبی به‌صورت یکسانی استفاده کرد. سه شاخص شانون-وینر، سیمپسون و مارگالف کابرد بیش‌تری دارند. در شاخص شانون با افزایش تعداد و توزیع یکنواخت تاکسون‌ها (یکنواختی) در بین جامعه، میزان شاخص شانون-وینر افزایش می‌یابد. این شاخص و سایر شاخص‌ها طبق فرمول‌های زیر محاسبه شد (پروندی و همکاران، ۱۳۹۵؛ زارع، ۱۳۹۳؛ Weaver و Shannon، ۱۹۶۳):

$H' = -\Sigma Pi \times Ln\ Pi$

Pi=تعداد افراد گونه i به تعداد کل افراد، H´= شاخص تنوع شانون وینر

شاخص تنوع سیمپسون: $D=1-\Sigma(Pi)2$

Pi= فراوانی نسبی iمین تاکسون در جامعه، D= شاخص تنوع سیمپسون

شاخص تنوع مارگالف: $M= s-1/ lnN$

S= تعداد تاکسون، N= تعداد کل افراد، M= شاخص تنوع مارگالف

جهت انجام آنالیزهای آماری و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SPSS (نسخه ۱۶) و Excel ۲۰۱۰ استفاده شد. با توجه به نرمال بودن داده‌ها(آزمون کلموگروف-اسمیرنف)، جهت مشاهده اختلاف معنی‌دار بین میانگین داده‌ها از آزمون ANOVA، سپس آزمون مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن استفاده شد.

نتایج

نوسانات درجه حرارت و غلظت اکسیژن محلول در دریاچه سد کمال صالح طی مدت مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. در مدت بررسی، درجه حرارت آب سطح دریاچه کمینه ۷/۶ و بیشینه ۲۱/۲ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در فصل زمستان و تابستان نوسان داشت. دراین مطالعه، میانگین دمای آب سطحی دریاچه سد کمال صالح ۱۴ درجه سانتی‌گراد وآب‌های عمقی دریاچه ۹/۷ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. غلظت اکسیژن محلول در آب‌های سطحی دریاچه طی دوره بررسی با میانگین ۱/۵±۸/۰۷میلی‌گرم در لیتر در محدوده کمینه ۶/۴۴ میلی‌گرم بر لیتر و بیشینه ۱۰/۱۲میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب در فصول تابستان و زمستان در نوسان بود. بیشینه عمق آب در فصل زمستان برابر ۱۸/۲ و کمینه آن در پاییز برابر ۱۴ متر و میانگین آن برابر ۱۶/۸ متر اندازه‌گیری شد. در این مطالعه ۶ راسته و جنس‌هایی از ۸ خانواده Naididae، Chironomidae، Viviparidae، Valvatidae، Coenagrionidae و Lymnaeidae شناسائی شد. جنس غالب در تمام مراحل نمونه‌برداری *Tubifex* بود که در تمام فصول نمونه‌برداری و تمام ایستگاه‌ها حضور داشت. جداول ۳ تا ۶ میانگین تراکم (تعداد در متر مربع) مشاهده شده در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد. مقایسه تراکم کفزیان در فصول مختلف نشان داد که بیش‌ترین میزان تراکم در فصل بهار و کم‌ترین میزان در فصل پائیز وجود داشته است و تفاوتی بین فصول تابستان و زمستان از نظر تراکم کفزیان وجود نداشته است (شکل ۲).

جدول ۲: میانگین فصلی برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیائی آب سد کمال صالح (± خطای استاندارد)

فاکتورهای فیزیکی شیمیایی	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
دمای آب	۲۰^{b}±۰/۳۱	$۲۱/۲^{b}$±۰/۳۷	$۷/۲^{a}$±۰/۲	$۷/۶^{a}$±۰/۶
اکسیژن محلول	$۸/۰۴^{b}$±۰/۳۴	$٦/٤٤^{c}$±۰/۶۴	$۷/۶۸^{b}$±۰/۷۶	$۱۰/۱۲^{a}$±۰/۰۶
میانگین عمق	۱۵/۴±۶/۳۲	۱۷/۳±۶/۴۷	۱۴±۵/۶	۱۸/۲±۸/۳۱

واحدها: دما، درجه سانتی‌گراد؛ اکسیژن محلول، میلی‌گرم بر لیتر؛ عمق، متر

جدول ۳: میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) کفزیان سد کمال صالح در فصل بهار

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
Diptera	Chironomidae	*Chironomus* sp.	–	–	۶۴	–	–
Odonata	Coenagrionidae	*Coenagrion* sp.	–	–	۸۵/۳۳	–	–
Tubificida	Naididae	-	۴۲/۶۷	۳۷/۳۳	۵/۳۳	۲۱/۳۳	۱۰/۶۷
	Tubificidae	*Tubifex* sp.	۲۱۳/۳۳	۲۱۸/۶۷	۶۴	۲۰۸	۲۸۸
Haplotaxida	Lumbricidae	-	–	–	–	–	۱۶۰

جدول ۴: میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) کفزیان سد کمال صالح در فصل تابستان

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
Diptera	Chironomidae	*Chironomus* sp.	–	–	۴۲/۶۷	–	–
Heterobranchia	Viviparidae	*Viviparus* sp.	۳۷/۳۳	۲۶/۶۷	–	–	–
	Valvatidae	*Valvata* sp.	۵/۳۳	۵۳/۳۳			
Tubificida	Naididae	-	۱۶	۳۳/۳۷	۲۱/۳۳	–	۱۰/۶۷
	Tubificidae	*Tubifex* sp.	۶۴	۳۳/۳۷	۲۱/۳۳	۲۳۴/۶۷	۴۸
Pulmonata	Lymnaeidae	*Lymnaea* sp.	–	–	۳۲	–	–

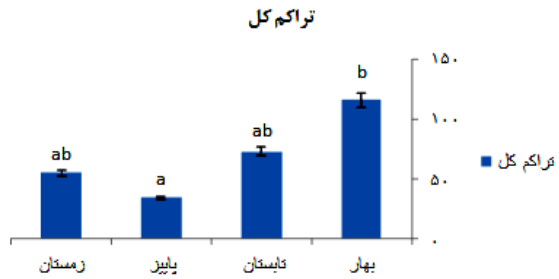
جدول ۵: میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) کفزیان سد کمال صالح در فصل پاییز

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵
Diptera	Chironomidae	*Chironomus* sp.	۲۱/۳۳	۲۱/۳۳	–	۱۰/۶۷	۲۶/۶۷
Heterobranchia	Valvatidae	*Valvata* sp.	–	–	–	–	۵۳/۳۳
Tubificida	Naididae	–	۱۶	۲۱/۳۳	۲۱/۳۳	۵/۳۳	۱۰/۶۷
	Tubificidae	*Tubifex* sp.	۴۸	۲۰۲/۶۷	۱۶	۲۶/۶۷	۲۱/۳۳

جدول ۶: میانگین تراکم (تعداد در مترمربع) کفزیان سد کمال صالح در فصل زمستان

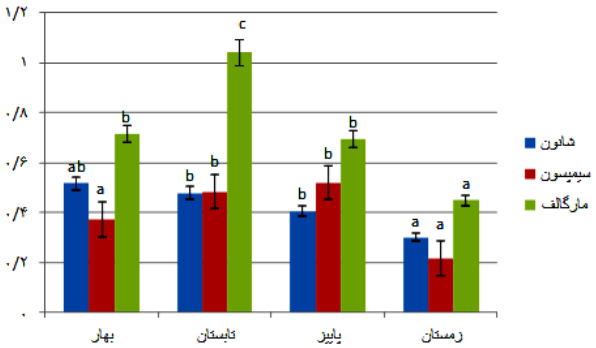
راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه۴	ایستگاه ۵
Diptera	Chironomidae	*Chironomus* sp.	۱۰/۶۷	۱۶	–	۱۶	–
Heterobranchia	Valvatidae	*Valvata* sp.	–	۵/۳۳	۱۰/۶۷	۱۶۰	–
Tubificida	Tubificidae	*Tubifex* sp.	۶۴	۸۰	۱۰/۶۷	۴۲/۶۷	۹۶

بررسی شاخص تنوع شانون نشان داد که بهار بیش‌ترین تنوع و زمستان کم‌ترین تنوع گونه‌ای را داشته است هم‌چنین شاخص غالبیت سیمپسون نشان‌دهنده بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به‌ترتیب در پاییز و زمستان است. شاخص غنای مارگالف نیز به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار در تابستان و زمستان بود (شکل ۳).



شکل ۲: تراکم کل (تعداد در مترمربع) کفزیان در طول مدت مطالعه

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است (p>۰/۰۵).



شکل ۳: شاخص‌های شانون، سیمپسون و مارگالف در فصول مختلف نمونه‌برداری

حرف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است (p>۰/۰۵).

بحث

حضور موجودات زنده در یک اکوسیستم تصادفی نیست و مجموعه‌ای از عوامل زیست محیطی است که حضور و فراوانی گونه‌ها را تعیین می‌کند. بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان شاخص زیستی منابع آبی محسوب می‌شوند و عواملی نظیر اکسیژن محلول، دمای آب و میزان آلودگی بر جوامع آن‌ها تأثیر محسوسی را نشان داده و زی‌توده آن‌ها نیز عمدتاً تابعی از مواد آلی بستر و جریان آب رودخانه می‌باشد (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰). با توجه به موقعیت دریاچه سد کمال صالح و قرار داشتن در منطقه کوهستانی، اختلاف دمایی بین فصول مختلف آن مشاهده می‌شود. مسلماً این موضوع از نظر زیستی بسیار مهم است. زیرا تعداد محدودی از موجودات آبزی می‌توانند چنین اختلاف دمای زیادی را در فصل‌های مختلف سال تحمل کنند و با شرایط محیطی چنین دریاچه‌ای سازگار شوند (سبک‌آرا، ۱۳۸۵). تحقیقات مشابه نشان داده است که دمای آب در اکوسیستم‌های طبیعی به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی منطقه مرتبط بوده و عواملی مانند بارندگی، رطوبت و پوشش ابری بر روی آن اثرگذار است (Salmaso، ۲۰۰۳). کاهش اکسیژن محلول مشاهده شده در فصل تابستان می‌تواند تحت تأثیر عواملی از جمله افزایش دمای آب و در نتیجه افزایش فعل و انفعالات متابولیکی اکسیژن خواه، افزایش شدت تنفس و افزایش سرعت تجزیه مواد آلی باشد. در مطالعه مشابهی حمیدی‌منفرد(۱۳۹۱)کم‌ترین میزان اکسیژن محلول را در در دریاچه سدزاینده‌رود در تابستان و بیش‌ترین آن‌را در اواسط بهار گزارش کرد. در مجموع براساس یافته‌های این تحقیق به‌نظر می‌رسد روند تغییرات غلظت اکسیژن محلول در دریاچه سد کمال صالح بیش‌تر تحت تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی ازجمله درجه حرارت و تلاطم آب می‌باشد. تغییرات فصلی موجودات کفزی با توجه به نتایج به دست آمده (شکل ۷)، نشان می‌دهد که فراوانی بی‌مهرگان کفزی در فصول بهار و تابستان به‌مراتب بیش‌تر از فصول پاییز و زمستان می‌باشد، چرا که در این فصول فعالیت‌های حیاتی از قبیل تغذیه و تولیدمثل افزایش یافته، بنابراین فراوانی و پراکنش آن‌ها نیز زیاد خواهد شد. دلیل اصلی کاهش زی‌توده و فراوانی کفزیان در زمستان و پاییز کاهش دمای آب و کاهش نرخ تغذیه و رشد و نمو در آن‌ها می‌باشد. از طرف دیگر مکانیسم مؤثری که تراکم جمعیت کفزیان را کنترل می‌کند، فشار شکارگری توسط ماهی‌ها و بی‌مهره‌گان شکارچی می‌باشد (Margalef، ۱۹۸۳).

راسته Oligochaete که یکی از خانواده‌های آن Tubificidae است، بیش‌ترین فراوانی را در کلیه فصول سال و در تمامی ایستگاه‌ها داشت. این خانواده به‌دلیل این‌که لاشه خوار است و از مواد آلی گیاهان پوسیده تغذیه می‌کند، در بسترهای خاکی که حاوی مقدار قابل توجهی از مواد آلی و یا کمینه دارای یک لایه دیتریتی هستند، بیش‌تر دیده می‌شوند. برای آن‌ها دیتریت‌های ریزبافت، جلبک‌ها و سایر موجودات کوچک (به‌عنوان غذا) دارای اهمیت هستند. مقادیر کم اکسیژن و حتی برای مدت کوتاه نبود اکسیژن در کف لجنی را تحمل می‌کنند. از طرفی همبستگی شدید بین فراوانی کفزیان و اندازه دانه‌بندی رسوبات کم‌تر از ۳۸ میکرون (سیلت)، ۳۸-۶۳ میکرون و ۶۳-۱۲۵ میکرون علت اصلی جایگاه‌های طبیعی کرم‌های توبیفیکس می‌باشد (Kaster و همکاران، ۱۹۸۴). برخی مطالعات بیان می‌کنند که تعداد کم‌تاران با یوتریفیکاسیون افزایش می‌یابد. هم‌چنین در مطالعه باقری و همکاران (۱۳۸۱) کفزیان غالب دریاچه کم‌تاران بودند که بیشینه فراوانی را به‌خود اختصاص دادند، ایشان بیان کردند تراکم زیاد کم‌تاران به‌دلیل بالا بودن مواد آلی در دریاچه سد ارس می‌باشد. از طرف دیگر در مطالعه‌ای که یوسف زاد و همکاران (۱۳۹۳) روی بررسی توان تولید موجودات کفزی جهت آبزی‌پروری در دریاچه گلابر زنجان انجام دادند، نیز گروه غالب کفزیان توبیفیسیده و شیرونومیده برآورد گردید. یافته‌های این تحقیق با برخی محققین دیگر نیز هم‌خوانی داشت (Sarang و همکاران، ۲۰۰۸؛ میرزاجانی و همکاران ۱۳۸۹). در مطالعه Lucca و همکاران (۲۰۱۰) Naididae از نظر تراکم عددی درمیان گروه کم‌تاران، در هر دو مرحله نمونه‌برداری غالب بود. Alves

و De Lucca (۲۰۰۰) بیان کردند که جنس‌های خانواده Naididae در میان رسوبات شنی یا دارای پوشش گیاهی زندگی می‌کنند. دریاچه Lucca نیز دارای هر دو بستر گیاهی و شنی بوده و این دلیلی برای فراوانی بالای نایدیده‌ها بیان شد. در مطالعه حاضر نیز نایدیده‌ها در همه ایستگاه‌ها و در تمام فصول به‌جز زمستان مشاهده شد. در مطالعه Lonkar و Kedar (۲۰۱۴) که روی تنوع درشت بی‌مهره‌گان کفزی سه دریاچه شهر Nagpur انجام شد، کلاس‌های غالب شاخه Annelida، کم‌تاران و زالوها گزارش شدند. ایشان بیان کردند که این سه دریاچه دارای یوتریفیکاسیون مصنوعی و طبیعی است و به‌لحاظ وضعیت تروفی، هایپرتروف و مزوتروف طبقه‌بندی شدند و بیان کردند که تنوع بالای موجودات کفزی، مربوط به دریاچه غنی از مواد آلی بوده است.

پراکنش زمانی موجودات متاثر از ویژگی‌های زیستی آن‌هاست و این دلیل بر کاهش حضور آن‌ها در بستر می باشد، به‌طوری‌که بیان شد شیرونومیده‌ها در پاییز و زمستان در ایستگاه‌های بیش‌تری حضور داشتند. فراوانی این موجودات در بستر متأثر از چرخه حیاتی آن‌ها است. از طرفی با کاهش دما رشد کفزیان کاهش می‌یابد و از آن‌جایی که لارو حشرات جمعیت‌های غالب کفزیان را تشکیل می‌دهند، بالغ نمی‌شوندواین می‌تواند دلیلی برای حضور بیش‌تر لاروهای شیرونومیده در پاییز و زمستان باشد (Kornijow و Gulati، ۱۹۹۲؛ زارع، ۱۳۹۳). بسیاری از منابع اشاره نموده‌اند که جلبک‌ها و به‌خصوص دیاتومه‌ها، غذای عمده اکثر حشرات به‌خصوص شیرونومیده را تشکیل می‌دهند. بین لاروهای حشرات و دیاتومه‌ها رابطه مکانی و زمانی مشخص وجود دارد، به‌طوری‌که در دوره افزایش دیاتومه‌ها در یک مکان مشخص، جمعیت حشرات کفزی نیز در همان دوره و مکان افزایش می‌یابد (Storey، ۱۹۸۶). Pinder (۱۹۷۷) و Williams (۱۹۸۱) گزارش نمودند که حداکثر تعداد شیرونومیده در دریاچه Tandol Brook دقیقاً هم‌زمان با حداکثر تراکم دیاتومه‌ها در بهار است.

بقایای گیاهی در باتلاق‌ها، مرداب‌ها و ساحل دریاچه‌ها زیستگاه‌های مناسبی برای لارو سنجاقک‌ها (Coenagrionidae) هستند. این جنس در فصل بهار در ایستگاه ۳ مشاهده شد و این ایستگاه ورودی رودخانه بوده و به‌دلیل عمق کم و احتمالاً حضور پوشش گیاهی حضور لارو این جنس دیده شد (Thorp و Covich، ۲۰۱۰). حلزون‌های خانواده Valvatidae در دریاچه‌ها و رودخانه‌هایی با آب سرد و تمیز حضور دارند به‌ویژه در مکان‌هایی که پوشش گیاهی وجود داشته باشد. در مطالعه Tall و همکاران (۲۰۰۸) در ارزیابی زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در زیستگاه‌های تالابی دریاچه Saint-Pierre، رده‌های مختلفی از سخت‌پوستان و نرم‌تنان را در زیستگاه‌های رودخانه‌ای گزارش کردند درحالی‌که شیرونومیده و کم‌تاران را در مناطق دریاچه‌ای مشاهده کردند. حلزون‌های آب شیرین خانواده Lymnaeidae بیش‌تر در آب‌های غنی از کلسیم حضور دارند. اغلب در آب‌های کم عمق، جایی که دما بالاست و موادغذایی بیش‌تری موجود است، حضور دارند. اگرچه گونه‌هایی شناخته شده اند که در آب‌های عمیق دریاچه‌ها حضوردارند.این حلزون‌ها در آب‌های کم تولید(الیگوتروف)، میان تولید (مزوتروف) و پر تولید (یوتروف) زندگی می‌کنند. این گروه از نرم‌تنان عموماً به‌راحتی به دریاچه‌ها و برکه‌ها وارد و در بخش‌هایی که گیاه آبزی‌وسایر گونه‌های‌شکم‌پایان‌فراوان نباشند، اجتماعات بزرگ تشکیل می‌دهند. این جنس در فصل تابستان و در ایستگاه ۳ گزارش شد که ورودی یک رودخانه‌دائمی بوده و دارای عمق کمی است (Dillon، ۲۰۰۰). شاخص شانون در واقع مدلی است که تنوع گونه‌ها را به‌صورت فرمول محاسبه می‌نماید. هرقدر مقدار شانون کم‌تر باشد، نشان‌دهنده کم بودن تنوع گونه‌ای است. مقدار شاخص تنوع در دریاچه سد کمال صالح در محدوده حداکثر ۰/۸۸ و حداقل ۰/۲۹ متغیر است. تنوع کم جانوران کفزی دریاچه را می‌توان به عدم بستر مناسب برای استقرار و کمبودمواد‌مغذی به‌دلیل‌جوان بودن دریاچه گزارش کرد. Jegadeesan و Ayyakkannu (۱۹۹۲) در بررسی خود در آب‌های ساحلی به این نتیجه رسیدند که تنوع جانوران کفزی در تابستان نسبت به بهار و پاییز کم‌تر می‌باشد. آن‌ها در تحلیل خود به این نکته اشاره نمودند که کاهش تنوع در تابستان در بسترهای ماسه‌ای به‌مراتب بیش‌تر از بسترهای گلی است، زیرا بسترهای ماسه‌ای در معرض تلاطم و فرسایش بیش‌تری هستند. در تحقیق جلیلی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی فون ماکروبنتیک بخش جنوب‌غربی تالاب انزلی نیز مشخص گردید در تابستان از میزان گل و لای رسوبات بستر کاسته و میزان ماسه رسوب افزایش نشان داشت، در نتیجه میزان تنوع جانوران کفزی در تابستان نسبت به بهار و پاییز کاهش نشان می‌دهد.

شاخص سیمپسون درجه غالبیت را نشان می‌دهد و بیش‌تر برای تعیین غالبیت بین جمعیت گونه‌ها به‌کار برده می‌شود. مقدار این شاخص می‌تواند بیانگر این باشد که، دو فرد را که به‌طور اتفاقی از یک نمونه برگزیده شده‌اند، چقدر احتمال دارد که متعلق به یک گونه باشند. معمولاً هر چه غالبیت یک گونه در اجتماع بیش‌تر باشد، این مقدار به سمت ۱ میل می‌کند و برعکس هر چه توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت‌تر باشد، این مقدار به سمت صفر میل می‌کند. این شاخص در مورد اجتماعاتی به‌کار می‌رود که بتوان تمام افراد آن اجتماع را شمارش کرد (رهبری، ۱۳۸۴). نتیجه شاخص سیمپسون در منطقه مورد مطالعه در زمستان بیش‌تر به سمت صفر میل می‌کند. بنابراین توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها یکنواخت می‌باشد. هرچه کیفیت آب و زیستگاه در محل مورد بررسی بهتر باشد، مقدار شاخص مارگالف افزایش می‌یابد. عمدتاً شاخص غنای گونه‌ای یک

اکوسیستم گویای وضعیت محیط ازلحاظ شرایط مناسب زیست آن‌ها می‌باشد، زیرا شرایط محیطی مطلوب محیطی موجب افزایش حضور گونه‌هامی‌شود. این شاخص نشان‌دهنده شرایط محیطی مناسب زیست در تابستان است.

همان‌طورکه از نتایج درجداول ۳ تا ۶ دیده می‌شود نمونه‌های متعددی ازخانواده‌های مختلف شناسایی شدندازطرفی فراوانی موجودات کفزی دارای وضعیت یکسان نیست و به‌علاوه در فصول مختلف در تمام ایستگاه‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای در کل این اکوسیتم مشاهده شد. همان‌طورکه در جداول ۳تا۶ مشخص شده است، موجودات کفزی غالب دریاچه، کرم‌های کم‌تار از دو خانواده Tubificida و Naididae بود که بیش‌ترین حضور و فراوانی را به‌خود اختصاص دادند. تراکم زیاد این کفزیان هم‌چنین در مکان‌هایی با رسوبات آلی زیاد می‌باشد، اما در مورد این دریاچه نیاز به مطالعه میزان مواد آلی بستر است تا موضوع کاملاً روشن گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر خود را از شرکت آب منطقه‌ای مرکزی برای فراهم کردن بودجه و امکانات لازم برای انجام این تحقیق اعلام می‌دارند.

منابع

۱. **احمدی، م.ر.؛ کرمی، م. و کاظمی، ر.، ۱۳۷۹** . تعیین زی‌توده و برآورد تولید در رودخانه‌های آغشت و کردان. مجله منابع طبیعی ایران. سال ۵۳، شماره ۱، صفحات ۳ تا ۲۰.

۲. **باقری، س.ع.ش.، ۱۳۸۱.** بررسی پراکنش وتعیین توده زنده بی‌مهرگان کفزی دریاچه ارس. مجله علمی شیلات ایران. سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۱ تا ۱۰.

۳. **پروندی، ش.؛ عبدلی، ا. و هاشمی، س.ح.، ۱۳۹۵.** ارزیابی زیستی رودخانه جاجرود با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها. نشریه علمی بوم شناسی آبزیان. سال ۶، شماره ۱، صفحات ۲۰ تا ۳۲.

۴. **جلیلی، م.؛ نگارستان، ح. و صفاییان، ش.، ۱۳۸۸.** بررسی فون ماکروبنتیک بخش جنوب‌غربی تالاب انزلی و ارتباط آن‌ها با مواد آلی بستر، مجله اقیانوس شناسی. سال ۱، شماره ۴، صفحات ۱۱ تا ۱۹.

۵. **رهبری، ک.، ۱۳۸۴.** مطالعه تأثیر برخی از پارامترهای زیست محیطی بر روی اجتماعات ماکروبنتیک در رودخانـه کارون از بازه ملاثانی تا داروخوین، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد محیط زیست، واحد علوم وتحقیقات اهواز. صفحات ۴۷ تا ۵۲.

۶. **زارع، م.، ۱۳۹۳.** ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده‌رود براساس شاخص‌های زیستی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۹۳ صفحه.

۷. **صلواتیان، م.؛ عبدالله‌پوربی‌ریا، ح.؛ نظام‌بلوچی، ش.؛ مکارمی، م. و پورغلامی‌مقدم، م.، ۱۳۸۹.** ترکیب گونه‌ای و تعیین تراکم فیتوپلانکتونی در دریاچه پشت سد لار. مجله علمی تخصصی تالابدانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال ۲، شماره ۳، صفحات ۲۶ تا ۳۸.

۸. **محبوبی‌صوفیانی، ن. و نادری، غ.ر.، ۱۳۷۹.** کلید شناسایی بی‌مهرگان نهرها و رودخانه‌ها. جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۱صفحه.

۹. **میرزاجانی، ع.ر.؛ عباسی، ک.؛ سبک‌آرا، ج.؛ مکارمی، م.؛ عابدینی، ع. و صیادبورانی،م.، ۱۳۸۹.** لیمنولوژی دریاچه الیگو مزوتروف تهم در استان زنجان. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۲۵، شماره ۱، صفحات ۷۴ تا ۸۹.

۱۰. **یوسف‌زاد، ا.؛ نظامی‌بلوچی، ش.؛ خارا، ح. و میرزاجانی،ع.ر.، ۱۳۹۳.** بررسی توان تولید موجودات کفزی جهت آبزی‌پروری در دریاچه گلابر زنجان. نشریه توسعه آبزی‌پروری. سال ۸، شماره ۱، صفحات ۸۳ تا ۹۳.

۱۱. **Alves, R.G. and Lucca, J.V., 2000.** Oligochaeta (Annelida: Clitellata) como indicador de poluição orgânica em dois córregos pertencentes à Bacia do Ribeirão do Ouro Araraquara (São Paulo, Brasil). Brazilian. Journal of Ecology. Vol. 4, No. 1-2, pp: 112-117.

۱۲. **Dillon, J.R., 2000.** The ecology of freshwater mollusks. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 532 p.

۱۳. **Gardner, T.J., 1993.** Grazing and the distribution of sediment particle sizes in artificial stream systems. USA. Hydrobiologia. Vol. 252, No. 2, pp: 127-132.

۱۴. **Geoffrey, R.S.; Vaala, D.A. and Haley, A.D., 2001.** Distribution and abundance of macroinvertebrates within two temporary ponds. Hydrobiologia. Vol. 497, pp:161-167.

۱۵. **Heino, J., 2000.** Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. Hydrobiologia. Vol. 418, No. 1, pp: 229-242.

۱۶. **Hilsenhoff, W.L., 1988.** Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society. Vol. 7, No. 1, pp: 65-68.

۱۷. **Lonkar, S.S. and Kedar, G.T., 2014.** Macrozoobenthic diversity of three urban lakes of Nagpur, Central India. International Journal of Advanced Research. Vol, 2. No, 4. pp: 1082-1090.

۱۸. **James, H.J. and Thorpalan, A.P., 1991.** Ecology and classification of North American Freshwater invertebrates. Academic Press. San Diego. USA. 1703 p.

۱۹. **Kaster, J.L.; Klump, J.V.; Meyer, J.; Krezoski, J. and Smith, M.E., 1984.** Comparison of defecation rates of *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede (Tubificidae) using two different methods. Hydrobiologia. Vol. 111, No. 3, pp: 181-184.

۲۰. **Lasinio, G.J.; Pollice, A.; Marcon, É. and Fano, E.A., 2017.** Assessing the role of the spatial scale in the analysis of lagoon biodiversity. A case-study on the macrobenthic fauna of the Po River Delta. Ecological Indicators. Vol. 80, pp: 303-315.

۲۱. **Li, B.; Li, X.; Bouma, T.J.; Soissons, L.M.; Cozzoli, F.; Wang, Q.; Zhou, Z. and Chen, L., 2017.** Analysis of macrobenthic assemblages and ecological health of Yellow River Delta, China, using AMBI & M-AMBI assessment method. Marine Pollution Bulletin.

۲۲. **Margalef, R., 1983.** Limnologia. Barcelona: Ediciones Omega. 1009 p.

۲۳. **Mandawille, S.M., 2002.** Benthic macroinvertebrates in freshwaters taxa tolerance values, metrics and protocols. Chapter III. Project H-1. (Nova Scotia Soil & Water conservation Society of Metro Halifax).120 p.

۲۴. **Pinder, L.C.V., 1977.** The Chironomidae and their ecology in chalk stream. Annual Report, Freshwater Biological Association. Vol. 4, pp: 62-69

۲۵. **Rosenberg, D.M. and Resh, V.H., 1994.** Fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Wiley. New York. 1993 p.

۲۶. **Salmaso, N.; Morabito, G.; Mosello, R.; Garibaldi, L.; Simona, M.; Buzzi, F. and Ruggiu, D., 2003.** A synoptic study of phytoplankton in the deep lakes south of the Alps (lakes Garda, Iseo, Como, Lugano and Maggiore. Journal of Limnology. Vol, 62. No, 2. pp: 207- 227.

۲۷. **Sarang, N. and Sharma, L.L., 2009.** Macrobenthic fauna as bioindicator of water quality in Kishore Sagar Lake, Kota (Rajasthan) India 13th Conference Wuhan 2009 Conference Papers.

۲۸. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1963.** The Mathematical theory of communications. University of Illinois Press. Urbana, USA. ۶۶۷ P.

۲۹. **Storey, A.W., 1986.** Population dynamics, production and ecology of three species of epiphytic Chironomid. Ph. D thesis. University of Reading. UK.

۳۰. **Tall, L.; Méthot; G. Armellin, A. and Pinel-Alloul, B., 2008.** Bioassessment of Benthic Macroinvertebrates in Wetland Habitats of Lake Saint-Pierre (St. Lawrence River). Journal of Great Lakes Research. Vol. 34. pp: 599-614.

۳۱. **Thorp, J.H. and Covich, A.P., 2010.** Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Elsevier Inc. Boston. pp: 587-657.

۳۲. **Williams, K.A., 1981.** Population dynamics of epiphytic Chironomid larvae in a chalk stream. Ph. D thesis. University of Reading. UK.