فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰

۵۳-۶۸

بررسی تأثیر مزرعه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر الگوی پراکنش گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه چالوس

فائقه ردایی، حسین رحمانی*، سارا حق‌پرست و سیده محدیث رکابی

گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱

ردایی، ف.، ح. رحمانی، س. حق‌پرست و س.م. رکابی. ۱۴۰۰. بررسی تأثیر مزرعه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر الگوی پراکنش گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه چالوس. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۱): ۵۳-۶۸.

سابقه و هدف: ارزیابی زیستی منبع‌های آب با استفاده از بی‌مهرگان کفزی یکی از مناسب‌ترین و به صرفه‌ترین روش‌های مطالعات اثرهای انسانی بر پیکره اکوسیستم‌های آبی است. استراتژی‌های تغذیه‌ای، ویژگی معمولی است که انعطاف پذیری گونه‌ها را انعکاس می‌دهد و می‌توانند بخشی از یک اقدام واحد در ساختار طبقه‌بندی جوامع باشند. گروه‌های تغذیه‌ای در سوخت و ساز اکوسیستم آب شیرین از جمله چرخه مواد مغذی، کاهش اندازه ذرات آلی (به‌عنوان نمونه پاره‌کننده‌ها)، تسهیل عملکرد میکروتجزیه‌کننده‌ها یعنی باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها و حمل مواد آلی در پایین‌دست مشارکت می‌کنند. این مطالعه با هدف بررسی پراکنش گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی به‌عنوان مبنای ارزیابی زیستی در رودخانه چالوس، که یکی از رودخانه‌های حفاظت شده ایران می‌باشد، با شرایط اکولوژیکی منحصر به فرد، انجام گردید.

مواد و روش‌ها: جهت بررسی گروه‌های تغذیه‌ای بی‌مهرگان کف‌زی نمونه‌برداری آن‌ها با استفاده از نمونه‌بردار سوربر به ابعاد ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر با چشمه تور ۳۶۰ میکرون به‌صورت فصلی در سال ۱۳۹۴ و با ۳ تکرار در ۹ ایستگاه مطالعاتی در حوضه رودخانه چالوس انجام شد. جهت مقایسه فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای در ایستگاه‌ها و فصل‌های مختلف از آزمون کروسکال - والیس و برای مقایسه جفتی از آزمون من - ویتنی استفاده شد. از آزمون‌های درصد تشابه[1] برای تعیین آن دسته از گروه‌های تغذیه‌ای که بیشترین سهم (درصد مشارکت) را در تشابه موجود در هر ایستگاه و نیز نبود تشابه عمده میان ایستگاه‌های مختلف داشتند، استفاده گردید.

نتایج و بحث: در مدت نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مختلف در مجموع ۲۶۲۲۰ بزرگ بی‌مهره کف‌زی جداسازی، شناسایی و شمارش گردید که در ۳ شاخه، ۴ رده، ۱۲ راسته، ۳۴ خانواده و ۳۵ جنس طبقه‌بندی شدند. در این مطالعه بیشترین میزان فراوانی کل بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در ایستگاه‌های ۶ و ۸ به‌ترتیب ۱۵/۰۴ و ۱۶/۹۷ درصد از گروه‌های تغذیه‌ای مختلف بوده است که این میزان می‌تواند به‌دلیل ورود مواد آلی توسط پساب مزرعه‌های پرورش ماهی قبل از این ایستگاه‌ها باشد. به نظر می‌رسد مواد جامد معلق به همراه مواد غذایی خورده نشده در مزرعه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا نقش مهمی را در افزایش فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در پایین‌دست مزرعه‌های پرورش ماهی دارد. نتایج نشان داد که بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در منطقه مورد مطالعه شامل ۵ گروه تغذیه‌ای جمع‌کننده[2]، فیلترکننده[3]، شکارچی[4]، خراش‌دهنده[5] و پاره‌کننده[6]

* Corresponding Author: *Email Address*. H.Rahmani@sanru.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.29585

بودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که فراوانی گروه تغذیه‌ای جمع‌کننده در ایستگاه ۸ نسبت به دیگر ایستگاه‌ها بالاتر بود ($p<0.05$). همچنین گروه تغذیه‌ای فیلترکننده در ایستگاه ۶ نسبت به سایر ایستگاه‌ها از فراوانی بیشتری برخوردار می‌باشد ($p<0.05$). به‌طور کلی، در تمامی فصل‌ها، فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای خراش‌دهنده و پاره‌کننده نسبت به دیگر گروه‌ها کمتر بوده و دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($P<0.05$). نتایج حاصل از آنالیز درصد تشابه نشان‌دهنده درجه بالایی از یکنواختی و کاهش تغییرات در هر یک از ایستگاه‌های گروه‌بندی شده به تفکیک فصل بود.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد ایستگاه‌هایی که پس از کارگاه‌های پرورش ماهی قرار داشتند در بسیاری از فصل‌ها، گروه‌های تغذیه‌ای فیلترکننده و جمع‌کننده به تناوب، بیشترین فراوانی را داشتند. اگر چه براساس نتایج آزمون درصد تشابه، به‌دلیل افزایش حضور دیگر گروه‌های تغذیه‌ای در ایستگاه‌های بعد از مزرعه‌های پرورش ماهی سهم مشارکت گروه‌های فیلترکننده و جمع‌کننده در ترکیب اجتماع بزرگ بی مهرگان کف‌زی در مقایسه با دیگر ایستگاه‌ها کاهش پیدا کرده است.

واژه‌های کلیدی: گروه‌های تغذیه‌ای، کف‌زیان، رودخانه چالوس، آزمون‌های درصد تشابه.

مقدمه

رودخانه‌ها از مهمترین منبع‌های تأمین آب شیرین مصرفی در بخش کشاورزی، صنعت و شهری می‌باشند و بررسی آن‌ها نه تنها در تشخیص سلامت اکوسیستم‌ها مهم هستند، بلکه می‌توانند نشانگر فشارهای احتمالی وارده از محیط اطراف نیز باشند (Quigley, 1977). مطالعه آب‌ها و شناسایی آلودگی رودها و چشمه‌ها تنها با روش‌های رایج سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب کافی نیست؛ زیرا فقط اطلاعاتی را در زمان نمونه‌برداری به ما می‌دهد. به همین دلیل پایش زیستی با استفاده از جانوران، سنجه بهتری از محیط آبی می‌باشد. گروه‌های زیادی از موجودها از جمله جلبک‌ها، ماکروبنتوزها، ماکروفیت‌ها، آغازیان و ماهیان به‌عنوان سنجه کیفیت آب پیکره آب‌های شیرین استفاده می‌شوند. اما از بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی به‌طور گسترده برای نشان دادن تغییرات در زیستگاه‌های آبی استفاده می‌شود (Miserendino *et al*., 2008)؛ زیرا که آن‌ها به تغییرات فیزیکی (عمق، سرعت جریان، اندازه بستر) بسیار حساس می‌باشند (Pirouzi and Tavakoli, 2011) و عامل‌هایی مانند مقدار غذا، شرایط شیمیایی حاکم بر زیستگاه، مقدار مواد آلی، آلودگی محیط زیست، میزان اکسیژن محلول، تغییرات فصل‌ها و وجود گونه‌های کف-زی‌خوار می‌توانند بر فراوانی و تنوع این موجودات کف‌زی تأثیرگذار باشند (Abbaspour *et al*., 2012). از طرفی، بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان مصرف‌کنندگانی که از مواد آلی تغذیه نموده و مورد مصرف دیگر مصرف‌کنندگان مانند ماهی‌ها قرار می‌گیرند، در بوم سازگان‌های آبی، نقش اساسی در سطح‌های تغذیه‌ای ایفا نموده و از منابع غذایی مختلف استفاده می‌کنند که بر این اساس می‌توان آن‌ها را در گروه‌های مختلف تغذیه‌ای قرار داد Minshall *et al*., (1992). عملکردهای بوم‌شناختی را می‌توان با بسیاری از ویژگی‌های زیستی توصیف کرد که سازگاری گونه‌ها را با شرایط محیطی نشان می‌دهد. استراتژی‌های تغذیه‌ای، ویژگی معمولی است که انعطاف پذیری گونه‌ها را انعکاس می‌دهد و می‌توانند بخشی از یک اقدام واحد در ساختار طبقه‌بندی جوامع باشند. گروه‌های تغذیه‌ای در سوخت و ساز اکوسیستم آب شیرین از جمله چرخه مواد مغذی، کاهش اندازه ذرات آلی (به‌عنوان نمونه پاره‌کننده‌ها)، تسهیل عملکرد میکروتجزیه‌کننده‌ها یعنی باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها و حمل مواد آلی در پایین دست مشارکت می‌کنند (Callisto *et al*., 2001).

کمیت و کیفیت مواد آلی ناشی از فعالیت مزرعه‌های پرورش ماهی به رودخانه بر ساختار انرژی و گروه‌های تغذیه‌ای بی‌مهرگان کف‌زی تأثیرگذار بوده و بدین ترتیب سبب اختلال‌هایی در عملکرد اکوسیستم می‌شود. بنابراین با استفاده از ترکیب گروه‌های تغذیه‌ای می‌توان به وضعیت کیفی اکوسیستم رودخانه پی برد (Wallace *et al*., 1997). مطالعه Sharifinia *et al*., (2012) در بررسی گروه‌های

تغذیه‌ای در رودخانه تجن نشان داد که جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی شامل گروه تغذیه‌ای جمع‌کننده، فیلترکننده، شکارچی، خراش‌دهنده و پاره‌کننده می‌باشد. در این بررسی گروه‌های تغذیه‌ای جمع‌کننده، فیلترکننده و خراش‌دهنده بیشترین فراوانی را نشان دادند (Sharifinia *et al*., 2011).

رودخانه چالوس یکی از ۵ رودخانه‌ی حفاظت شده کشور است که از ارتفاعات البرز مرکزی سرچشمه می‌گیرد، دارای آبی تمیز و مناسب برای پرورش ماهیان سردآبی از جمله قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد و پساب آن‌ها که حاوی مواد غذایی خورده نشده و آلاینده‌های آلی است، می‌تواند بر جوامع کف‌زیان به‌عنوان سنجه‌های زیستی اثرگذار باشد. با توجه به این نکته که عملکرد گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در شرایط محیطی مختلف در رودخانه‌های ایران کمتر مورد بررسی قرار گرفته است (Shokri *et al*., 2014) و بیشتر مطالعات انجام شده تنها شناسایی، پراکنش و تنوع گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در منابع آبی رودخانه‌ای بوده است (Akbari ;Ebrahimnejad and Nikoo, 2004 ;and Ebrahimi, 2009 Abbaspour *et al*., 2012). تنها مطالعه انجام شده روی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه چالوس، تأثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا بر سنجه‌های تنوع و سنجه‌های زیستی بوده است (Radaei, 2016)، بنابراین این مطالعه با هدف بررسی پراکنش گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی به‌عنوان مبنای ارزیابی زیستی در رودخانه چالوس، که یکی از رودخانه‌های حفاظت شده ایران می‌باشد، با شرایط اکولوژیکی منحصر به فرد، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

با توجه به وجود مزرعه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در حوضه رودخانه چالوس، جهت نمونه‌برداری فصلی از بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی، در سال ۱۳۹۴، ۹ ایستگاه به‌وسیله دستگاه موقعیت‌یاب جهانی[۷] مدل etrex Garmin 20 ثبت و انتخاب شد که ایستگاه اول در کانال اصلی رودخانه و به‌عنوان ایستگاه شاهد، ایستگاه‌های ۲، ۴ و ۷ قبل از کارگاه پرورش ماهی و ایستگاه‌های ۳، ۵، ۶ و ۸ بعد از کارگاه‌ها و ایستگاه ۹ در کانال اصلی رودخانه واقع شده که در این ایستگاه سرشاخه‌های رودخانه چالوس به‌هم می‌پیوندند. در نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی، از نمونه‌بردار سوربر به ابعاد ۳۰/۵×۳۰/۵ سانتی‌متر با چشمه تور ۳۶۰ میکرون استفاده گردید. در هر ایستگاه، از ۳ نقطه در مقطع عرضی رودخانه، در کناره‌ها و وسط نمونه‌برداری صورت گرفته و نمونه‌های جمع آوری شده بعد از شست و شو در ظروف پلاستیکی درب‌دار ریخته شده و با فرمالین ۴ درصد تثبیت گردید و سپس جهت شناسایی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. پس از جداسازی، شناسایی و شمارش تا پایین‌ترین سطح ممکن (خانواده و در برخی موارد در سطح جنس) صورت گرفت (Clifford, 1991; Quigley, 1977). پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب مانند دما، هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول با دستگاه کدورت سنج مدل AZ 8361، اکسیژن محلول با دستگاه Hach مدل Sension5 و pH با دستگاه pH متر مدل AZ - 8685 اندازه‌گیری شد. تعیین دبی و سرعت متوسط آب براساس روش جسم شناور ارائه شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست (EPA, 1996) انجام گرفت.

$$V = \frac{l}{t}$$
$$S = h.d$$
$$Q = V.S$$

V: سرعت متوسط برحسب متر بر ثانیه، l: مسافت طی شده توسط جسم شناور به متر، t: زمان حمل جسم شناور، S: سطح مقطع برحسب مترمربع، h: عمق متوسط به متر، d: عرض متوسط به متر، Q: دبی برحسب متر مکعب بر ثانیه. برای مقایسه فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای در ایستگاه‌ها و فصل‌های مختلف (با توجه به نرمال نبودن داده‌ها) از آزمون کروسکال - والیس و برای مقایسه جفتی از آزمون من ویتنی با حدود اطمینان ۹۵ درصد از نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد. از آزمون‌های درصد تشابه جهت تعیین

آن دسته از گروه‌های تغذیه‌ای که بیشترین سهم (درصد مشارکت) را در تشابه موجود در هر ایستگاه و نیز نبود تشابه عمده میان ایستگاه‌های مختلف داشتند، استفاده گردید. آزمون درصد تشابه در محیط نرم‌افزار PRIMER 6 plus PERMANOVA و براساس معیار عدم تشابه Bray - Curtis روی داده‌های فراوانی پس از تبدیل به ریشه دوم انجام گرفت. لازم به بیان است جهت تعیین اثرهای حضور کارگاه‌های پرورش ماهی بر تنوع زیستی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی براساس آنالیز درصد تشابه، کلیه ایستگاه‌ها به چهار گروه شامل: ۱- بالادست در مسیر اصلی (مکارود) ۲- ایستگاه‌های قبل از کارگاه در سرشاخه‌های فرعی ۳- ایستگاه‌های بعد از کارگاه در سرشاخه‌های فرعی و ۴- پایین‌دست در مسیر اصلی (دوآب) گروه‌بندی شدند. ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel 2013 انجام شد.

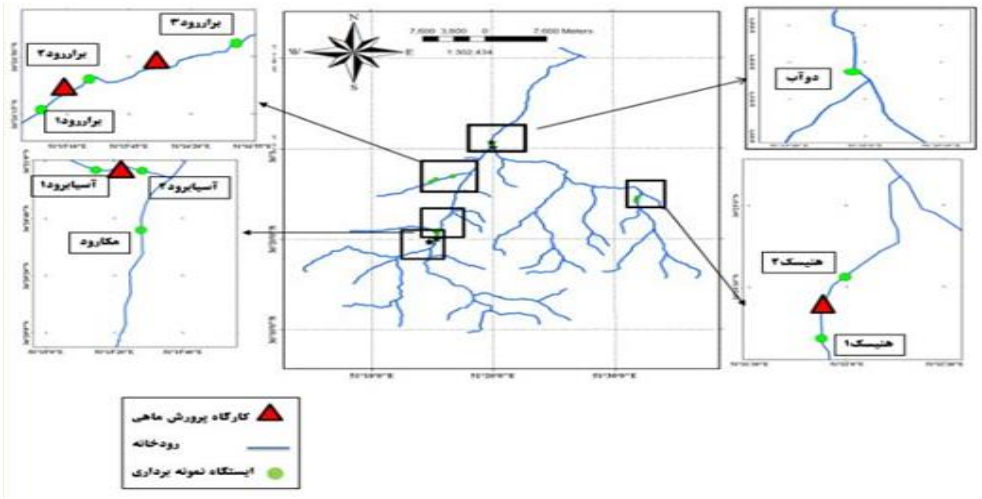
جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در حوضه رودخانه چالوس

Table 1. Geolocation of sampling stations in the Chalous River basin

شماره ایستگاه Station number	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	موقعیت ایستگاه‌ها Stations position
1	51°15/498′	36°20/599′	مسیر اصلی رودخانه (مکارود) The main route of the river (Makarood)
2	51°15/262′	36°20/983′	قبل از کارگاه (آسیاب‌رود ۱) Before the trout farm (Asiabrood 1)
3	51°15/449′	36°20/903′	بعد از کارگاه (آسیاب‌رود ۲) After the trout farm (Asiabrood2)
4	51°14/899′	36°26/326′	قبل از کارگاه اول (برارود ۱) Before the first trout farm (Bararrood 1)
5	51°15/376′	36°26/610′	بین کارگاه اول و دوم (برارود ۲) Between the first and the second trout farm (Bararrood 2)
6	51°16/759′	36°26/986′	بعد از کارگاه دوم (برارود ۳) After the second trout farm (Bararrood 3)
7	51°31/933′	36°24/180′	قبل از کارگاه (هنیسک ۱) Before the trout farm (Hanisak 1)
8	51°32/036′	36°24/551′	بعد از کارگاه (هنیسک ۲) After the trout farm (Hanisak 2)
9	51°19/972′	36°30/372′	مسیر اصلی رودخانه (دوآب) The main route of the river (Doab)

شکل ۱- نقشه ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری در حوضه رودخانه چالوس در سال ۱۳۹۴

Fig. 1- Map of different sampling stations in Chalous River basin in 2015



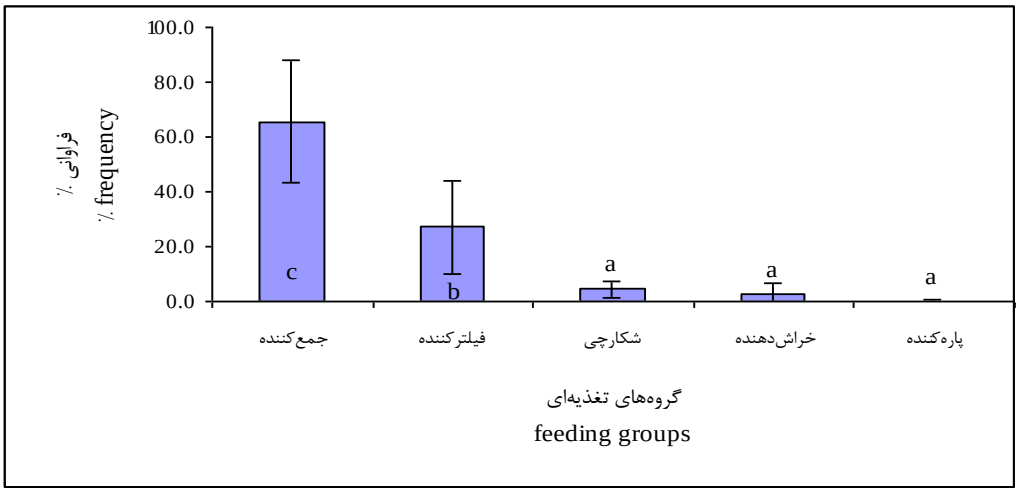
ادامه شکل ۱- نقشه ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری در حوضه رودخانه چالوس در سال ۱۳۹۴

Fig. 1- Map of different sampling stations in Chalous River basin in 2015

نتایج و بحث

طی یک سال نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مطالعاتی در حوضه رودخانه چالوس تعداد ۲۶۲۲۰ بزرگ بی‌مهره کف‌زی جداسازی و شناسایی گردید که در ۳ شاخه، ۴ رده، ۱۲ راسته، ۳۴ خانواده و ۳۵ جنس طبقه‌بندی شدند. بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در منطقه مورد مطالعه شامل ۵ گروه تغذیه‌ای جمع‌کننده، فیلترکننده، شکارچی، خراش‌دهنده و پاره‌کننده بودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که گروه‌های تغذیه‌ای طی سال از فراوانی متفاوتی برخوردار می‌باشند و بیشترین فراوانی (۶۰٪) مربوط به گروه تغذیه‌ای جمع‌کننده و کمترین فراوانی (۰/۱۶٪) مربوط به گروه پاره‌کننده بوده است (شکل ۲). درصد فراوانی هر یک از خانواده‌ها و جنس‌های شناسایی شده از گروه‌های تغذیه‌ای به تفکیک فصل در جدول ۲ آورده شده است.

بنابر نتایج به‌دست آمده، فراوانی گروه تغذیه‌ای جمع‌کننده در ایستگاه ۸ نسبت به دیگر ایستگاه‌ها از مقدار بیشتری برخوردار بود (Kruskal-Wallis Test=44.929, df=8, Sig=0.00). همچنین گروه تغذیه‌ای فیلترکننده در ایستگاه ۶ نسبت به دیگر ایستگاه‌ها از فراوانی بیشتری برخوردار بود (Kruskal-Wallis Test=58.934, df=8, Sig=0.00) (شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶).



شکل ۲- میانگین و انحراف معیار فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی طی سال ۹۴ در رودخانه چالوس (آنتنک‌ها نشان دهنده انحراف معیار است).

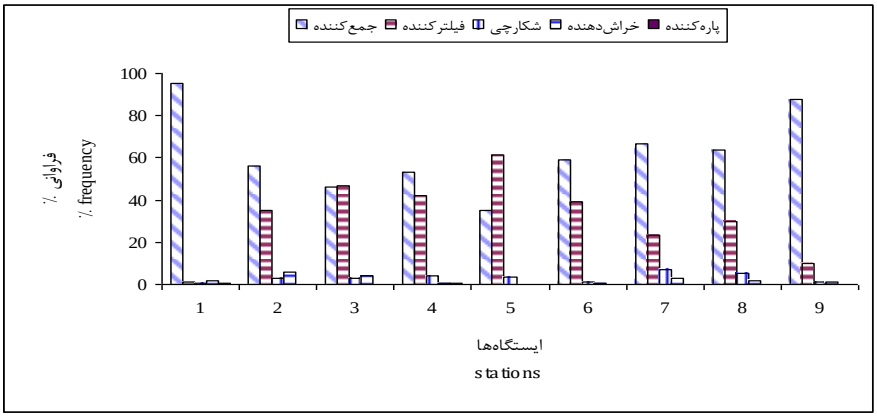
Fig. 2- Mean and standard deviation of the abundance of benthic macroinvertebrates feeding groups during 2015 in the Chalous River (antennas represent the standard deviation).

بررسی گروه‌های تغذیه‌ای در مطالعات مختلف نشان داد که در برخی منطقه‌ها مانند رودخانه تجن از ۶ گروه تغذیه‌ای، در حوضه آبریز ایچیلو در کشور بولیوی همانند مطالعه حاضر از ۵ گروه تغذیه‌ای و در دو تالاب لاگوس و لکی در شمال کشور نیجریه از ۴ گروه تغذیه‌ای تشکیل شده است (Shokri *et al*., 2014; Tello *et al*., 2009; Tomanova *et al*., 2006) که دلیل این تنوع گروه‌های تغذیه‌ای به‌وجود یا وجود نداشتن گروه‌های خراش‌دهنده و همه‌چیزخوار[۹] برمی‌گردد. در مطالعه Shokri *et al*. (2015) که روی رودخانه تجن انجام شد وجود کرم‌های پهن که در گروه همه‌چیزخوار طبقه‌بندی شده و در نواحی پایین‌دست رودخانه با بستر گلی و لجنی وجود داشته‌اند، سبب افزایش تعداد گروه‌های تغذیه‌ای در این رودخانه شده است.

همبستگی اسپیرمن بین پارامترهای محیطی و فراوانی گروه-های تغذیه‌ای در فصل‌های مختلف نشان داد که در فصل بهار گروه‌های تغذیه‌ای فیلترکننده با پارامترهای محیطی EC و TDS در سطح ۵ درصد ارتباط منفی معنی‌داری داشته و گروه تغذیه‌ای جمع‌کننده با میزان دبی آب رابطه مثبت و معنی‌داری نشان داده است. در فصل پاییز، گروه‌های تغذیه‌ای پاره‌کننده با دبی، EC و TDS رابطه مثبت و معنی‌دار دارد. همچنین گروه‌های تغذیه‌ای جمع‌کننده و پاره‌کننده با pH رابطه منفی و معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته و گروه تغذیه‌ای فیلترکننده با میزان فسفات در سطح یک درصد ارتباط مثبت و معنی‌داری نشان داد. در فصل پاییز فقط گروه تغذیه‌ای خراش‌دهنده با میزان فسفات رابطه مثبت و معنی‌داری داشته است. در فصل زمستان، گروه تغذیه‌ای شکارچی با دما در سطح ۵ درصد ارتباط مثبت و معنی‌داری داشته و گروه‌های تغذیه‌ای فیلترکننده و جمع‌کننده با pH در سطح ۵ درصد ارتباط منفی و معنی‌داری داشته‌اند.

بررسی فراوانی گروه‌های مختلف تغذیه‌ای در ایستگاه‌های مختلف در رودخانه چالوس در طی سال ۱۳۹۴ نشان داده که بیشترین و کمترین فراوانی در بیشتر ایستگاه‌ها به‌ترتیب مربوط به گروه‌های تغذیه‌ای جمع‌کننده و پاره‌کننده می‌باشد (شکل ۳).

پراکندگی گروه‌های مختلف تغذیه‌ای در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که خانواده‌های Lumbriculidae، Chironomidae و Baetidae از گروه جمع‌کننده و خانواده‌های Simulidae و Hydropsychidae از گروه فیلترکننده و خانواده Athericidae از گروه شکارچی و جنس *Tipula* از خانواده Tipulidae از گروه پاره‌کننده در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری وجود داشتند (جدول ۲). براساس آزمون کروسکال - والیس فقط فراوانی گروه تغذیه‌ای پاره‌کننده در ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد (Kruskal-Wallis Test=7.662, df=8, Sig=0.467).



شکل ۳- میانگین و انحراف معیار فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی طی سال ۹۴ در ایستگاه‌های مختلف رودخانه چالوس (آنتنک‌ها نشان دهنده انحراف معیار است)

Fig. 3- The mean and standard deviation of the abundance of benthic macroinvertebrates feeding groups during 2015 at various stations in Chalous River (antennas represent the standard deviation)

فعالیت‌های انسانی منجر به درجه‌های مختلفی از تخریب زیستگاه‌ها و غنی‌سازی مواد غذایی در آب می‌شود که در نهایت می‌تواند موجب تغییر در اجتماع‌های بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی شود (Minshall *et al*., 1992). در این مطالعه بیشترین میزان فراوانی کل بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در ایستگاه‌های ۶ و ۸ به‌ترتیب ۱۵/۰۴ و ۱۶/۹۷ درصد از گروه‌های تغذیه‌ای مختلف بوده است (جدول ۲) که می‌تواند به‌دلیل ورود مواد آلی توسط پساب مزرعه‌های پرورش ماهی قبل از این ایستگاه‌ها باشد. به‌نظر می‌رسد مواد جامد معلق به‌همراه مواد غذایی خورده نشده در مزرعه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا نقش مهمی را در افزایش فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در پایین‌دست مزرعه‌های پرورش ماهی دارد (Buzby and Viadero, 2007). Kirkagaiç *et al.* (2009) و Camargo *et al.* (2011) بیشترین فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی را در ایستگاه‌های پایین‌دست کارگاه‌های پرورش ماهی مشاهده کردند. Guilpart *et al.*, (2012) طی مطالعات خود در امتداد چند رودخانه در کشور فرانسه مشاهده کردند که فراوانی بی‌مهرگان کف‌زی به‌طور ثابت در پایین‌دست محل تخلیه پساب مزرعه‌ها بالاتر است و یک همبستگی مثبت با میزان تولید ماهی در مزرعه‌ها گزارش شد.

جدول ۲- میانگین درصد فراوانی خانواده و جنس‌های مختلف بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در هریک از گروه‌های تغذیه‌ای به تفکیک ایستگاه در رودخانه چالوس (۱۳۹۴)

Table 2. The average percentage of the abundance of benthic macroinvertebrates families and genera in each feeding group in the Chalous River (2015)

میانگین درصد فراوانی در هر ایستگاه Average abundance at each station									جنس Genus	خانواده Family	گروه‌های تغذیه‌ای Feeding groups
9	8	7	6	5	4	3	2	1			
6.9	38.2	13.8	19.6	2.4	1.1	8.6	2.6	6.8	-	Chironomidae	جمع‌کننده Collector/ Gatherer
4.8	18.1	12.7	26.6	7.5	8.4	10.2	2.8	8.9	*Baetis*	Baetidae	
4.4	0.1	-	-	0.1	0.9	36	42.5	16	*Rhithrogena*	Heptageniidae	
-	37.5	16.7	-	-	-	33.3	12.5	-	*Antocha*	Tipulidae	
-	24.5	8.1	53.1	10.2	4.1	-	-	-	*Eiseniella*	Lumbridae	
-	36.4	54.6	-	-	9	-	-	-	*Gammarus*	Gamaridae	
-	-	-	100	-	-	-	-	-	*Physa*	Physidae	
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Stratiomyidae	
-	-	-	50	-	-	-	16.6	33.4	*Caenis*	Caenidae	
1.4	39.5	16.9	16.9	9.9	7	2.8	4.2	1.4	*Lumbriculus*	Lumbriculidae	
-	50	-	-	50	-	-	-	-	*Pericoma*	Psychodidae	
0.5	16.8	3.3	38.7	2.5	0.1	26.7	11.2	0.2	*Simulium*	Simulidae	فیلترکننده Collector/Filterer
1.9	27.5	13.9	6.7	31.6	14.2	3.5	0.4	0.3	*Hydropsyche*	Hydropsychidae	
-	-	-	-	-	100	-	-	-	*Chimarra*	Philopotamidae	
1.2	15.5	33.3	4.7	8.3	3.6	10.7	17.9	4.8	*Atherix*	Athericidae	شکارچی Predator
1.9	15.8	70.3	2	1	1	2	5	1	*Hemerodromia*	Empididae	
-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	Sisyridae	
-	58	20	8	7	6	1	-	-	*Rhyacophila*	Rhyacophilidae	
-	74.5	6.9	4.6	8.9	2.7	1.6	0.8	-	*Dicranota*	Tipulidae	
7.3	4	13.7	-	0.8	0.8	55.7	17.7	-	*Ophiogomphus*	Gomphidae	
-	66.7	8.3	-	16.7	8.3	-	-	-	*Hexatoma*	Tipulidae	
-	11.7	45.6	-	11.8	25	1.5	1.5	2.9	*Arcynopteryx*	Perlodidae	
-	-	۲۵	۵۰	-	-	۲۵	-	-	*Tabanus*	Tabanidae	
-	9	36.4	18.2	-	36.4	-	-	-	*Aeshna*	Aeshnidae	
-	37	63	-	-	-	-	-	-	-	Ceratopogonidae	

ادامه جدول ۲- میانگین درصد فراوانی خانواده و جنس‌های مختلف بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در هریک از گروه‌های تغذیه‌ای به تفکیک ایستگاه در رودخانه چالوس (۱۳۹۴)

Table 2. The average percentage of the abundance of benthic macroinvertebrates families and genera in each feeding group in the Chalous River (2015)

میانگین درصد فراوانی در هر ایستگاه Average abundance at each station									جنس Genus	خانواده Family	گروه‌های تغذیه‌ای Feeding groups
9	8	7	6	5	4	3	2	1			
-	-	5.6	1.4	-	-	48.6	44.4	-	*Belpharicera*	Belphariceride	خراش‌دهنده Scraper
-	-	-	-	-	100	-	-	-	*Glossosoma*	Glossosomatidae	
-	28.6	-	57.2	-	-	14.2	-	-	*Limnius*	Elmidae	
-	53.8	46.2	-	-	-	-	-	-	*Ferrissia*	Ancylidae	
5.3	46.8	42.6	3.2	0.5	1.1	0.5	-	-	*Stenelmis*	Elmidae	
-	-	-	-	-	-	100	-	-	*Ecdyonurus*	Heptageniidae	
-	-	-	-	-	-	100	-	-	*Epeorus*	Heptageniidae	
6.8	11.4	4.4	11.4	11.4	15.9	11.4	2.3	25	*Lepidostoma*	Lepidostomatidae	پاره‌کننده Shredder
									Tipula	Tipulidae	

بررسی فراوانی گروه تغذیه‌ای جمع‌کننده در ایستگاه مختلف براساس آزمون من-ویتنی نشان داد که ایستگاه‌های ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ با بقیه ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری داشته است ($P < 0.05$). فراوانی گروه تغذیه‌ای فیلترکننده در ایستگاه‌های ۱، ۶، ۸ و ۹ با بقیه ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P < 0.05$). در بررسی فراوانی گروه تغذیه‌ای شکارچی در ایستگاه‌های مختلف مشخص شد که فراوانی آن‌ها در ایستگاه‌های ۷ و ۸ با بقیه ایستگاه تفاوت معنی‌داری دارد ($P < 0.05$). در مورد گروه تغذیه‌ای خراش‌دهنده نیز تفاوت معنی‌داری در فراوانی آن‌ها در ایستگاه‌های ۳، ۴، ۵ و ۹ مشاهده شد ($P < 0.05$). گروه تغذیه‌ای پاره‌کننده که کمترین فراوانی را در بین دیگر گروه‌ها در ایستگاه‌های مطالعاتی داشته و تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($p > 0.05$).

همزمان با افزایش قابل توجه فراوانی بی‌مهرگان کف‌زی در پایین‌دست، آن دسته از کف‌زیانی که دارای رفتار تغذیه‌ای فیلترکننده و جمع‌کننده هستند نظیر Hydropsychidae، Baetidae، Simulidae و Chironomidae در پایین‌دست مزرعه‌ها افزایش می‌یابند (Sandin, 2003). پسماندهای غذایی و مواد حاصل از فعالیت متابولیک ماهی که به‌صورت مواد آلی معلق در آب وجود دارد سبب افزایش کف‌زیان این خانواده‌ها شده و به‌تدریج با فاصله گرفتن از مزرعه‌ها، کاهش می‌یابد (Radaei, 2016). این نتیجه در ایستگاه‌های ۳، ۶ و ۸ که بعد از کارگاه پرورش ماهی قرار دارند، مشاهده شد (جدول ۲). Loch *et al.* (1996) در مطالعه خود در ایالات متحده مشاهده کردند که گروه‌های جمع‌کننده نظیر Hydropsychidae به‌طور معناداری بعد از خروجی کارگاه‌ها افزایش داشته است که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. فراوان‌ترین خانواده شناسایی شده از راسته دوبالان[8]، خانواده Chironomidae با ۵۳ درصد فراوانی بوده که دارای رفتار تغذیه‌ای جمع‌کننده (تغذیه از مواد آلی موجود در بستر رودخانه) می‌باشد و در تمامی فصل‌ها مشاهده شد و بعد از آن جنس *Simulium* از خانواده Simulidae با ۴۰ درصد فراوانی با رفتار تغذیه‌ای فیلترکنندگی (تغذیه از مواد آلی معلق در ستون آب) بود. این دو خانواده از گروه‌های مقاوم به آلودگی هستند و فراوانی بالای این خانواده‌ها می‌تواند به‌دلیل فیلترکنندگی آن‌ها از مواد آلی و ریز معلق در ایستگاه‌های پایین‌دست و آلوده‌تر باشد (Radaei, 2016). همچنین در مطالعه Naderi Joloudar *et al.* (2011) بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی مقاوم به آلودگی آلی (Chironomidae و Simulidae) در ایستگاه‌های بلافاصله بعد از هر مزرعه نسبت به قبل آن‌ها درصد فراوانی بیشتری را تشکیل دادند.

خانواده Baetidae از گروه جمع‌کننده که از جلبک‌ها و فلور میکروبی و دامنه وسیع‌تری از مواد غذایی نسبت به دیگر خانواده‌های راسته یکروزه‌ها تغذیه می‌کنند، در ایستگاه‌های بعد از کارگاه بیشترین فراوانی را داشتند (Radaei, 2016). به همین دلیل دامنه تحمل این خانواده نسبت به دیگر افراد راسته یکروزه‌ها که دارای رفتار تغذیه‌ای خراش‌دهنده هستند، بیشتر می‌باشد. Zivic *et al.* (2009) در بررسی خود در رودخانه ترسنجیکا در صربستان، افزایش خانواده Baetidae را در ایستگاه‌های پایین دست کارگاه پرورش ماهی گزارش نمودند (Wallace and Merritt, 1980) که با نتایج به‌دست آمده مطابقت دارد.

نتایج حاصل از آنالیز درصد تشابه در جدول ۳ نشان دهنده درجه بالایی از یکنواختی و کاهش تغییرات در هر یک از ایستگاه‌های گروه‌بندی شده به تفکیک فصل بود (درصد تشابه بالای ۶۰٪) و تنها در یک مورد در ایستگاه‌های قبل از کارگاه در فصل بهار درصد شباهت به زیر ۵۵٪ رسید. در فصل‌های تابستان و پاییز، ترتیب سهم مشارکت همه گروه‌های تغذیه‌ای میان ایستگاه‌های واقع در قبل و بعد از کارگاه یکسان بوده بجز گروه پاره‌کننده که در ایستگاه‌های بعد از کارگاه حضور داشته ولی در ایستگاه‌های قبل از کارگاه دیده نشدند. به‌طور کلی، تنوع گروه‌های تغذیه‌ای در ایستگاه‌های واقع در بالادست (مکارود) و پایین‌دست (دوآب) در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها بویژه ایستگاه‌های بعد از کارگاه‌های پرورش ماهی کمتر می‌باشد (جدول ۳).

نتایج حاصل از مقایسه زوجی میان ایستگاه‌های گروه‌بندی شده و درصد نبود تشابه در ترکیب گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی به تفکیک فصل در جدول ۴ نشان داده شده است. بیشترین درصد نبود تشابه (۵۳/۰۷) میان ایستگاه بالادست (مکارود) و ایستگاه‌های قبل از کارگاه‌های پرورش ماهی در فصل پاییز مشاهده شد، به‌طوریکه اختلاف در ترکیب تنوع گروه‌های تغذیه‌ای نیز گواه بر این امر است. حضور بالای گروه تغذیه‌ای خراش‌دهنده در ایستگاه‌های قبل از کارگاه و پاره‌کننده در مکارود (سهم مشارکت ۱۷٪) در ایجاد بیش از ۵۰٪ این اختلاف نقش داشتند. همچنین کمترین درصد نبود تشابه (۲۱/۴۸٪) میان دو ایستگاه واقع در مسیر اصلی (مکارود در بالادست و دوآب در پایین‌دست) در فصل بهار دیده شد و حضور گروه‌های تغذیه‌ای جمع‌کننده، فیلترکننده، شکارچی و پاره‌کننده به‌ترتیب با ترکیب فراوانی به‌نسبت یکنواخت بین این دو ایستگاه در ایجاد شباهت بالا (کمابیش ۷۹٪) نقش داشتند.

در رودخانه‌های منطقه‌های بالادست که پوشش گیاهی بیشتری دارند و بستر رودخانه پوشیده از شاخ و برگ گیاهان حاشیه رودخانه می‌باشد، گروه‌های تغذیه‌ای پاره‌کننده، از برگ‌های موجود در بستر تغذیه کرده و انرژی آن به سطح‌های تغذیه‌ای بالاتر از جمله میکروارگانیسم‌ها، گونه‌های مختلف بی‌مهره همه چیزخوار و شکارچیان بالاتر انتقال داده می‌شود (Uwadiae, 2010; Ogbuagu *et al.*, 2011; Guilpart *et al.*, 2012). در ایستگاه ۱ گروه تغذیه‌ای پاره‌کننده نسبت به دیگر ایستگاه‌ها از فراوانی بیشتری برخوردار می‌باشد که به‌دلیل وجود جنس‌هایی نظیر *Tipula* از خانواده Tipulidae از راسته دوبالان می‌باشد (جدول۲). افرادی که در این گروه تغذیه‌ای قرار دارند از برگ‌های درختان و گیاهانی که به درون آب سقوط می‌کنند، استفاده کرده و از آنجا که این ایستگاه در مناطق بالادست با پوشش جنگلی واقع شده، می‌تواند یکی از دلیل‌های افزایش این گروه در ایستگاه مکارود باشد. براساس نتایج آزمون درصد تشابه، سهم بالای مشارکت این گروه تغذیه‌ای (۱۷٪) در ترکیب اجتماع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در فصل پاییز در ایستگاه اول در مقایسه با دیگر ایستگاه‌ها و فصل‌ها گواه بر این امر است. Ebrahimnejad and Nikoo (2004) در بررسی خود در رودخانه ماربر سمیرم افزایش بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در منطقه‌های جنگلی این رودخانه را به افزایش مواد آلی ناشی از بقایای گیاهی نسبت داد.

جدول ۳- درصد تشابه در آزمون تشابه SIMPER میان گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در هر یک از ایستگاه‌های گروه‌بندی شده به تفکیک فصل (Bray - Curtis با تبدیل ریشه دوم روی داده‌های فراوانی)

Table 3. The similarity percentage in the SIMPER similarity analysis between the macroinvertebrates feeding groups in each station grouped by season (Bray-Curtis on the square root of abundance data)

ایستگاه Station	بالادست در مسیر اصلی (مکارود) Upstream in the main road (Makarood)			قبل از کارگاه (در سرشاخه‌های فرعی) Before the trout farm (in the subbranches)			بعد از کارگاه (در سرشاخه‌های فرعی) After the trout farm (in the subbranches)			پایین‌دست در مسیر اصلی (دوآب) Downstream in the main road (Doab)		
فصل Season	درصد تشابه Similarity %	گروه‌های تغذیه‌ای Feeding groups	درصد مشارکت Participation %	درصد تشابه Similarity %	گروه‌های تغذیه‌ای Feeding groups	درصد مشارکت Participation %	درصد تشابه Similarity %	گروه‌های تغذیه‌ای Feeding groups	درصد مشارکت Participation %	درصد تشابه Similarity %	گروه‌های تغذیه‌ای Feeding groups	درصد مشارکت
بهار Spring	76.92	CG	90.55	54.95	CG	47.71	66.69	CF	44.34	80.49	CG	83.33
		SC	5.46		CF	25.50		CG	42.27		PR	12.09
		CF	3.99		PR	23.14		PR	10.43		CF	4.58
					SC	3.65		SC	2.96			
تابستان Summer	76.08	CG	78.41	74.9	CG	56.96	76.05	CG	47.18	80.38	CG	69.31
		SC	14.49		CF	19.07		CF	39.33		CF	30.69
		CF	4.15		PR	13.90		PR	9.25			
		SH	2.95		SC	10.08		SC	4.20			
								SH	0.04			
پاییز Autumn	65.40	CG	76.77	64.06	CG	52.38	69.61	CG	48.50	80.20	CG	65.55
		SH	17.79		CF	38.71		CF	39.47		CF	26.39
		CF	5.26		PR	5.49		PR	7.11		PR	4.37
					SC	3.41		SC	4.44		SC	3.69
								SH	0.48			
زمستان Winter	79.26	CG	91.91	63.32	CG	64.47	67.85	CG	49.66	70.13	CG	90.17
		CF	5.00		CF	23.89		CF	36.59		CF	6.23
		PR	3.10		PR	8.66		PR	9.29		SH	3.6
					SC	1.95		SC	3.51			
					SH	1.03		SH	0.96			

CG: جمع‌کننده (Collector/ Gatherer) ؛ CF: فیلترکننده (Collector/Filterer)؛ PR: شکارچی (Predator)؛
SC: خراش‌دهنده (Scraper)؛ SH: پاره‌کننده (Shredder)

جدول ۴- مقایسه‌های زوجی میان ایستگاه‌های گروه‌بندی شده در آزمون تشابه SIMPER از لحاظ فراوانی گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی به تفکیک فصل (Bray - Curtis با تبدیل ریشه دوم روی داده‌های فراوانی)

Table 4. Paired comparisons between stations in the SIMPER similarity analysis in terms of the abundance of macroinvertebrates feeding groups by season (Bray-Curtis on the square root of abundance data)

مقایسه‌های زوجی Paired comparison	مقایسه زوج (1) Pair 1		مقایسه زوج (2) Pair 2		مقایسه زوج (3) Pair 3		مقایسه زوج (4) Pair 4		مقایسه زوج (5) Pair 5		مقایسه زوج (6) Pair 6	
ایستگاه Station	قبل کارگاه Before the trout farm	مکارود Makarood	بعد کارگاه After the trout farm	مکارود Makarood	دوآب Doab	مکارود Makarood	بعد کارگاه After the trout farm	قبل کارگاه Before the trout farm	قبل کارگاه Before the trout farm	دوآب Doab	بعد کارگاه After the trout farm	دوآب Doab
بهار Spring	CF	CF	CF	CF	CG	CG	CF	CF	CG	CG	CF	CF
	CG	CG	CG	CG	CF	CF	CG	CG	CF	CF	CG	CG
	PR	PR	PR	PR	PR	SC	PR	PR	PR	PR	PR	PR
	SC	SC	SC	SC		PR	SC	SC	SC		SC	
	SH		SH				SH	SH	SH		SH	
درصد عدم تشابه Percentage dissimilarity	47.25%		52.25%		21.48%		43.26%		41.55%		47.51%	
تابستان Summer	CG	CG	CF	CF	CG	CG	CF	CF	CG	CG	CF	CF
	CF	CF	CG	CG	CF	CF	CG	CG	SC	SC	CG	CG
	PR	PR	PR	PR	SC	SC	SC	SC	PR	PR	PR	PR
	SC	SC	SC	SC	SH	SH	PR	PR	CF	CF	SC	SC
	SH	SH	SH	SH	PR	PR	SH	SH	SH	SH	SH	SH
درصد عدم تشابه Percentage dissimilarity	34.10%		41.73%		31.14%		34.94%		27.01%		38.12%	
پاییز Autumn	CF	CF	CF	CF	CG	CG	CG	CG	CF	CF	CF	CF
	CG	CG	CG	CG	CF	CF	CF	CF	CG	CG	CG	CG
	PR	PR	PR	PR	SH	SC	PR	PR	PR	PR	PR	PR
	SC	SC	SH	SC	PR	PR	SH	SC	SC	SC	SC	SC
	SH		SH				SH		SH		SH	
درصد عدم تشابه Percentage dissimilarity	53.07%		51.91%		35.87%		31.96%		41.77%		40.11%	
زمستان Winter	CF	CF	CF	CF	CG	CG	CG	CG	CG	CG	CF	CF
زمستان Winter	CG	CG	CG	CG	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CG	CG
	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR	PR
	SC	SC	SH	SC	SH	SH	SH	SH	SH	SC	SH	SH
	SH		SH				SH		SH		SH	
درصد عدم تشابه Percentage dissimilarity	35.59%	43.07%	34.13%	22.13%	46.51%	39.91%						

CG: جمع‌کننده (Collector/ Gatherer)؛ CF: فیلترکننده (Collector/Filterer)؛ PR: شکارچی (Predator)؛
SC: خراش‌دهنده (Scraper)؛ SH: پاره‌کننده (Shredder)

نتیجه‌گیری

با توجه به شیب به‌نسبت زیاد و سرعت جریان بالای رودخانه چالوس که شرایط خاصی را برای این رودخانه ایجاد کرده است و بر این اساس تمامی کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلا در سرشاخه‌های آن احداث شده است. نتایج این تحقیق نشان داده که ایستگاه‌های ۳، ۵، ۶ و ۸ که پس از کارگاه‌های پرورش ماهی قرار داشتند، در بسیاری از فصل‌ها، به تناوب، گروه‌های تغذیه‌ای فیلترکننده و جمع‌کننده بیشترین فراوانی را داشتند. اگرچه براساس نتایج آزمون درصد تشابه، به‌دلیل افزایش حضور دیگر گروه‌های تغذیه‌ای در ایستگاه‌های بعد از مزرعه‌های پرورش ماهی سهم مشارکت گروه‌های فیلترکننده و جمع‌کننده در ترکیب اجتماع بزرگ بی مهرگان کف‌زی در مقایسه با دیگر ایستگاه‌ها کاهش پیدا کرده است.

پی‌نوشت‌ها

[1] SIMPER
[2] Collector/Gatherer
[3] Collector/Filterer
[4] Predator
[5] Scraper
[6] Shredder
[7] GPS
[8] Diptera
[9] Omnivore

منابع

Abbaspour, R., Hassanzadeh, H., Alizadeh Sabet, H., Hedayatifard, M. and Mesgaran Karimi, J., 2013. Water quality assessment of Cheshmeh Kileh River by using benthic macroinvertebrate communities and physicochemical parameters. Journal of Aquaculture Development. 7(4), 63-75. (In Persian with English abstract).

Akbari, P. and Ebrahimi, E., 2010. Identification and determination of Benthic fauna biomass of Zayandeh-e Rood River (Isfahan province). Iranian Journal of Biology. 23(5), 743-751. (In Persian with English abstract).

Buzby, K.M. and Viadero, R.C., 2007. Structural and functional aspects of treated mine water and aquaculture effluent streams. Hydrobiologia. 583, 251–263.

Callisto, M., Moreno, P. and Barbosa, F.A.R., 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. Revista Brasileira de Biologia. 61(2), 259-266.

Camargo, J.A., Gonzalo, C. and Alonso, A., 2011. Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macro invertebrates: a case study. Ecology Indicators. 11, 911-917.

Clifford, H.F., 1991. Aquatic invertebrates of Alberta: An illustrated guide. University of Alberta, Canada. 538p.

Ebrahimnejad, M. and Nikoo, H.E., 2004. Taxonomic identification and distribution of macroinvertebrates in the Marber River in Isfahan province. Iranian Journal of Biology. 17(3), 247-260. (In Persian with English abstract).

EPA., 1996. Quality Criteria For waters, Washington D.C., USA. 256p.

Fries, L.T., Bowles and D.E., 2002. Water quality and macroinvertebrate community structure associated with a sport fish hatchery outfall. North American Journal of Aquaculture. 64(4), 257-266.

Guilpart, A., Roussel, J.M., Aubin, J., Caquet, T., Marle, M. and LeBris, H., 2012. The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers. Ecological Indicators. 23, 356-365.

Kelly, D.W. and Dick, J.T.A., 2005. Introduction of the non-indigenous amphipod *Gammarus pulex* alters population dynamics and diet of juvenile trout *Salmo trutta*. Freshwater Biology. 50, 127–140.

Kirkagaiç, M.U., Pulatsu, S. and Topcu, A., 2009. Trout farm effluent effects on water sediment Quality and Benthos. Clean. 37(4-5), 386-391.

Loch, D.D., 1996. The effects of trout farm effluents on the taxa richness of the benthic macroinvertebrates. Aquaculture. 147, 37-55.

Minshall, G.W., Petersen, R.C., Bott, T.L., Cushing, C.E., Cummins, K.W., Vannote, R.L. and Sedell, J.R., 1992. Stream ecosystem dynamics of the Salmon River, Idaho: an 8th-order system. Journal of the North American Benthological Society. 11, 111–137.

Miserendino, M.L., Brand, C. and DiPrinzio, C.Y., 2008. Assessing urban impacts on water quality, benthic communities and fish in streams of the Andes Mountains, Patagonia (Argentina). Water, Air, and Soil Pollution. 194(1-4), 91-110.

Naderi Joloudar, M., Abdoli, A., Mirzakhani, M., and Sharifi Jolodar, R. 2011. Benthic macroinvertebrates response in the Haraz River to the trout farms effluent. Iranian Journal of Natural Resources. 64 (2), 163-176. (In Persian with English abstract).

Ogbuagu, D.H., Njoku, J.D., and Ayoade, A.A., 2011. Trends in macrobenthal biotypes of Imo River in a Nigerian Delta region. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES). 1(4), 22-28.

Pirouzi, F. and Tavakoli, M., 2012. Biodiversity study of macrobenthos of major rivers of Lorestan province. National Conference of Aquatic Research and Aquatic ecosystems. Islamic Azad University, Savadkouh Branch. 15-16 November 2012, 37. (In Persian with English abstract).

Piscart, C., Genoel, R., Dolédec, S., Chauvet, E. and Marmonier, P., 2009. Effects of intense agricultural practices on heterotrophic processes in streams. Environmental Pollution. 157, 1011–1018.

Quigley, M., 1977. Invertebrates of streams and rivers. Edward Arnold, UK. 84p.

Radaei, F., 2016. The effect of trout farm effluent on biological indices and species diversity of macro invertebrates in the river basins of Chalous, Mazandaran Province. MSc. Thesis. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. (In Persian with English abstract).

Sandin, L., 2003. Benthic macroinvertebrates in Swedish streams: community structure, taxon richness, and environmental relations. Ecography. 26(3), 269-282.

Sharifinia, M., Imanpour Namin, J. and Bozorgi Makrani, A., 2012. Ecological assessment of the Tajan River using macroinvertebrate feeding groups and biomarkers. Applied Ecology. 1(1), 80-95. (In Persian with English abstract).

Shokri, M., Rahmani, H. and Ahmadi, M.R., 2015. Evaluation of feeding groups of bentic macroinvertebrates as a qualitative index of Tajan river water. Journal of Zoology Research (Iranian Journal of Biology). 28(1), 52-61. (In Persian with English abstract).

Tello. A., Corner, R.A. and Telfer. T.C., 2009. How do land-based salmonid farms affect stream ecology? A review. Environmental Pollution. 158, 1147–1158.

Tomanova, S., Goitia, E. and Helesic, J., 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. Hydrobiologia. 556, 251-264.

Uwadiae, R.E., 2010. Macroinvertebrates functional

feeding groups as indices of biological assessment in a tropical aquatic ecosystem: implications for ecosystem functions. New York Science Journal. 3(8), 6-15.

Wallace, J.B. and Merritt, R.W., 1980. Filter-feeding ecology of aquatic insects. Annual Review of Entomology. 25(1), 103-132.

Wallace, J.B., Eggert, S.L., Meyer, J.L. and Webster, J.R., 1997. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. Science. 277, 102–104.

Zivic, I., Markoic, Z., Filipovic-Rojka, Z. and Zivic, M., 2009. Influence of a trout farm on water quality and macrozoobenthos communities of the receiving stream. (Trešnjica River, Serbia). International Review of Hydrobiology. 94(6), 673-687

Environmental Sciences Vol.19 / No.1 / Spring 2021

53-68

Investigating the effects of rainbow trout farming on macroinvertebrates functional feeding groups in the Chalous River

Faeghe Radaei, Hossein Rahmani*, Sara Haghparast and Seyedeh Mahdis Rekabi

Department of Fisheries, Animal Science and Fisheries Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 2020.04.18 Accepted: 2021.01.30

Radaei, F., Rahmani, H., Haghparast, S. and Rekabi, S.M., 2021. Investigating the effects of rainbow trout farming on macroinvertebrates functional feeding groups in the Chalous River. 19(1):53-68.

Introduction: Biological evaluation of water resources using macroinvertebrates is one of the most appropriate and cost-effective methods in order to study human impacts on water ecosystems. Nutrition strategies are a typical feature that reflect the flexibility of species and can be used to classify communities. Feeding groups contribute to the metabolism in freshwater ecosystems, including nutrient cycles, reduce particle size (e.g., shredders), facilitate the functioning of microparticles, fungi, and yeasts and carry the organic matter downstream. The aim of this study was to investigate the distribution of feeding groups of benthic macroinvertebrates as the basis of biological evaluation in the Chalous River as one of the protected rivers in Iran with unique ecological conditions.

Material and methods: Macroinvertebrates were taken using Surber sampler (with an approximate area of 0.1 m^2 and mesh size of 360 µm) with 3 replicates in 9 stations each season, from June 2015 to March 2016. To compare the abundance of feeding groups in different stations and seasons, the Kruskal-Wallis and for Pair-wise comparison, the Mann-Whitney test was used. An analysis of similarity percentages (SIMPER) was used to determine the feeding groups that contributed most to the similarity at each station and also the major disparity between stations.

Results and discussion: During the whole period of sampling, 26220 individuals of macroinvertebrates were separated, identified, and counted, which belonged to three phyla, four classes, 12 orders, 34 families, and 35 genera. In this study, the highest total abundance of invertebrates of different feeding groups in stations 6 and 8 was 15.04% and 16.97%, respectively, which may be due to the entry of organic matter by wastewater farms before these stations. Suspended solids along with non-eaten foods in salmon farms seem to play an important role in

* Corresponding Author: *Email Address*. H.Rahmani@sanru.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.29585

increasing the abundance of benthic macroinvertebrates in the bottom of fish farms. Functional feeding groups of macroinvertebrates in this study included five groups: collector/gatherer, collector/filterer, predator, scraper, and shredder. Results showed that the abundance of collector/gatherer in station 8 was higher than in other stations. The frequencies of scraper and shredder groups showed significant differences with other groups ($P<0.05$). Also, collector/filterer group in station 6 was more abundant than other stations ($P<0.05$). The results of the SIMPER analysis indicated a high degree of uniformity and reduction of variations at each station group seasonally.

Conclusion: In general, the results of this study showed that a higher abundance of collector/filterer and collector/gatherer groups were observed at stations that were located after the fish farms. However, based on the results of the SIMPER test, due to the increased presence of other feeding groups in stations after fish farms, the contribution of the filterer and gatherer groups to the community structure of macroinvertebrates decreased in comparison with other stations.

Keywords: Feeding groups, Benthos, Chalous River, SIMPER Test.