Summer (2025) 14(53): 45-54
DOI: 10.30473/eab.2025.73827.1988
Received: 16 Feb 2025 Accepted: 8 Sep 2025

Experimental Animal Biology Open Access

ORIGINAL ARTICLE

Some environmental factors influencing aquatic beetle population of Ardal area (Coleoptera: Dytiscidae)

Milad Zafari Dehkohne[1], Mohammad Saeed Heydarnejad[1]*

[1]Department of Animal Science, Faculty of Basic Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Correspondence
Mohammad Saeed Heydarnejad
Email: msh@utas.edu.au

How to cite
Zafari Dehkohne, M., & Heydarnejad, M. S. (2025). Some environmental factors influencing aquatic beetle population of Ardal area (Coleoptera: Dytiscidae). *Experimental Animal Biology, 1*4(53), 45-54.

ABSTRACT
This research focused on examining various environmental factors affecting the distributions of aquatic beetles in Ardal, the city and capital of Ardal County, located in Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran. More than 30,000 species of freshwater insects have been recognized. Aquatic beetles, referred to as aquatic Coleoptera, are among the most prevalent aquatic insects, with over 13,000 species documented. The sampling was conducted seasonally over a year at 17 sites in the Ardal area using a specific sampling net, and ecological parameters like water temperature (WT), salinity (S), dissolved oxygen (DS), and water pH were assessed. Data were examined using linear regression as well as Canonical Correspondence Analysis (CCA). The findings indicated that the gathered samples were from 16 species, 12 genera, and 5 families (Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Dryopidae, and Helophoridae). The Dytiscidae family has the greatest species diversity, and the Helophoridae family has the least. The most numerous specimens collected were two species called *Agabus bipustulatus* and *Laccobius bipunctatus*. The biplots from linear regression and CCA (canonical correlation analysis) indicated that WT (correlation coefficient 1.846) exerted the most significant influence on species count had the greatest impact on the number of species. Subsequently, DO (correlation coefficient 1.121), S (correlation coefficient 0.930), and pH (correlation coefficient 0.810) exhibited the most Significant impacts. The results of this study suggest that the ecological elements influencing the population of water beetles are: WT > DO > S > pH.

KEYWORDS
Aquatic beetles; Environmental factors; Ecology.

© 2023, by the author(s). Published by Payame Noor University, Tehran, Iran.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

سال چهاردهم، شماره اول، پیاپی پنجاه و سوم، تابستان ۱۴۰۴ (۴۵-۵۴)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۷

DOI: 10.30473/eab.2025.73827.1988

نشریه علمی

زیست‌شناسی جانوری تجربی

«مقاله پژوهشی»

برخی از عوامل محیطی مؤثر بر جمعیت قاب‌بالان آبزی منطقه اردل (Coleoptera: Dytiscidae)

میلاد ظفری دهکهنه[۱]، محمدسعید حیدرنژاد[۱*]

[۱]گروه علوم جانوری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

نویسنده مسئول:
محمد سعید حیدرنژاد
رایانامه: msh@utas.edu.au

چکیده

هدف از این بررسی تأثیر برخی عوامل محیطی بر پراکنش قاب‌بالان آبزی در شهرستان اردل، استان چهارمحال و بختیاری بود. بیش از ۳۰۰۰۰ گونه از حشرات آبزی ساکن آب شیرین وجود دارند. سوسک‌های آبزی، معروف به قاب‌بالان آبزی، یکی از معمول‌ترین حشرات آبزی با بیش از ۱۳۰۰۰ گونه توصیف شده‌اند در این مطالعه، نمونه‌برداری به صورت فصلی با کمک تور نمونه‌برداری مخصوص به مدت یک سال در ۱۷ ایستگاه در منطقه اردل انجام شد و عوامل اکولوژیکی مانند دمای آب (WT)، میزان شوری (S)، اکسیژن محلول (DS) و pH آب اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از رگرسیون خطی و همچنین با استفاده از روش تحلیل مطابقت متعارف (CCA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که نمونه‌های جمع‌آوری‌شده متعلق به ۱۶ گونه، ۱۲ جنس و پنج خانواده (Dytiscidae، Gyrinidae، Hydrophilidae، Dryopidae و Helophoridae) هستند. خانواده Dytiscidae بیش‌ترین تنوع گونه‌ای و خانواده Helophoridae کم‌ترین تنوع گونه‌ای را دارند. دو گونه به نام‌های *Agabus bipustulatus* و *Laccobius bipunctatus* فراوان‌ترین نمونه‌های جمع‌آوری‌شده هستند. رگرسیون خطی و CCA دو پلات نشان داد که WT با ضریب همبستگی ۱،۸۴۶ بیش‌ترین تأثیر را بر تعداد گونه‌ها دارد. پس از آن DO با ضریب همبستگی S،۱/۱۲۱ با ضریب همبستگی ۰/۹۳۰ و pH با ضریب همبستگی ۰/۸۱۰ بیش‌ترین تأثیر را دارند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که عوامل اکولوژیکی مؤثر بر تعداد قاب‌بالان آبزی منطقه عبارتند از WT > DO > S > pH.

واژه‌های کلیدی

قاب‌بالان آبزی، عوامل محیطی، اکولوژی.

استناد به این مقاله:

ظفری دهکهنه، میلاد و حیدرنژاد، محمدسعید (۱۴۰۴). برخی از عوامل محیطی مؤثر بر جمعیت قاب‌بالان آبزی منطقه اردل (Coleoptera: Dytiscidae). *فصلنامه زیست‌شناسی جانوری تجربی*، ۱۴(۵۳)، ۴۵-۵۴.

مقدمه

بیش از ۳۰۰۰۰ گونه از حشرات آبزی ساکن آب شیرین وجود دارند. البته نمونه‌هایی هم وجود دارند که در آب‌های شور زندگی می‌کنند (عباسی و همکاران، ۲۰۲۰). سوسک‌های آبزی، معروف به قاب‌بالان آبزی، یکی از معمول‌ترین حشرات آبزی با بیش از ۱۳۰۰۰ گونه توصیف شده‌اند (Short, 2008). این موجودات نقش مهمی در اکوسیستم های آب شیرین دارند و به‌عنوان شاخص‌های زیستی در نظر گرفته می‌شوند (Dong*et al*., 2014).

خانواده یا تیره Dytiscidae موسوم به قاب‌بالان آبزی شکارچی با حدود ۴۰۰۰ گونه توصیف‌شده و نیز ۵۰۰۰ گونه شناسایی‌نشده (Jächand Balke, 2008; Vafaei*et al*., 2008) یکی از بزرگ‌ترین و معمول‌ترین گروه‌های قاب‌بالان آبزی هستند. اگرچه گزارش‌های متعددی از وجود این این موجودات در ایران وجود دارد (Ostovena & Niakan, 2004; Heydarnejad, 2010; Esfandiari *et al*., 2014; Mousavi *et al*., 2016; Vonvondel *et al*., 2017; Saeidi & Vatandoost, 2018). با این‌حال، اطلاعات بسیار کمی در مورد شناسایی و پراکندگی این موجودات در ایران در دست است. بنابراین، این مطالعه با هدف جمع‌آوری و شناسایی قاب‌بالان آبزی در شهر اردل (شهر و مرکز شهرستان اردل، استان چهارمحال و بختیاری) و گشودن دریچه‌ای جدید بر روی گروه بزرگ قاب‌بالان آبزی انجام شد. در اردل، تابستان‌ها گرم و خشک و زمستان‌ها بسیار سرد و برفی است. دما در طول سال بین ۲۴ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد متغیر است و به ندرت به زیر ۱۴ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

پارامترهای هیدروگرافی آب مانند دمای آب (WT)، pH و پوشش گیاهی عوامل مهمی در ساختار جمعیت قاب‌بالان آبزی است (Dong *et al*., 2014; Segura *et al*., 2007). در واقع، WT برای توزیع، تنوع و ترکیب گونه‌ای حشرات آبزی در اکوسیستم‌های آب شیرین بسیار مهم است (Polášková *et al*., 2022) و نوسانات دمایی که گونه‌ها با آن روبه‌رو هستند ممکن است به محدودیت‌های تحمل گرما مربوط باشد (Stevens, 1989; Sunday *et al*., 2011؛ شفیع و همکاران، ۲۰۱۷). برخی از بالغین ممکن است فقط برای دوره کوتاهی از چرخه زندگی خود به دما حساس باشند (Inoda *et al*., 2003). به‌علاوه یک عامل دیگر اکولوژیک در پراکندگی حشرات آبزی اکسیژن محلول (DO) است که به‌عنوان یک عامل مهم برای کیفیت آب می‌تواند تنوع حشرات آبزی را در رودخانه‌ها محدود کند. حشرات راسته اودوناتا (سنجاقک‌ها)، به‌ویژه، به‌عنوان «گونه‌های شاخص» شناخته می‌شوند، زیرا این موجودات تنها می‌توانند در آب‌های سالم زیست کنند (Boehm, 2005; Vilencia & Mihaljevic, 2022).

هم‌چنین تعداد گونه‌ها به‌طور معنی‌داری با DO رابطه مثبت دارد. برخی از حشرات آبزی می‌توانند به‌طور موقت سطوح DO را تا ۱/۶ میلی‌گرم در لیتر تحمل کنند، اما برای بقای طولانی‌مدت آن‌ها به غلظت ۶/۰ میلی‌گرم در لیتر نیاز دارند (Lambet *et al*., 2021).

یکی دیگر از عوامل اکولوژیکی شوری آب یا (S) است. در واقع عامل شوری آب یک عامل مهم در پراکندگی حشرات آبزی است (Lambet *et al*., 2021). حشرات آبزی تنوع گونه‌ای زیادی را نشان می‌دهند که طیف وسیعی از محیط زیست را شامل می‌شوند هم در آب‌های شیرین و هم در آب‌های شور (Tachet *et al*., 2010). به‌علاوه، حشرات آبزی نیز باید تعادل اسمزی بین غلظت یون‌ها در سلول‌های خود و مایعات بدن خود را حفظ کنند که این تعادل تحت تأثیر غلظت یون‌ها در محیطی است که در آن زندگی می‌کنند (Bradley, 2008). برخی از گونه‌های حشرات آبزی و غواص جزو معدود حشراتی هستند که می‌توانند شوری را تحمل کنند (Arribas, 2014, 2019). شوری آب یکی از متغیرهای اصلی محیطی است که نیچ‌های اساسی گونه‌های آبزی را محدود می‌کند و بر این اساس، تحمل فیزیولوژیکی به این عوامل بخش مهمی از تکامل، اکولوژی و جغرافیای زیستی این موجودات را تشکیل می‌دهد (Cespedes *et al*., 2013).

دمای آب، میزان اکسیژن محلول، شوری و pH از جمله عوامل اکولوژیکی مؤثری هستند که بر روی زیستگاه‌های حشرات آبزی اثر می‌گذارند (Heino *et al*., 2009). از آنجایی که حشرات آبزی به‌طورمستقیم با هر تغییری در کیفیت آب تأثیر می‌پذیرند، می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های زیستی درنظر گرفته شوند. مفهوم شاخص‌های بیولوژیکی و پایش بیولوژیکی با استفاده از حشرات آبزی براساس تنوع، فراوانی و پراکندگی آن‌ها در رابطه با شرایط فیزیکی و شیمیایی زیستگاه‌ها تعریف می‌شود (Wahizatul *et al*., 2011; Akunal*et al*., 2017). همین‌طور دمای آب، pH، اکسیژن محلول، کدورت، سرعت جریان و چگالی، خواص بستر، محتوای فلزات سنگین، شوری، هدایت الکتریکی از جمله عوامل اکولوژیکی مؤثری هستند که بر انتخاب زیستگاه حشرات آبزی تأثیر می‌گذارند (Heino *et al*., 2009). از این عوامل برای شاخص‌های زیستی و فعالیت‌های پایش زیستی استفاده می‌شود، زیرا به‌طور مستقیم تحت تأثیر تغییرات کیفیت آب قرار می‌گیرند.

مواد و روش‌ها

چهارمحال و بختیاری، یکی از ۳۱ استان ایران، در جنوب غربی کشور و در میان کوه‌های زاگرس قرار دارد. نمونه‌برداری در ۱۷ ایستگاه معرفی‌شده در منطقه اردل با کمک ساچوک انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده با فورسپس (گیره) برای زدودن آشغال‌ها خارج شدند و سپس به ویال حاوی اتیل الکل ۷۰ درصد منتقل شدند. قاب‌بالان آبزی در سطح گونه‌ها (جدول ۱ فهرست گونه‌ها را نشان می‌دهد) با استفاده از کلیدها، کتاب‌ها، منابع و نویسندگان مرتبط شناسایی شدند که برخی از مراجع استفاده شده برای این کار عبارتند از Zaitsev (1972)، Jach & Balk (2003)، Friday (1988)، Foster & Friday (2011) و در نهایت توسط کارشناسان خارجی تأیید شدند. تصاویر نمونه با میکروسکوپ دیجیتال گرفته شد. تمام نمونه‌ها در موزه جانورشناسی دانشگاه شهرکرد قرار داده شدند. برای هر فصل، عوامل اکولوژیکی برای هر ایستگاه به شرح زیر اندازه‌گیری شد.

دمای آب یا WT با استفاده از دماسنج دیجیتال، میزان اکسیژن محلول یا DO به‌کمک دستگاه اندازه‌گیری اکسیژن محلول مدل ۸۳۶۱ (TDS، AZ)، میزان شوری آب یا S با دستگاه شوری‌سنج مدل ۸۳۷۱ و pH آب (با استفاده از pHمتر قابل حمل مدل ۸۶۰۱ AZ تایوان) اندازه‌گیری شدند (مقادیر میانگین محیطی ایستگاه در جدول (۲) مشخص شده است). اندازه‌گیری‌ها همیشه در یک ساعت مشخص از روز و در یک فصل از سال انجام شد. با توجه به محدودبودن اطلاعات اکولوژیک در مورد پراکنش قاب‌بالان آبزی ایران، هدف از این مطالعه بررسی عوامل اکولوژیکی مؤثر بر پراکنش قاب‌بالان آبزی در اردل و تأثیر عوامل اکولوژیکی مانند دمای آب (WT)، اکسیژن محلول (DO)، شوری (S) و pH آب بر روی این حشرات بود. شناسایی نمونه‌ها بر مبنای صفات ریختی همانند تعداد قطعات شاخک (Antenna)، وجود یا عدم وجود نوارهای پرونوتوم (Pronotum)، وجود یاعدم وجود لکه‌های روشن بر روی الیترا (Elytra)، تعداد چنگال (Claw)، تعداد قطعات تارسی (Tarsi)، وجود یا عدم وجود اسکوتلوم (Scutelum) انجام پذیرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

نرم‌افزار PAST (نسخه ۳) آنالیز متناظر متعارف (CCA) برای تجزیه و تحلیل اثرات عوامل محیطی مانند WT، DO، S و pH بر ساختار جمعیت قاب‌بالان آبزی به‌کار گرفته شد. همین‌طور رگرسیون خطی برای اعتبارسنجی رابطه بین هر یک از عوامل اکولوژیکی مرتبط با توزیع قاب‌بالان آبزی استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۴,۰) انجام شد.

نتایج

نتایج بررسی در مورد شناسایی گونه‌های آبزی منطقه اردل در استان چهار محال و بختیاری نشان داد که نمونه‌های جمع‌آوری‌شده متعلق به ۱۶ گونه، ۱۲ جنس و پنج خانواده Dytiscidae، Gyrinidae، Hydrophilidae، Dryopidae و Helophoridae است (جدول۱). در این جدول نام جنس، گونه، اختصار به‌کاررفته برای نام علمی قاب‌بال و نیز مکانی که گونه مورد نظر یافت شده است، ذکر شده است. علاوه بر این نام زیر راسته‌ها (Polyphaga/Adephaga) و خانواده‌های هر گونه آورده شده است.

در میان خانواده های بررسی شده خانواده Dytiscidae بیش‌ترین تنوع گونه‌ای و خانواده Helophoridae کم‌ترین تنوع را دارند. دو گونه به نام‌های *Agabus bipustulatus* و *Laccobius bipunctatus* فراوان‌ترین نمونه‌های جمع‌آوری‌شده بودند. جهت صحت و دقیق بودن نتایج آماری این پژوهش قبل از انجام تجزیه و تحلیل، نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۴) بررسی شد. همین‌طور نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف نشان داد که تمامی داده‌های مورد تجزیه و تحلیل در این پژوهش دارای توزیع نرمال هستند. معادله رگرسیون برای رابطه و تأثیر عوامل محیطی بر غنای گونه‌ای به شرح زیر است:

$$Y = -0.870 - 0.069WT - 0.104DO - 0.012S + 0.340pH$$

نتایج تحلیل رگرسیون خطی نیز نشان می‌دهد که WT با ضریب همبستگی۱/۸۴۶ بیش‌ترین تأثیر را بر تعداد گونه‌ها داشته است. پس از آن، DO با ضریب همبستگی ۱/۱۲۱، بعد S با ضریب همبستگی ۰/۹۳۰ و pH با ضریب همبستگی ۰/۸۱۰ بیش‌ترین تأثیر را داشتند (جدول ۲ و شکل ۱). بر این اساس می‌توان عوامل اکولوژیکی مؤثر بر تعداد قاب‌بالان آبزی منطقه موردنظر را به‌ترتیب شکل ذیل بیان کرد: WT > DO > S > pH.

در واقع، تجزیه و تحلیل ترتیبی مجموعه داده‌های گونه–محیط نشان داد که چهار متغیراکولوژیک (WT، DO، S و pH) پیش‌بینی‌کننده‌های عالی زیستگاه جمعیت قاب‌بالان آبزی بودند. اهمیت WT بسیار بیش‌تر از سایر عوامل است. شکل (A–۱) هیستوگرام نرمال شده است و نرمال‌بودن داده‌ها را نشان می‌دهد. شکل (B–۱) یک نمودار p-p منظم از باقیمانده‌های رگرسیون استاندارد شده است. این نشان می‌دهد که باقیمانده‌ها از توزیع نرمال

پیروی می‌کنند و نمودار پراکندگی در شکل (C–۱) نشان می دهد که فرمول منطقی است. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل CCA یک تحلیل مناسب برای بررسی رابطه بین حضور گونه و مکان پراکنش گونه براساس عوامل مختلف محیطی است. بنابراین، توزیع قاب‌بالان آبزی به دلیل عوامل محیطی با نمودار CCA نشان داده شده‌اند (شکل ۲). پارامترهای WT و pH با اولین مختصات یا محور اول همبستگی مثبت داشتند، درحالی‌که S و DO همبستگی منفی داشتند. محورهای این تحلیل نشان‌دهنده همبستگی و روابط نزدیک بین عوامل محیطی و گونه‌ها بود. دمای آب اولین محور در ساختار جمعیت قاب‌بالان آبزی است و یک عامل اصلی و حیاتی محیطی است. پس از دمای آب، اکسیژن محلول، شوری و مقدار pH، محورهای دوم تا چهارم هستند.

جدول ۱. فهرست قاب‌بالان آبزی شناسایی‌شده از ۱۷ ایستگاه نمونه‌برداری

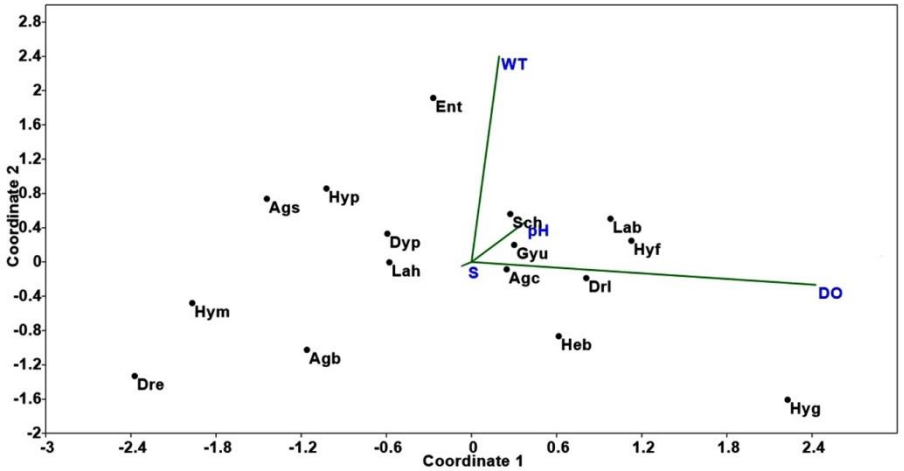
منطقه	مخفف	گونه	جنس	خانواده	زیر راسته
آبسرده	Dyp	*persicus*	*Dytiscus*	Dytiscidae	Adephaga
آبسرده	Gyu	*urinator*	*Gyrinus*	Gyrinidae	Adephaga
بنوار	Agb	*bipustulatus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
بنوار	Hyg	*geminus*	*Hydroglyphus*	Dytiscidae	Adephaga
بنوار	Lab	*bipunctatus*	*Laccobius*	Hydrophilidae	Polyphaga
بنوار	Dre	*ernesti*	*Dryops*	Dryopidae	Polyphaga
بنوار	Hyp	*planus*	*Hydroporus*	Dytiscidae	Adephaga
بید	Ent	*testaceus bipunctatus*	*Enochrus*	Hydrophilidae	Polyphaga
بید	Lab	*halensis*	*Laccobius*	Hydrophilidae	Polyphaga
بید	Sch	*bipustulatus*	*Scarodytes*	Dytiscidae	Adephaga
جوزستان	Agb	*urinator*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
جوزستان	Gyu	*conspersus*	*Gyrinus*	Gyrinidae	Adephaga
چهراز	Agc	*testaceus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
چهراز	Ent	*geminus*	*Enochrus*	Hydrophilidae	Polyphaga
دشتجاده	Hyg	*testaceus*	*Hydroglyphus*	Dytiscidae	Adephaga
دشتجاده	Ent	*bipustulatus*	*Enochrus*	Hydrophilidae	Polyphaga
دشتجاده	Agb	*persicus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
درکش ورکش	Dyp	*urinator*	*Dytiscus*	Dytiscidae	Adephaga
باقرستان	Gyu	*bipustulatus*	*Gyrinus*	Gyrinidae	Adephaga
ریگک	Agb	*conspersus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
ریگک	Agc	*halensis*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
ریگک	Sch	*marginatus*	*Scarodytes*	Dytiscidae	Adephaga
ریگک	Hym	*geminus*	*Hydroporus*	Dytiscidae	Adephaga
کوقان	Hyg	*ernesti*	*Hydroglyphus*	Dytiscidae	Adephaga
کوقان	Dre	*fuscipes*	*Dryops*	Dryopidae	Polyphaga
کوقان	Hyf	*bipustulatus*	*Hydrobius*	Hydrophilidae	Polyphaga
گل سفید	Agb	*sturmi*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
گل سفید	Ags	*geminus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
گل سفید	Hyg	*bipunctatus*	*Hydroglyphus*	Dytiscidae	Adephaga
گل سفید	Lab	*geminus*	*Laccobius*	Hydrophilidae	Polyphaga
مش سبزعلی	Hyg	*bipunctatus*	*Hydroglyphus*	Dytiscidae	Adephaga
مش سبز علی	Lab	*halensis*	*Laccobius*	Hydrophilidae	Polyphaga
مش سبز علی	Sch	*conspersus*	*Scarodytes*	Dytiscidae	Adephaga
مش سبزعلی	Agc	*bipustulatus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
فرج اله	Agb	*persicus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
فرج اله	Dyp	*bipunctatus*	*Dytiscus*	Dytiscidae	Adephaga
دوازیما	Lab	*testaceus*	*Laccobius*	Hydrophilidae	Polyphaga
دوازیما	Ent	*planus*	*Enochrus*	Hydrophilidae	Polyphaga
دوازیما	Hyp	*hyalinus*	*Hydroporus*	Dytiscidae	Adephaga
دوازیما	Lah	*brevipalpis*	*Laccophilus*	Dytiscidae	Adephaga
دوازیما	Heb	*bipustulatus*	*Helophorus*	Helophoridae	Polyphaga
فرخر	Agb	*hyalinus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga

ادامه جدول ۱. فهرست قاب‌بالان آبزی شناسایی‌شده از ۱۷ ایستگاه نمونه‌برداری

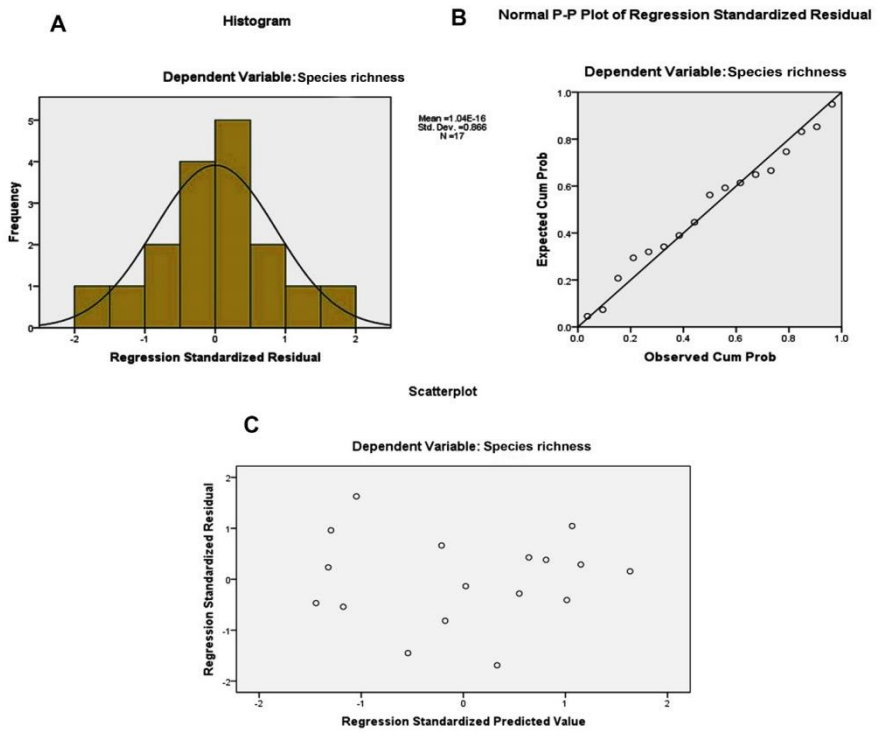
منطقه	مخفف	گونه	جنس	خانواده	زیر راسته
فرخر	Lah	*ernesti*	*Laccophilus*	Dytiscidae	Adephaga
فرخر	Dre	*geminus*	*Dryops*	Dryopidae	Polyphaga
فرخر	Hyg	*bipustulatus*	*Hydroglyphus*	Dytiscidae	Adephaga
تنگ کاوند	Agb	*conspersus*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
تنگ کاوند	Agc	*brevipalpis*	*Agabus*	Dytiscidae	Adephaga
تنگ کاوند	Heb	*urinator*	*Helophorus*	Helophoridae	Polyphaga
تنگ کاوند	Gyu	*halensis*	*Gyrinus*	Gyrinidae	Adephaga
چنار	Sch	*bipunctatus*	*Scarodytes*	Dytiscidae	Adephaga
چنار	Lab	*ernesti*	*Laccobius*	Hydrophilidae	Polyphaga
چنار	Dre	*luridus*	*Dryops*	Dryopidae	Polyphaga
چنار	Drl		*Dryops*	Dryopidae	Polyphaga

جدول ۲. میانگین مقادیر اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه‌ها	pH	S (ppm)	DO (mg/L)	WT (℃)
ریگک	۷,۴	۰,۲۹	۹	15.7
آبسرده	۷,۱	۰,۱۵	۹,۵	۱۷,۲
درکش ورکش	۷,۹	۰,۲۳	۱۰,۳	۱۷
کوقان	۷,۸	۰,۲۰	۱۲,۴	۱۵,۴
فرخر	۸,۳	۰,۰۸	۱۰,۹	۱۷,۳
چهراز	۶,۷	۰,۲۳	۷,۹	۱۵,۴
چنار	۸,۰	۰,۱۹	۸,۹	۱۷,۵
جوزستان	۷,۸	۰,۲۳	۹,۶	۱۸,۷
بید	۸,۲	۰,۱۸	۱۰,۲	۱۷,۳
مش سبزعلی	۸,۴	۰,۲۲	۱۰,۲	۱۶,۶
گل سفید	۷,۷	۰,۲۴	۸,۱	۱۶,۱
بنوار	۸,۲	۰,۱۶	۱۰,۸	۱۶,۶
فرج اله	۷,۲	۰,۲۲	۱۰,۸	۱۶,۱
باقرستان	۷,۴	۰,۱۸	۹,۵	۱۶,۸
دوازیما	۷,۲	۰,۲۸	۸,۶	۱۷,۵
دشتجاده	۸,۱	۰,۲۶	۱۱,۱	۱۷,۱
تنگ کاوند	۷,۵	۰,۱۶	۱۲,۹	۱۷,۴



شکل ۱. تحلیل رگرسیون. A) هیستوگرامرزیدوال نرمال‌شده؛ B) نمودار P-P معمولی رگرسیون استانداردشده برزیدوال رگرسیون خطی؛ C) نمودار پراکنده/رگرسیون خطی. براساس تحلیل رگرسیون، دمای آب، اکسیژن محلول، شوری آب و pH آب به‌ترتیب بیش‌ترین تأثیر را بر غنای گونه ایدارند.



شکل ۲. تجزیه و تحلیل مکاتبات متعارف (CAA) قاب‌بالان آبزی با توجه به عوامل محیطی در زیستگاه‌های آب شیرین اردل.
WT، دمای آب؛ DO، اکسیژن محلول. S، شوری. اختصارات به گونه‌های قاب‌بالان اشاره دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، بررسی برخی عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش جمعیت قاب‌بالان آبزی در شهرستان اردل، استان چهارمحال و بختیاری بود. در این پژوهش ۱۷ ایستگاه نمونه‌برداری مشخص شد و درنهایت ۱۶ گونه، ۱۲ جنس و پنج خانواده شناسایی گردیدند. فراوان‌ترین خانواده از نظر تعداد خانواده Dytiscidae با ۱۵۴ نمونه و پس از آن خانواده های Gyrinidae با ۱۶ نمونه، Hydrophilidae با ۴۱ نمونه، Dryopidae با هشت نمونه و Helophoridae با دو نمونه تعیین شدند. این مطالعه هم‌چنین نشان داد که گونه‌های *Agabus conspersus* و *Laccobius bipunctatus* در بیش‌تر ایستگاه‌های نمونه‌برداری‌شده یافت شدند.

به‌طورکلی عوامل اکولوژیکی به‌طور قابل‌توجهی بر فراوانی، توزیع و تنوع بی‌مهرگان آبزی تأثیر می‌گذارند (Jarjees *et al.*, 2019) و ویژگی‌های اکولوژیکی زیستگاه‌های آبی عامل اصلی پراکنش قاب‌بالان آبزی است (Akunal & Aslan, 2017; Taher & Heydernejad, 2019). برخی از این عوامل کلیدی شامل کیفیت آب، تخریب زیستگاه، تغییرات اقلیمی، گونه‌های مهاجم و آلودگی هستند (Dou *et al.*, 2022). از طرف دیگر، درک پدیده‌هایی که در اکوسیستم‌های آبزی رخ می‌دهد برای حفظ و احیای اکوسیستم‌های سالم ضروری است. در این مطالعه، ارتباط بین قاب‌بالان آبزی و عوامل اکولوژیک مانند دمای آب (WT)، میزان شوری (S)، اکسیژن محلول (DS) و pH را با استفاده از رویکردهای آماری برای شناسایی و بررسی گونه های غالب در منطقه تجزیه و تحلیل گردید. به‌طورکلی، دمای آب به طور قابل توجهی بر موجودات آبزی تأثیر می‌گذارد، به‌طوری‌که بر فیزیولوژی، رفتار و بقای کلی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. دمای بالاتر عموماً میزان متابولیسم را افزایش می‌دهد و منجر به افزایش تنفس و مصرف اکسیژن می‌شود. از طرف دیگر، دمای بسیار بالا می‌تواند بر آنزیم‌های سلولی اثر گذاشته و ضمن تغییر ماهیت عملکرد متابولیک آن‌ها را کاهش دهد. دما هم‌چنین بر سطح اکسیژن محلول تأثیر می‌گذارد، به طوری که آب گرم‌تر اکسیژن کم‌تری نسبت به آب سردتر در خود نگه می‌دارد و اگر سطح اکسیژن خیلی پایین بیاید، می‌تواند منجر به استرس یا مرگ آبزیان می‌شود. علاوه بر این، دما بر توزیع گونه‌ها و زیستگاه آنان تأثیر می‌گذارد، برخی آب‌های سردتر را ترجیح می‌دهند و برخی دیگر در محیط‌های گرم‌تر رشد می‌کنند. به‌عنوان مثال، ماهی قزل‌آلا و ماهی آزاد، آب‌های سردتر را ترجیح می‌دهند، درحالی‌که برخی دیگر، مانند بسیاری از ماهی‌های گرمسیری، در شرایط

گرمتر رشد می‌کنند. دمای آب هم‌چنین بر حلالیت گازها، pH، چگالی و رسانایی الکتریکی تأثیر می‌گذارد و بیش‌تر بر محیط آبی و موجودات زنده درون آن تأثیر می‌گذارد.

در همین راستا، تجزیه و تحلیل عوامل اکولوژیک در مطالعه حاضر نشان داد که WT بیش‌ترین تأثیر را بر پراکنش قاب‌بالان آبزی داشت و پس از آن به‌ترتیب DO، S و pH از عوامل مؤثر اکولوژیک بر پراکنش این موجودات آبزی بودند. از دیگر عوامل اکولوژیک و غیر زنده دمای آب است که به‌شدت ساختار و عملکرد قاب‌بالان آبزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که تغییرات دمای آب می‌تواند تأثیرات مهمی بر جوامع زیستی داشته باشد (Bonacina *et al*., 2022). این در حالی است که چرخه زندگی حشرات آبزی تحت تأثیر چرخه‌های دما قرار می‌گیرد، چراکه WT به‌عنوان مؤثرترین عامل در رشد حشرات آبزی شناخته می‌شود (Akunal & Aslan, 2017). علاوه بر این، دما چرخه‌های مواد مغذی، تجزیه مواد آلی و تولید اولیه را کنترل می‌کند و به طور کلی، دمای بالا فعالیت متابولیک میکروبی و فتوسنتز را افزایش می‌دهد و بر توسعه و عملکرد جامعه تأثیر می‌گذارد، اما عملکرد مطلوب نیاز به محدوده دمایی خاصی برای هر گونه دارد (Bonacina *et al*., 2022).

نتایج آماری این مطالعه نشان می‌دهد که DO آب یک شاخص عالی برای حضور قاب‌بالان آبزی در زیستگاه‌های آبی است. عامل DO یک معیار مهم برای کیفیت آب در نظر گرفته می‌شود زیرا نشانگر مستقیم توانایی منبع آبی برای حمایت از موجودات آبزی است. اکسیژن محلول یا DO که میزان مقدار اکسیژن موجود در آب است (Boehm, 2005) و حشرات آبزی به آن نیاز دارند. اکسیژن کافی برای زنده ماندن و توانایی آب در حفظ DO با دما که از روز به روز و فصل به فصل متفاوت است، همبستگی منفی دارد، به‌دلیل این‌که با گسترش رودخانه تغییرات دمایی آب کم‌تر می‌شود. در واقع دمای آب رشد و بقای موجودات آبزی را محدود می‌کند و سایه نقش کلیدی در جلوگیری از گرم شدن رودخانه ایفا می‌کند (Allan, 1995). لذا برخی از محققین (Verberk *et al*., 2001; Boehnm, 2005; Shafie *et al*., 2017; Priwandiputra *et al*., 2018) دریافتند که میزان اکسیژن محلول در آب یکی از مهم‌ترین عوامل اکولوژیک در توزیع و ترکیب گونه‌های جوامع آبزی است.

هم‌چنین، تجزیه و تحلیل مکاتبات متعارف یا CCA در مطالعه حاضر نشان داد که S یا شوری آب و pH بر توزیع قاب‌بالان آبزی تأثیر گذاشته است. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌ها وجود نداشت اما شوری آب عامل مهمی در پراکنش گونه‌های حشرات آبزی است. علاوه بر این، تغییرات در همه گونه‌ها ارتباط نزدیکی با pH دارد و این عامل به طور مستقیم یا غیرمستقیم با حضور قاب‌بالان آبزی مرتبط است (Akunal& Aslan, 2017). به همین ترتیب، Dong *et al*. (2014)، Verberk *et al*. (1990) و Eyre *et al*. (1990, 2001) دریافتند که pH یک عامل اکولوژیکی دیگر در توزیع جوامع آبزی است. محدوده تحمل موجودات آبزی از نظر pH بین ۵ تا ۹ است، اما قاب‌بالان آبزی pH قلیایی‌تر و خنثی‌تر را ترجیح می‌دهند، اگرچه pH ایمن بسته به خانواده متفاوت است (Akunal & Aslan, 2017). در این تحقیق میانگینpH آب اندازه‌گیری‌شده ۷/۱۵ با دامنه ۷/۲۴ تا ۷/۸۸ بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای اکولوژیک اندازه‌گیری شده در این تحقیق یعنی دمای آب، میزان آکسیژن محلول در آب، میزان شوری آب و pH می‌توانند به‌عنوان عوامل پیش بینی‌کننده عالی در جهت غنای قاب‌بالان آبزی عمل کنند. مطالعه حاضر بر روی قاب‌بالان آبزی اولین تلاش برای بررسی اثرات عوامل محیطی بر تنوع و پراکنش گونه‌ها در منطقه اردل است.

این پژوهش که با هدف تأثیر برخی عوامل محیطی بر پراکنش قاب‌بالان آبزی در شهرستان اردل، استان چهارمحال و بختیاری انجام شد نشان داد که که نمونه‌های جمع‌آوری‌شده متعلق به ۱۶ گونه، ۱۲ جنس و پنج خانواده بودند که خانواده Dytiscidae بیش‌ترین تنوع گونه‌ای و خانواده Helophoridae کم‌ترین تنوع گونه‌ای را داشتند گونه‌های *Agabus bipustulatus* و *Laccobius bipunctatus* فراوان‌ترین نمونه‌های جمع‌آوری‌شده بودند بررسی آماری نشان داد که WT بیش‌ترین تأثیر را بر تعداد گونه‌ها داشته است. پس از آن به‌ترتیب DO و pH بیش‌ترین تأثیر را داشتند. بنابرین عوامل اکولوژیکی مؤثر بر تعداد قاب‌بالان آبزی منطقه عبارتند از:

WT > DO > S > pH

تشکر و قدردانی

از دکتر هانس فری، دکتر رابرت انگوس، دکتر برنهارد فون وندل و دکتر آندرس نیلسون برای کمک مهربانانه در شناسایی و مستندسازی گونه‌ها، قدردانی و تشکر می‌گردد. این پژوهش با حمایت دانشگاه شهرکرد انجام شده است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

References

Abbasi, M., Doosti, S., Vatandoost, H., & Hosseini-Vasoukolaei, N. (2020). Study on the fauna of aquatic insects in Northwestern Iran. *J. Arthropod-Borne Diseases*, 14, 1-7.

Akunal, A., & Aslan, E.G. (2017). Ecological investigations on Hydrophilidae and Helophoridae (Coleoptera) specimens gathered from several water bodies of Western Turkey. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystem*, 418, 43.

Allan, J. D., & Castillo, M. M. (1995). Stream ecology: structure and function of running waters. Chapman and Hall, New York, 23-81.

Arribas, P., Andújar, C., Abellán, P., Velasco, J., Millán, A., & Ribera, I. (2014). Tempo and mode of the multiple origins of salinity tolerance in a water beetle lineage. *Molecular Ecol*, 23(2), 360-373.

Arribas, P., Gutie´rrez-Ca´novas, C., Botella-Cruz, M., Can˜edo-Argu¨elles, M., Antonio Carbonell, J., Milla´n, A., Pallare´s, S., Velasco, J., & Sa´nchez-Ferna´ndez, D. (2019). Insect communities in saline waters consist of realized but not fundamental niche specialists. *Philosophical Transactions of Royal Society B*, 374.

Boehm, S. (2005). Aquatic insect diversity and abundance in relation to dissolved oxygen content in streams in the Tilarán mountain range. *Tropical Ecology Collection* (Monteverde Institute), 87.

Bonacina, L., Fasano, F., Mezzanotte, V., & Fornaroli, R. (2022). Effects of water temperature on freshwater macroinvertebrates: a systematic review. *Biological Reviews*, 98 (1), 12-35.

Bradley, T.J. (2008). Saline-water insects: ecology, physiology and evolution. *Aquatic insects: challenges to populations*,pp. 20-35.

Cespedes V., Pallares S., Arribas P., Millan, A., & Velasco, J. (2013). Water beetle tolerance to salinity and anionic composition and its relationship to habitat occupancy. *Journal of Insect Physiology*,*59*, 1076–1084.

Dong, B., Geng, Ch., Cai, Y., & Ji, L. (2014). Aquatic Coleoptera response to environmental factors of Freshwater Ecosystems in Changbai Mountain, northeast China. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, *17*(2), 171-178.

Dou, Q., Du, X., Cong, Y., Wang, L., Zhao, C., Song, D., Liu, H., & Huo, T. (2022). Influence of environmental variables on macroinvertebrate community structure in Lianhuan Lake. *Ecology and Evolution*, 1-15.

Esfandiari, M., Sadeghi, S., & Khadempour, A. (2014). First record of Odonata nymphs from Karun River, south-west Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics,10(2), 205-208.

Eyre, M.D., Foster, N., & Foster, A.P. (1990). Factors affecting the distribution of water beetle species assemblages in drains of eastern England. *Journal of Applied Entomology*,109, 217-225.

Foster, G.N., & Friday, L.E. (2011). *Keys to the adults of the water beetles of Britain and Ireland, Royal Entomological Society*, Vol.4 part 5 (2nd ed.).

Friday, L.E. (1988). *A key to the adults of British water beetles, Field Studies, 7*, 1-151.

Heino, J. (2009). Biodiversity of aquatic insects: spatial gradients and environmental correlates of assemblage-level measures at large scales. *Freshwater Review*, 2, 1-29.

Heydarnejad, M. S. (2010). Length-weight relationship for aquatic beetle in a marsh in Iran. *Acta Entomologica Sinica*, *53*(8), 932-935.

Inoda, T. (2003). Mating and Reproduction of Predaceous Diving Beetles, Dytiscus sharpi, Observed Under Artificial Breeding Conditions. *Zoological Science*, 20(3), 377-382.

Jach, M.A., & Balk, M. (2003). *Key to adults of Chinese water beetle families. Water Beetles of China*, *3*, 21–36.

Jarjees, F. Z., Hanna, N. S., & Toma, J. J. (2019). Biodiversity of Aquatic Insects in relation to physio-chemical Parameters of Shekh Turab Stream. *Passer*, *2*, 12-16.

Lambret, P., Janssens, L., & Stoks, R. (2021). The impact of salinity on a saline water insect: Contrasting survival and energy budget. *Journal of Insect Physiology*, 131, 104-224.

Mousavi, A., Marjanyan, M.A., & Kalashian, M.Yu. (2016). Contribution to the knowledge of the fauna of aquatic Adephaga (Coleoptera) of Mazandaran Province of Iran (Families Haliplidae and Dytiscidae). *Humanity space International almanac, 5*, 18-21.

Ostovan, H., & Niakan, J. (2004). Ecological and faunistic study on aquatic Coleoptera in South and

North of Parishan Lake. *Journal of Agricultural Sciences*,*4* (10), 93-116.

Poláková, M., Straka, M., Polášek, M., &Němejcová, D. (2022). Unexplored freshwater communities in post-mining ponds: effect of different restoration approaches. *Restoration Ecology*, 30 (8), 34-46.

Priawandiputra, W., Zakaria, F. R. N., & Prawasti, T.S. (2018). Aquatic insect community as indicator of water quality qssessment in Situ Gede system, Bogor, Indonesia. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*, 197.

Saeidi, Z., & Vatandoost, H. (2018). Aquatic insect from Iran for possible use of biological control of main vector-borne disease of malaria and water indicator of contamination. *Iranian Journal of Arthropod Diseases*, 2, 1-15.

Segura, M.O., Fonseca-Gessner, A.A., & Tanaka, M.O. (2007). Composition and distribution of aquatic Coleoptera (Insecta) in low-order streams in the state of São Paulo, Brazil: influence of environmental factors. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(3), 247-256.

Shafie, M., Wong, A., Harunm S., & Hadi Fikri, A. (2017). The use of aquatic insects as bio-indicator to monitor freshwater stream health of Liwagu River, Sabah, Malaysia. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *5*(4), 1662-1666 (*in Persian*).

Short, A.E.Z. (2018). Systematics of aquatic beetles (Coleoptera): current state and futuredirections. *Systematic Entomology*, 43(1), 1-18.

Stevens, G. C. (1989). The latitudinal gradient in geographical range: How so many species coexist in the tropics. *American Naturalist*, 133, 240–256.

Sunday M., Bates, A.E., & Dulvy, N.K. (2011). Global analysis of thermal tolerance and latitude in ectotherms. *Proceeding Research Society B, 278*, 1823-1830.

Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertebres d'eau douce*. Paris, France: CNRS Editions.

Taher, M., & Heydarnejad, M. S. (2019). Ecological factors affecting aquatic beetle species (Insecta: Coleoptera). *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 15(2), 137-146.

Vafaei, R., Ostovan, H., Incekara, U., & Pesic, V. (2008). Faunistic study of the aquatic beetles (Coleoptera: Polyphaga) of Markazi Province (Central Iran) with new records. *Archives of Biological Sciences*,59(3), 239-242.

Valencia, M., & Mihaljevic, Z. (2022). Odonata assemblages in anthropogenically impacted habitats in the drava river-A long-term study. *Water*, 14(19),31-49.

Vanvondel, B.J., Ostovan, H., & Ghahari, H., (2017). An annotated checklist of Iranian Myxophaga (Hydroscaphidae, Sphaeriusidae) and Adephaga (Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae, and Rhysodidae) (Insecta: Coleoptera). *Zootaxa*, 4216(3), 225-246.

Verberk, W., van Duinen, G., Peeters, T., & Esselink, H. (2001). Importance of variation in water-types for water beetle fauna (Coleoptera) in Korenburgerveen, a bog remnant in the Netherlands.*Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the NetherlandsEntomological Society,*12, 121-128.

Wahizatul, A. A., Long, S. H., & Ahmad, A. (2011). Composition and distribution of aquatic insect communities in relation to water quality in two freshwater streams of Hulu Terengganu, Terengganu. *Journal of Sustainability Science and Management*, 6, 148-155.

Zaitsev, F.A. (1972). Fauna of the USSR (Fauna SSSR) Coleoptera. Volume IV. *The Smithsonian Institution and the national science foundation*, Washington, D.C., 401 pp.