



مطالعه تاکسونومیکي گونه‌های مژه‌داران (راسته: *Holotricha*) رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود

سید مجتبی میرزائی^{۱*}، سروناز بی‌غم سوستانی^۲، بهروز زارعی دارکی^۳

۱. دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان، ایران

۲. گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۳. گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

چکیده

مژه‌داران یکی از بزرگ‌ترین گروه پروتوزوا هستند که در اغلب محیط‌های آبی یافت می‌شوند. مژه‌داران حلقه واسط انتقال انرژی از پیکوپلانکتون‌ها به زئوپلانکتون‌ها هستند، همچنین به‌عنوان اندیکاتور، پاکیزگی و آلودگی آب‌ها را مشخص می‌کنند. با توجه به نقش‌های مهمی که مژه‌داران در روابط اکولوژیکی اکوسیستم‌های آبی بر عهده دارند، جهت انجام مطالعات اکولوژیکی، شناسایی آن‌ها از جنبه‌های مورفولوژیکی و جایگاه تاکسونومیکي از اهمیت بالایی برخوردار است. پژوهش حاضر حاصل مطالعه روی مژه‌داران پلانکتون و پرفیتون (*periphyton*) نمونه‌برداری شده از رودخانه و دریاچه سد زاینده‌رود است. در این تحقیق مژه‌داران راسته *Holotricha* از ۸ ایستگاه در رودخانه زاینده‌رود و ۴ ایستگاه در دریاچه سد مورد مطالعه قرار گرفت. جهت شناسایی گونه‌ها از منابع معتبر متعددی استفاده شد. نتایج به دست آمده شامل ۴۵ گونه از ۳۰ جنس و ۱۹ خانواده است. تعداد ۹ خانواده متعلق به زیر راسته *Gymnostomata*، ۳ خانواده متعلق به زیر راسته *Trichostomata* و ۷ خانواده متعلق به زیر راسته *Hymenostomata* اختصاص دارد. در این مطالعه از مژه‌داران، تعداد ۴۵ گونه جدید برای منطقه مورد مطالعه و تعداد ۲۵ گونه جدید برای اکوسیستم‌های آبی کشور برای اولین بار گزارش می‌شود.

نوع مقاله

پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵

تاریخ چاپ الکترونیک: ۱۴۰۲/۰۶/۳۱

*نویسنده مسئول:

s.m.mirzaei@gmail.com

کلید واژه‌ها: بی‌مهرگان، مژه‌داران، پلانکتون، بنتوز، بیوسستماتیک، زاینده‌رود

مقدمه

تاکنون حدود ۲۰ هزار گونه جاندار تک‌سلولی یوکاریوتیک موسوم به Protozoa شناخته‌شده که فراوان‌ترین ریزه‌خواران در زیست‌کره هستند (Finlay, 1990). شاخه مژه‌داران (Ciliata) یکی از بزرگ‌ترین گروه Protozoa بشمار می‌روند. طی نتایج به‌دست‌آمده تاکنون بیش از ۷ هزار گونه مژه‌دار توصیف‌شده که در اغلب محیط‌های آبی یافت می‌شوند. مژه‌داران روش‌های تغذیه‌ای متفاوتی دارند؛ برخی از آن‌ها شکارچی هستند و برخی تغذیه سوسپانسیونی دارند؛ یعنی ذرات غذایی معلق در آب را جمع‌آوری و به دام می‌اندازند (Fenchel, 1980). مژه‌داران حلقه‌ی واسط انتقال انرژی از پیکوپلانکتون‌ها به زئوپلانکتون‌ها هستند، همچنین به‌عنوان شاخص پاکیزگی و آلودگی آب‌ها شناخته می‌شوند (Mironova et al., 2009). شکل بدن در مژه‌داران ابتدایی کروی یا تخم‌مرغی است؛ دهان در بخش قدامی و واکوئل انقباضی در بخش خلفی قرار دارد؛ مژه‌های با طول

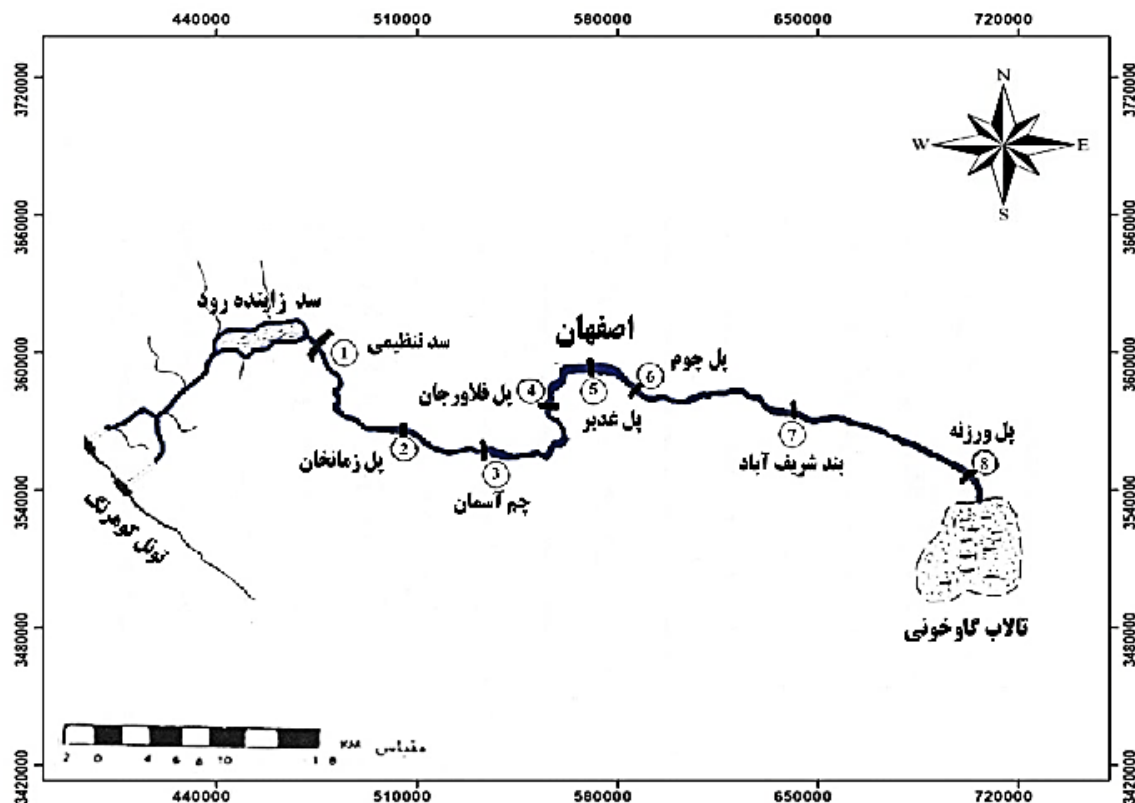
برابر تمام بدن را به‌طور یکنواخت پوشانده و به‌صورت ردیف‌های مرتب نصف‌النهاری از قطب قدامی به خلفی امتداد دارند. تغییرات در تیپ اولیه و ایجاد تنوع در مژه‌داران، به دلایل ذیل رخ می‌دهد: ۱- تغییر مکان دهان از قطب قدامی به سمت دیگر بدن که متعاقب آن ردیف‌های نصف‌النهاری مژه‌ها، آرایش متفاوتی پیدا می‌کنند. ۲- تمایز مژه‌ها به مژه‌های حرکتی که سطح بدن را می‌پوشانند و مژه‌های ویژه نزدیک دهان، که برای گرفتن غذا تخصص‌یافته‌اند. ۳- تکوین ناحیه ویژه‌ای در اطراف دهان موسوم به *peristome*. ۴- پهن شدن بدن به اشکال خزیدنی که در آن؛ سطح شکمی حامل دهان و پرستوم بوده و از سطح پشتی متمایز است (Bhatia, 1936). پروتوپلاسم سازنده بدن مژه‌داران متشکل از دولایه است: اکتوپلاسم و اندوپلاسم. در اکتوپلاسم؛ غشای ظریف خارجی به نام پلیکل، اجسام دفاعی تریکوسیست، عناصر انقباضی میونم و اجسام پایه ای (kinetosomes) که منشأ مژه‌ها هستند وجود دارد. مژه‌ها ممکن است تغییراتی را متحمل شوند و تشکیلات جدیدی را بوجود آورند: غشای موج (undulating membrane)، حاصل ترکیب ردیفی از مژه‌ها است که در حاشیه پرستوم، دهان و حلق سلولی تمام راسته‌های مژه‌داران وجود دارد و برای بدام انداختن غذا به کار می‌رود. این غشاء در بعضی از گونه‌ها به‌خوبی دیده می‌شود ولی در بیشتر موارد نامرئی است. اندوپلاسم مایع‌تر از اکتوپلاسم است و محتوی ارگانل‌ها از جمله واکوئل‌های انقباضی، واکوئل‌های غذایی، هسته و ذرات مختلف است. در بیشتر مژه‌داران، دستگاه هسته‌ای حالت دوشکلی را نشان می‌دهد: یک هسته بزرگ (macronucleus) که بسیار رنگ پذیر است و یک هسته کوچک که به سختی رنگ می‌گیرد. شکل هسته بزرگ نیز در مژه‌داران مختلف متفاوت است (Bhatia, 1936). اساس سیستم‌های طبقه‌بندی امروزی مژه‌داران، اولین بار در سال ۱۸۵۷ توسط Stein پیشنهاد شد. Stein بر مبنای تغییرات مژه‌های نواحی دهانی و سطحی بدن، رده مژه‌داران را به ۴ راسته تقسیم نمود: *Heterotricha*, *Hypotricha*, *Peritricha* که امروزه نیز به‌عنوان راسته یا زیرراسته شناخته می‌شوند. راسته *Holotricha*، مژه‌دارانی هستند که تمام مژه‌های بدنشان از نظر طول و ضخامت یکسان است و مژه تخصص یافته ندارند (Bhatia, 1936). Butschli طرح طبقه‌بندی Stein را اصلاح کرد و راسته *Holotricha* را به دو زیرراسته تقسیم کرد: ۱- *Gymnostomata* که دهان آن‌ها بسته است مگر هنگام بلع غذا، ۲- *Trichostomata* که دهان آن‌ها همیشه باز بوده و مجهز به مژه یا غشای موج است (Butschli, 1887-1889 in Lynn, 2008) و (Bhatia, 1936). بر اساس گزارش (Bhatia, 1936)، *Gymnostomata* بر مبنای موقعیت دهان به ۳ تبار تقسیم می‌شوند: *Prostomata* که سیتوستوم قطبی و راسی دارند، *Pleurostomata* که سیتوستوم آن‌ها شکاف مانند بوده و از قطب قدامی در طول حاشیه فشرده شکمی بدن امتداد دارد، یا اینکه گرد بوده و در قاعده خرطوم واقع است و *Hypostomata* که دهانشان غیرقطبی است و در نیمه قدامی سطح پهن شده‌ی شکمی واقع است. در ضمن، سیتوفارنکس آن‌ها معمولاً ساختار میله‌ای دارد. Khal با مشاهده بعضی تفاوت‌ها بین *Trichostomata*، این تاکسون را به دو زیر راسته جداگانه تقسیم کرد: *Trichostomata* که *Holotricha* های با مژه‌های آزاد دهانی هستند و *Hymenostomata* که *Holotricha* های دارای غشای دهانی هستند که این غشاها حاصل ادغام مژه‌های آزاد دهانی است (Bhatia, 1936). طرح طبقه‌بندی Butschli از رده مژه‌داران، تا قرن بیستم مورد استفاده قرار داشت. با ابداع و کاربرد تکنیک آغشته‌سازی نقره مرطوب "wet silver" جزئیات الگوی سطحی و زیرسطحی اجسام پایه‌ای در اکتوپلاسم مژه‌داران بهتر نمایان شد و اطلاعاتی را برای تجدیدنظر بعدی رده‌بندی مژه‌داران فراهم کرد. Jankowski بر مبنای تجزیه و تحلیل‌های خود از جزئیات سطحی مشاهده شده با میکروسکوپ نوری، گوناگونی‌های بیشتری را بین مژه‌داران تشخیص داد. توسعه و کاربرد میکروسکوپ الکترونی طی دهه بعدی نیز، جزئیات بیشتری را به تاکسونومیست‌ها نشان داد (Lynn, 2008). در زمینه تک‌یاخته‌ای‌های مژه‌دار، مطالعاتی در اکوسیستم‌های آبی کشورمان صورت گرفته است. نخستین مطالعه کلاسیک در خصوص تک‌یاخته‌ای‌های آب‌های شیرین در ایران، از زیستگاه‌های مختلف آب شیرین تهران (شامل آبگیرها یا برکه‌های موقت، جوی‌ها و گند آب‌های کوچک) انجام گرفته و طی آن ۳۰ گونه مژه‌دار شناسایی شده است (Karami, 1992). مطالعه‌ای نیز جهت تعیین فراوانی و تنوع جمعیت مژه‌داران دریایی (*Tintinnides*)، در دریای عمان انجام شده و تأثیر جریان‌های حاصل از طوفان‌های مانسون بر تنوع و تراکم تین تینیدها مورد بررسی واقع گردیده است (Sanjarani, 2011). همچنین پژوهشی درباره‌ی مژکداران غیرانگلی رودخانه قره کهریز در استان مرکزی، به منظور بررسی تاثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی بر تراکم

جمعیت مژه‌داران صورت گرفته است (Shayestehfar *et al.*, 2012). مطالعه بیوسیستماتیکی بر روی مژه‌داران اکوسیستم‌های آبی کشور از مطالعات اکولوژیکی آنها نیز کمتر بوده است. بر همین اساس و با توجه به نقش مهم مژه‌داران در اکوسیستم‌های آبی، به‌عنوان واسط انتقال انرژی و شاخص پاکیزگی و آلودگی آب‌ها، هدف از این پژوهش مطالعه ساختار مورفولوژیکی و تاکسونومیکی و مشاهده رابطه بین ساختار و رده‌بندی مژه‌داران آزاد زی، راسته Holotricha در رودخانه و دریاچه سد زاینده‌رود بوده است.

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر نمونه‌برداری طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ از رودخانه و سد زاینده‌رود انجام شد. در رودخانه زاینده‌رود از ۸ ایستگاه: سد تنظیمی، پل زمان‌خان، چم آسمان، پل فلاورجان، پل غدیر، پل چوم، بند شریف آباد، پل ورزنه و در مخزن سد زاینده‌رود از ۴ ایستگاه؛ محل ورودی آب، نزدیک تاج سد و دو ایستگاه بین تاج سد و ورودی آب رودخانه به سد، نمونه‌برداری شد (شکل ۱). در هر ایستگاه، نمونه‌های پلانکتون از طریق فیلتر کردن ۱۰۰ لیتر آب با تور پلانکتون با قطر روزنه ۵۵ میکرون و نمونه‌های پریفیتون (periphyton) نیز پس از برداشت اجسام شناور، در بستر رودخانه یا ساحل دریاچه جمع‌آوری شدند (Zarei Darki *et al.*, 2011 and 2013). در ادامه، جهت بررسی ساختار مورفولوژیکی و تاکسونومیکی گونه‌های مژه‌داران راسته Holotricha، نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ نوری معمولی NIKON مدل YS100 مجهز به دوربین عکس‌برداری SONY مدل SSC-DC88P مورد مطالعه قرار گرفتند. به منظور شناسایی گونه‌ها، از روش‌های ارائه شده در منبع (Karami, 1992)، کلیدهای شناسایی و تک‌نگاره‌ای معتبر متعددی استفاده شد:

Bhatia, B.L. 1936; Bick, H. 1972; Das, A.K. *et al.*, 1993; Foissner, W. and Berger, H. 1996; Ismaili Sari, A. 2000; Kalavti, C. and Raman, A.V. 2008; Kudo, R.R. 1954; Telesh, I. *et al.*, 2009



شکل ۱. نقشه ایستگاه‌های مورد مطالعه بر روی رودخانه و سد زاینده‌رود.

نتایج

طی تحقیق درمجموع از رودخانه و دریاچه سد زاینده‌رود، از راسته مژه‌داران *Holotricha*؛ ۱۹ خانواده، ۳۰ جنس و ۴۵ گونه شناسایی شد؛ که ۹ خانواده متعلق به زیر راسته *Gymnostomata*، ۳ خانواده متعلق به زیر راسته *Trichostomata* و ۷ خانواده متعلق به زیر راسته *Hymenostomata* بودند.

توصیف تاکسون‌های مژه‌داران شناسایی شده

Class: Ciliata, Butschli.

ویژگی عمومی رده *Ciliata* این هست که در سطح بدن دارای ساختارهای مومانندی به نام مژه هستند که در حرکت و تغذیه نقش دارند؛ و برخلاف سایر رده‌های تک‌یاختگان، غالباً دو جور هسته‌دارند (Bick, 1972).

Order: *Holotricha*, Stein.

بدن راسته *Holotricha* بطور یکنواخت از ردیف‌های طولی مژه پوشیده شده است. ممکن است بعضی نواحی بدن فاقد مژه باشد. سیتوستوم ممکن است به صورت منفذ ساده‌ای باشد که به سیتوفارنکس لوله‌ای که به غشاها یا مژه‌های تخصص یافته

مجهز نیست ختم شود (Gymnostomata)، یا سیتوفارنکس ممکن است مجهز به مژه‌های آزاد باشد (Trichostomata) و یا اینکه ممکن است مجهز به مژه‌های ظریف و غشاها باشد (Hymenostomata) (Bhatia, 1936).

Family: Holophridae Perty, 1852.

Holophridae، خانواده ای از زیراسته Gymnostomata هستند که، بدن کروی یا بیضوی؛ مژه‌های یکنواخت و آرایش یافته در ردیف‌های طولی؛ دهان ساده، گرد، سطحی و قدامی و سیتوفارنکس مجهز به تریکوسیست دارند. جدار حلق آن‌ها نیز از دستگاه میله‌ای به نام تریشیت درست شده (Bhatia, 1936). از این خانواده ۶ گونه، متعلق به ۵ جنس شناسایی شد.

Holophris nigricans Lauterborn, 1908.

شکل ظاهری بدن این گونه؛ تخم‌مرغی تا کروی، سیتوستوم وسیع و به صورت یک فرورفتگی ساده حلقوی و رأسی است. سیتوفارنکس قیفی و متشکل از یک سبد تریشیتی ظریف است. آندوپلاسم محتوی وزیکول‌های متعدد؛ واکوئل انقباضی خلفی و انتهایی؛ هسته بزرگ تخم‌مرغی است. اندازه ۱۰ تا ۱۵۰ میکرون است. این تک‌یاخته، حرکات چرخشی حول محور طولی دارد (Kalavati and Raman, 2008). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۲-۱).

Prorodon teres Ehrenberg, 1838.

بدن گونه *Prorodon teres* بیضوی؛ طول دو برابر عرض؛ فاقد تریکوسیست؛ دهان انتهایی؛ حلق مخروطی و طولی؛ هسته بزرگ تخم‌مرغی؛ واکوئل انقباضی منفرد و دیستال؛ مژه‌های ناحیه عقبی گاهی بلندتر هستند. اندازه حدود ۱۶۰ میکرون است. تغذیه متنوع دارد، حتی از کرم‌های رشته‌ای کوچک. شنای دایره‌ای شکل دارد (Bhatia, 1936). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۲-۲).

Lacrymaria olor O.F. Muller, 1776

شکل بدن این گونه به واسطه‌ی قابلیت انقباض شدید توانایی تغییر زیادی دارد (تخم‌مرغی، فلاکس مانند). بخش خلفی بدن پهن و بخش قدامی باریک است که یک گردن بلند خرطوم‌ی را می‌سازد. مژه بدنی کوتاه و متراکم و هسته بزرگ کروی است. اندازه ۴۰۰ میکرون و در حالت انبساط کامل ۱ تا ۲ میلی‌متر. حرکت سریع و در جهات مختلف است و می‌تواند گردن خود را به صورت شگفت‌انگیزی تا مسافت‌های دور کشیده و به جستجو و شکار طعمه بپردازد (Bhatia, 1936). این گونه از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۲-۳).

Lacrymaria elegans Engelman, 1862.

شکل گونه *Lacrymaria elegans* قابل تغییر و سیتوپلاسم محتوی دانه‌های زیاد است. از تفاوت‌های قابل توجه آن با گونه قبلی این است که گردن کشیده و بلند آن پس از جمع شدن، در جلوی بدن به صورت حلقه‌هایی روی هم قرار گرفته و یک حالت پلکان مارپیچ ایجاد می‌کند و اندازه آن ۷۰ تا ۲۰۰ میکرون است (Ismaili Sari, 2000). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۲-۴).

Enchelys pectinate Kahl, 1933.

شکل کلی بدن گونه *Enchelys pectinate* فلاکس مانند؛ انتهای قدامی باریک‌تر و بدون سر، انتهای خلفی گرد. منفذ دهانی رأسی و شکاف مانند و حاشیه آن مختصری مقعر است. سیتوفارنکس با تریشیت حفاظت شده. دارای یک واکوئل انقباضی است و هسته بزرگ منفرد و لوبیایی شکل است. اندازه ۴۰ تا ۶۰ میکرون است. حرکت نسبتاً آرام داشته و به صورت چرخش حول محور قدامی خلفی است (Kalavati and Raman, 2008). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۲-۵).

Lagynophyra rostrate Kahl, 1927.

Lagynophyra rostrate دارای بدن تخم‌مرغی و مخطط؛ در بخش رأسی دارای یک خرطوم مخروط مانند مجهز به تریکوسیت؛ مژه‌های بدنی تا حدی در ردیف‌های ماریچ قرار گرفته‌اند. هسته بزرگ تخم‌مرغی یک یا دوقسمتی، اندازه ۷۰ تا ۹۰ میکرون است. حرکت آرام و دایره‌وار دارد (Ismaili Sari, 2000; Kalavati and Raman, 2008). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۲-۶).

Family: Didiniidae Poche, 1913.

در این خانواده از زیرراسته *Gymnostomata* دهان رأسی و غالباً در نوک بخش مخروط مانند بدون سر قرار گرفته است و در قاعده با یک یا چند حلقه مژه احاطه شده. سایر قسمت‌های بدن برهنه بوده یا مژه کوتاه دارد (Bhatia, 1936; Das et al., 1993). از این خانواده یک گونه شناخته شد.

Didinium balbiani Butschli, 1887.

Didinium balbiani دارای بدن بشکه‌ای؛ انتهای خلفی گرد؛ انتهای قدامی دارای یک پیش‌آمدگی خرطومی که سیتوستوم قابل انبساط در نوک آن واقع است. یک کمر بند مژه‌ای ویژه در نزدیک قاعده خرطوم دارد. سایر قسمت‌های بدن فاقد مژه است. هسته بزرگ نعل اسبی؛ اندازه ۶۰ تا ۱۰۰ میکرون است. شکارچی مژه‌داران است. حرکت آرامی دارد (Ismaili Sari, 2000; Bhatia, 1936). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۲-۷).

Family: Colepidae Clapard & Lachman, 1858.

این خانواده از زیرراسته *Gymnostomata*، بدن بشکه‌ای بارزه پلیکولی متشکل از پلیت‌های منظم و متعدد اکتوپلاسمی دارند. دهانشان در قطب قدامی است (Bhatia, 1936). این خانواده تنها یک جنس دارد که ۲ گونه آن شناخته شد.

Coleps hirtus O.F. Muller, 1786.

Coleps hirtus دارای بدن کم‌وبیش خمیره‌ای و متورم و متشکل از صفحات اکتوپلاسمی منظم؛ انتهای قدامی بدون سر و دربردارنده سیتوستوم است. سیتو فارنکس عریض و قیف مانند است. انتهای خلفی گرد و مجهز به معدودی خار و یک مژه بلند می است. مژه‌های نزدیک دهان شدیداً رشد یافته‌اند. هسته بزرگ گرد است. اندازه ۵۵ تا ۶۵ میکرون است. حرکات آن چرخشی، سریع، مداوم و توام با تغییر جهت است (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۲-۸).

Coleps elongatus Ehrenberg, 1830.

تفاوت اساسی ساختار بدن این گونه در مقایسه با گونه *Coleps hirtus* این است که بدن نسبتاً استوانه‌ای و باریک‌تری دارد (Kudo 1954; Telesh, I. *et al.*, 2009). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۲-۹).

Family: Spathididae Kahl, 1930.

در این خانواده از Gymnostomata، شکاف دهانی رأسی و بر روی نوک برآمده بدون مژه واقع است. حاشیه دهانی اغلب اوقات مجهز به تریکوسپست است (Bhatia, 1936). از این خانواده یک گونه شناسایی شد.

Homalozoon vermicularis Stokes, 1887.

Homalozoon vermicularis دارای بدن کرم مانند و پهن (از جوانب فشرده) و قابل انقباض؛ بخش قدامی بی‌سر؛ شکاف دهانی در خط الراس و بین دو لبه ضخیم شده (سجاف مانند) واقع است. هسته بزرگ تسبیح مانند و در حاشیه شکمی؛ واکوئل‌های انقباضی متعددی دارند. اندازه ۴۵۰ تا ۸۵۰ میکرون است. حرکات خزنده و حالت سرخوردن دارد (Bick, 1972; Ismaili sari, 2000; Kudo, 1954). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۲-۱۰).

Family: Amphileptidae Butschli, 1889.

در این خانواده از زیرراسته Gymnostomata، سیتوستوم شکاف مانند و مژه‌دار بوده و در حاشیه محدب شکمی بخش قدامی بدن واقع است (Bhatia, 1936). از این خانواده ۵ گونه متعلق به ۲ جنس شناسایی شد.

Hemiophrys bivacuolata form typica Kahl, 1931.

Hemiophrys bivacuolata دارای بدن فلاسک مانند؛ کشیده و از جوانب فشرده است. بخش قدامی تا حدی خمیده به سمت پشتی است که دهان شکاف مانند طویل، در سمت شکمی آن واقع است. دارای ۲ واکوئل انقباضی و ۲ هسته بزرگ بوده و اندازه ۸۰ تا ۱۳۵ میکرون است. حرکت آرام و پیکر قابل انعطافی دارد (Bick, 1972). این گونه از آب‌های شیرین تهران

توسط (Karami, 1992) و همچنین از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۲-۱۱).

Hemiophrys pleurosygma Kahl, 1926.

Hemiophrys pleurosygma دارای بدن دوکی‌شکل، سیگموئید و خم‌پذیر؛ شکاف دهانی طویل و در طول حاشیه محدب گردن؛ واکوئل انقباضی متعدد بوده و در دو ردیف آرایش یافته‌اند. هسته بزرگ دوقسمتی است. اندازه ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرون است. حرکت آرام و از طریق لغزیدن و سرخوردن انجام می‌شود (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۲-۱۲).

Litonotus lamella Schewiakoff, 1896.

Litonotus lamella دارای بدن سیگموئید، کشیده و شفاف؛ بخش قدامی و خلفی پهن؛ سطح شکمی کوژ؛ بخش قدامی گردن مانند و متمایل به سمت پشتی؛ شکاف دهانی طویل و در سمت محدب گردن است. فقط سمت راست بدن مژه دارد. واکوئل انقباضی منفرد و خلفی؛ هسته بزرگ دوقسمتی است. اندازه ۴۰ تا ۲۰۰ میکرون است. حرکت آرام و حالت سرخوردن دارد (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۳-۱۳).

Litonotus fasciola wrzesniowski, 1870.

Litonotus fasciola دارای بدن به صورت فلاسک کشیده بوده و نسبت به گونه *Litonotus lamella* گردن مشخص‌تر و بلندتر دارد. شکاف دهانی نیز طویل بوده و مژه‌های بلند اطراف آن یک حالت یال اسب مانند به این ناحیه می‌دهد. اندازه ۸۰ تا ۱۰۰ میکرون است. حرکت آهسته دارد و به صورت متناوب به سمت جلو و عقب رفت‌وبرگشت می‌کند (Bhatia, 1936; Bick, 1972). این گونه از آب‌های شیرین تهران توسط (Karami, 1992) و همچنین از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۳-۱۴).

Litonotus cygnus O.F. Muller, 1773

در مقایسه با دو گونه فوق که ذکر شد، این گونه دارای بدن طویل، خم‌پذیر، با یک ناحیه گردنی باریک و بلند (مثل گردن قو) و قابل انبساط و همچنین دم نوک‌دار است. اندازه آن ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرون است (Foissner and Berger, 1996). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۳-۱۵).

Family: Trachelidae Ehrenberg, 1840.

در این خانواده از زیرراسته Gymnostomata، سیتوستوم گرد بوده و در قاعده خرطومی که در انتهای قدامی بدن واقع است، قرارداد (Bhatia, 1936). در این خانواده ۲ گونه از ۲ جنس متفاوت شناسایی شد.

Dileptus anser O.F. Muller, 1773

در این گونه بدن استوانه‌ای بوده و در انتهای قدامی، خرطوم طویل گردن مانند تقریباً نصف طول بدن دارد که مختصری پهن است و به صورت شدید قابل انقباض و بسیار متحرک، که سیتوستوم منتهی به سیتوفارنکس قیف مانند در قاعده آن واقع است. انتهای خلفی بدن نیز باریک است. هسته بزرگ به تعداد زیادی هسته تقسیم شده و واکوئل انقباضی نیز متعدد و طول بدن ۲۰۰ تا ۶۰۰ میکرون (متوسط ۳۵۰ میکرون) است. حرکت سریع دارد و گردن دائماً به جلو و عقب خم می‌شود (Bhatia, 1936; Kudo, 1954). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۳-۱۶).

Trachelius ovum Ehrenberg, 1831.

Trachelius ovum دارای بدن کم‌وبیش کروی یا بیضی است و یک خرطوم کوتاه مشخص دارد. سیتوستوم حلقوی بوده و مستقر در قاعده خرطوم است. سیتوفارنکس از تریشیت‌های بلند تشکیل شده است. واکوئل‌های انقباضی متعدد و هسته بزرگ سوسیس مانند است. اندازه ۲۰۰ تا ۴۰۰ میکرون است. حرکت سریع بوده غالباً حول محور بلند می‌چرخد (Bick, 1972). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۳-۱۷).

Family: Loxodidae Btschli, 1889.

در این خانواده از زیراسته *Gymnostoma*، شکاف سیتوستومی در حاشیه مقعر شکمی بخش قدامی بدن واقع است. فقط یک جنس دارد (Bhatia, 1936)، که یک گونه از آن شناسایی شد.

Loxodes rostrum O.F. Muller, 1773

Loxodes rostrum دارای بدن پهن و برگ مانند است؛ بخش قدامی منقار مانند و متمایل به سمت شکمی؛ شکاف دهانی هلالی بوده و در سمت مقعر شکمی یک وضعیت داس مانند را ایجاد می‌کند. مژه بدنی در ردیف‌های منظم طولی است و ظاهری مخطط ایجاد می‌کند. واکوئل انقباضی و هسته متعدد دارد. اندازه ۱۵۰ تا ۲۰۰ میکرون است. حرکت سریع، و انعطاف‌پذیری بدن زیاد است (Bhatia, 1936; Ismaili sari, 2000). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۳-۱۸).

Family: Nassulidae Butschli, 1889.

در این خانواده از زیراسته *Gymnostomata*، سرتاسر بدن مژه‌دار است، گاهی ممکن است مژه‌های سطح پشتی نسبت به سطح شکمی پراکنده‌تر باشند. سیتوستوم در نیمه قدامی سطح پهن شکمی واقع است. سیتوفارنکس اغلب متشکل از دستگاه میله ایست (Bhatia, 1936). در این خانواده یک گونه شناسایی شد.

Nassula ornata Ehrenberg, 1833.

Nassula ornata دارای بدن تخم‌مرغی است، انعطاف‌پذیر و قابل انقباض؛ سیتوستوم مستقر در سطح شکمی و به فاصله کمی از انتهای قدامی بدن؛ سیتوفارنکس متشکل از دستگاه میله‌ای؛ واکوئل انقباضی منفرد و مرکزی؛ هسته بزرگ کروی؛ از جلبک‌ها تغذیه می‌کند و اندازه تا ۲۵۰ میکرون است (Ismaili sari, 2000; Khal, 1931). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۳-۱۹).

Family: Chlamydomontidae Claus, 1874.

در این خانواده از زیرراسته *Gymnostomata*، بدن از سطح پشتی شکمی پهن است. سطح پشتی فاقد مژه است اما اغلب تعدادی بریستل دارد. سیتوفارنکس شامل یک دستگاه میله‌ای است. انتهای قدامی تا حدی منقار مانند و متمایل به سمت چپ بدن است (Bhatia, 1936). در این خانواده، ۲ گونه از یک جنس شناسایی شد.

Chilodonella uncinata Ehrenberg, 1838.

Chilodonella uncinata دارای شکل کلی بدن کلیوی یا قلب مانند است؛ سطح پشتی (به‌استثنای انتهای قدامی) کوزه؛ سیتوستوم گرد و مستقر در ثلث قدامی سطح شکمی است. سیتوفارنکس شیپور شاخ مانند و متشکل از تریشیت‌های انعطاف‌پذیر و هسته بزرگ تخم‌مرغی است. ۲ واکوئل انقباضی دارد. اندازه ۵۰ تا ۹۰ میکرون است. از جلبک‌ها تغذیه می‌کند. حرکت آرام در جهت حرکت عقربه‌های ساعت دارد (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۳-۲۰).

Chilodonella cucullulus O.F. Muller, 1786

این گونه از بسیاری جهات شبیه *Chilodonella uncinata* است اما بدنی نامتقارن‌تر دارد و به‌شدت قابل انقباض است. واکوئل انقباضی متعدد بوده و ۱۳۰ تا ۱۵۰ میکرون اندازه دارد (Bhatia, 1936). این گونه از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۳-۲۱).

Family: Plagiophylidae Schewiakoff, 1896.

در این خانواده از زیرراسته *Trichostomata*، شیار دهانی عرضی و در ربع قدامی بدن واقع است (Bick, 1972). در این خانواده تنها یک گونه شناسایی شد.

Plagiophyla nasuta Stein, 1860.

Plagiophyla nasuta دارای بدن بیضوی و از سطح پشتی شکمی نسبتاً پهن است. شیار دهانی عرضی است و در یک چهارم قدامی سطح شکمی حالت منقار مانند را ایجاد کرده است. این شیار کم عمق بوده و در حواشی مجهز به مژه‌های ضخیم است

و به سیتوستوم و سیتوفارنکس کوتاه ختم می‌شود. هسته بزرگ گرد و اندازه بدن ۸۰ تا ۱۸۰ میکرون است. حرکت آرامی دارد (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۳-۲۲).

Family: Colpodidae Poche, 1913, emend Kahl, 1926.

در این خانواده از زیرراسته Trichostomata، شیار دهانی قیف مانند و در یک فرورفتگی نزدیک وسط یک سمت بدن واقع است (Bick, 1972). از این خانواده، ۲ گونه متعلق به یک جنس شناسایی شد.

Colpoda cucullus O.F. Muller, 1773

در این گونه بدن به شکل کلیه است. حفره دهانی قیف مانند مجهز به دسته‌های مژکی است و در نیمه قدامی سطح شکمی قرار گرفته است. سیتوفارنکس ناقص و ابتدایی است. واکوئل‌های غذایی متعدد است و اندازه‌ی بسیار متغیر (۴۰ تا ۱۲۰ میکرون) دارد. دارای حرکت آرام است (Bhatia, 1936). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۳-۲۳).

Colpoda steinii Maupas, 1883.

بدن این گونه تخم‌مرغی و استوانه‌ای و فرورفتگی شکمی نسبت به *Colpoda cucullus* کمتر آشکار است. رنگ بدن خاکستری تیره؛ دهان مستقر در عمق فرورفتگی است و توسط یک سیتوفارنکس لوله‌ای دنبال می‌شود. واکوئل‌های غذایی غالباً بزرگ‌اند. اندازه بدن ۲۵ تا ۶۰ میکرون است. حرکات آرام دارد (Bhatia, 1936). این گونه از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۳-۲۴).

Family: (Microthoracidae) Leptopharyngidae Kahl, 1926

بدن این خانواده از زیرراسته Trichostomata، به واسطه فشردگی جانبی پهن است. پلیکل سختی دارند، دهان در سمت شکمی واقع است و به فارنکس باریکی منتهی می‌شود (Bick, 1972). از این خانواده تنها یک گونه شناسایی شد.

Leptophrynx sphagnetorum Levander, 1900.

در این گونه بدن به طور قابل توجه پهن، کم‌وبیش تخم‌مرغی و با پلیکل سخت شیاردار پوشیده شده است. حاشیه راست بدن مختصری کوژ و حاشیه چپ اندکی مقعر است. سیتوستوم به سیتوفارنکس لوله‌ای که توسط سبد تریشیتی مورد حمایت است منتهی می‌شود. اندازه ۲۵ تا ۴۰ میکرون. حرکت به صورت چرخش‌های ۹۰ درجه‌ای است که به صورت متناوب انجام می‌شود (Das, et al., 1993; Ismaili sari, 2000). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۴-۲۵).

Family: Parameciidae Kent, 1881, emend Kahl, 1931.

خانواده Parameciidae از زیرراسته Hymenostomata، سیگار مانند و یا به شکل پاهستند.. شیار پرستومی پهن و مژه‌دار (وستیبولوم)، به حفره دهانی استوایی منتهی می‌شود. مژه‌های قوی دهانی، اندامک اختصاصی پنی کولی را می‌سازند که

در عمق بسیار زیاد حفره دهانی مستقر است (و بدون استفاده از تکنیک‌های بسیار اختصاصی به‌سختی قابل مشاهده است). ۲ واکوئل انقباضی دارند. تنها یک جنس دارد (Bick, 1972). ۴ گونه از این جنس شناسایی شد.

Paramecium caudatum Ehrenberg, 1833.

Paramecium caudatum دارای بدن کشیده و استوانه‌ای به شکل سیگار برگ؛ انتهای قدامی گرد؛ انتهای خلفی به‌صورت تدریجی باریک شده و غالباً مجهز به دسته مژه بلندتر است. تریکوسیست فراوان دارد. شیار دهانی (وستیبولوم) طویل و مختصری مایل است. در انتهای شیار، سیتوستوم و سپس سیتو فارنکس قیف مانند مجهز به مژه‌های ویژه (پنی کولی) واقع است. هسته بزرگ تخم‌مرغی و دو واکوئل انقباضی مجهز به کانال‌های شعاعی دارد. اندازه ۱۸۰ تا ۳۰۰ میکرون است. حرکت سریع، یکنواخت و مورب و گاهی چرخش حول محور طولی دارد (Bick, 1972). این گونه از آب‌های شیرین تهران توسط (Karami, 1992) و همچنین از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۴-۲۶).

Paramrcium aurelia Eherenberg, 1833.

Paramrcium aurelia بدن کشیده و بیضوی دارد و هر دو انتها گرد است. برخلاف *Paramecium caudatum* مژه‌های بلند نمی‌دارد و اندازه ۱۳۰ تا ۱۸۰ میکرون است (Bhatia, 1936). این گونه از آب‌های شیرین تهران توسط (Karami, 1992) نیز گزارش شده است (شکل ۴-۲۷).

Paramecium bursaria Ehrenberg, 1833.

در این گونه بدن تخم‌مرغی؛ انتهای خلفی پهن و گرد؛ انتهای قدامی عریض، اریب و بدون سر بوده و حامل وستیبولوم است. تریکوسیست رشد فراوانی دارد. به‌واسطه حضور تعداد زیادی زئوکلر، آندوپلاسم سبزرنگ است و دارای اندازه ۱۲۰ تا ۱۶۰ میکرون است. حرکت آرامی دارد (Bhatia, 1936). این گونه از آب‌های شیرین تهران توسط (Karami, 1992) و همچنین از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۴-۲۸).

Paramecium putrinum Clapared & Lachmann, 1858.

این گونه شبیه *Paramecium bursaria* است ولی فاقد زئوکلر بوده و تریکوسیست نیز ندارد. اندازه حدود ۱۳۰ میکرون است (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۴-۲۹).

Family: Cinetochilidae Perty, 1852.

بدن اعضای این خانواده از زیرراسته Hymenostomata، تخم‌مرغی، کوچک و پهن است. تنها در سطح شکمی مژه‌دارند. ضمن اینکه واجد ۳ تا ۴ مژه دمی بلند نیز هستند. حفره دهانی در سمت راست نیمه خلفی بدن واقع است. تنها یک جنس دارد (Bick, 1972) که یک‌گونه آن شناسایی شد.

Cinetochilum margaritaceum Perty, 1853.

شکل کلی بدن *Cinetochilum margaritaceum* بیضوی قرص مانند؛ انتهای قدامی گرد؛ انتهای خلفی بی‌سر؛ فقط سطح شکمی مژه‌دار بوده و چندین مژه بلند دمی دارد. حفره دهانی در سمت راست بخش خلفی شکم واقع است که لبه‌های آن مجهز به غشا است. هسته بزرگ کروی است. یک واکوئل انقباضی دارد و اندازه بدن ۱۵ تا ۴۵ میکرون است. حرکت غیریکنواخت و در مسیر دایره‌های کوچک است (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهرئز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۴-۳۰).

Family: Urocentridae Small & Lynn. 1985.

در خانواده Urocentridae از زیر راسته Hymenostomata. مژه محدود به یک یا چند کمربند مژه‌ای در اطراف بدن است. ضمن اینکه دسته‌ای از مژه‌های بلند دمی دارد. حفره دهانی زیر ناحیه استوایی بدن مستقر است (Bick, 1972). از این خانواده یک گونه شناسایی شد.

Urocentrum turbo O.F. Mueller, 1786.

Urocentrum turbo بدن استوانه‌ای؛ سطح شکمی مختصری پهن؛ وسط منقبض شده؛ علاوه بر دو کمربند مژه‌ای عریض، یک دسته مژه خلفی غیرعادی دارد. حفره دهانی زیر ناحیه استوایی بدن و مجهز به غشاء و ممبرانل مواج است. هسته بزرگ نعل اسبی و مستقر در خلف؛ واکوئل انقباضی انتهایی، و مجهز به کانال‌های جمع کننده است؛ اندازه ۵۰ تا ۸۰ میکرون است. حرکت بسیار سریع و از طریق چسباندن انتهای دسته مژه دمی موکوسی به یک نقطه، چرخش منحصر به فردی دارد (Bick, 1972). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۴-۳۱).

Family: Frontonidae Kahl, 1926.

Frontonidae خانواده‌ای از زیر راسته Hymenostomata می‌باشند که دستگاه دهانی آنها فاقد پرستوم بوده و سیتوستوم در نیمه قدامی بدن واقع است؛ مانند سایر Hymenostomata که در فوق به آن‌ها اشاره شد، در انتهای حفره دهانی دارای سه غشاء (پنی کولوس) هستند (Bhatia, 1936; Kalavati and Raman, 2008). از این خانواده ۳ گونه از یک جنس شناسایی شد.

Frontonia leucas Ehrenberg, 1838

Frontonia leucas دارای بدن کشیده، استوانه‌ای و تا حدی پهن؛ هردو انتها گرد (بخش قدامی پهن تراز خلفی)؛ فاقد پرستوم است. سیتوستوم مجهز به غشا بوده و در ثلث قدامی بدن واقع شده است. شباری پس دهانی به سمت خلفی بدن امتداد دارد. هسته بزرگ بیضوی و منفرد؛ واکوئل انقباضی نیز منفرد، مرکزی و دارای کانال‌های شعاعی است. اندازه بسیار متغیر (۱۵۰ تا ۶۰۰ میکرون) است. هنگام حرکت، حول محور بلند خود می‌چرخد و تغییر جهت‌های متوالی و سریع انجام می‌دهد (Bhatia, 1936). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۴-۳۲).

Frontonia acuminata Ehrenberg, 1833.

این گونه در مقایسه با *Frontonia leucas*، بدن تخم‌مرغی و بیضوی دارد. از سطح پشتی شکمی پهن و سطح پشتی مختصری کوژ است. تریکوسیست‌ها دراکتوپلاسم مشخص است. اندازه ۵۰ تا ۱۵۰ میکرون است (Bick, 1972). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۴-۳۳).

Frontonia atra Ehrenberg, 1833.

در مقایسه با دو گونه قبلی، بخش قدامی بدن گرد و بخش خلفی به‌طور مشخص باریک است و حالت قطره اشکی دارد. سیتوپلاسم محتوی دانه‌های سیاه است. اندازه آن ۱۰۰ تا میکرون است (Foissner and Berger, 1996). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۴-۳۴).

Family: Tetrahymenidae Corliss, 1952.

اعضاء این خانواده از زیراسته Hymenostomata، بدن هرمی، تخم‌مرغی کشیده یا استوانه‌ای دارند، حفره دهانی کوچک و تشکیلات غشایی tetrahymenal است، یعنی ۴ غشادارند؛ یک غشاء موج در سمت راست دهان و سه ممبرانل در سمت چپ است. (Bick, 1972; Das et al., 1993). از این خانواده ۶ گونه متعلق به ۵ جنس شناسایی شده است.

Tetrahymena pyriformis Ehrenberg, 1833.

بدن این گونه هرمی یا گلابی‌شکل؛ با انتهای قدامی باریک‌تر؛ سیتوستوم تقریباً سه‌گوش و در ثلث قدامی بدن در جهت محور طولی مستقر است. حفره دهانی مجهز به یک غشای موج آشکار در سمت راست و سه ممبرانل در سمت چپ که کمتر آشکار است. واکوئل انقباضی منفرد، انتهایی و هسته بزرگ گرد و مرکزی است. اندازه ۳۲ تا ۷۵ میکرون است. حرکت آرام و گاهی چرخش حول محور طولی خود دارد (Bhatia, 1936). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۴-۳۵).

Glaucoma scintillans Ehrenberg, 1830.

Glaucoma scintillans دارای بدن بیضوی و از سطح شکمی پهن؛ سیتوستوم در ثلث قدامی بدن و اندکی اریب است. غشای موج دهانی به‌صورت دائم در حرکت است. واکوئل انقباضی منفرد و هسته بزرگ کروی است. اندازه ۶۰ تا ۸۰ میکرون دارد. حرکت آرام و دایره‌وار دور خود می‌چرخد (Bhatia, 1936). این گونه از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۴-۳۶).

Colpidium campylum Stokes, 1886.

Colpidium campylum دارای بدن کشیده، کلیوی و گاهی تخم‌مرغی است. مژه بدنی به‌استثنای یک دسته مژه بلندتر خلفی یکنواخت است. انتهای قدامی باریک‌تر و از چپ به راست خمیده است. سیتوستوم جانبی و سه‌گوش، در ربع قدامی بدن واقع است. سیتوفارنکس لوله‌ای دارد. واکوئل انقباضی خلفی؛ هسته بزرگ کروی و مرکزی. اندازه ۵۰ تا ۱۵۰ میکرون است. آرام

شنا می‌کند و به تناوب یک حرکت چرخشی انجام می‌دهد (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۵-۳۷).

Colpidium colpoda Stein, 1860.

در این گونه، درمقایسه با *Colpidium campylum* خمیدگی بخش قدامی به سمت راست بارزتر و اندازه ۱۰۰ تا ۱۵۰ میکرون است (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۵-۳۸).

Uronema marinum Dujardin, 1841.

Uronema marinum دارای بدن بیضوی کشیده، قطب قدامی فاقد مژه بوده و محل استقرار سیتوستوم است که مجهز به غشای موج است. بدن با مژه‌های ظریف و بلند پوشیده شده و یک مژه بلند دمی نیز دارد. هسته بزرگ کروی و مرکزی؛ واکوئل انقباضی منفرد و خلفی است. همچنین دارای اندازه ۳۰ تا ۵۰ میکرون است. در مدت زمان‌های به نسبت طولانی بی‌حرکت بوده و ناگهان یک حرکت جهشی انجام می‌دهد (Bick, 1972). این گونه از رودخانه قره کهریز توسط (Shayestehfar et al., 2012) نیز گزارش شده است (شکل ۵-۳۹).

Lembadion ballinum Perty, 1849.

شکل بدن *Lembadion ballinum* کم‌وبیش تخم‌مرغی است؛ سطح شکمی پهن و تا حدی مقعر و سطح پشتی کوژ است. در سطح شکمی، شیار دهانی بسیار بزرگ و عمیق (به‌اندازه ۸۰ درصد طول و ۵۰ درصد عرض بدن) و مجهز به ممبرانل است. هسته بزرگ کشیده و خلفی؛ واکوئل انقباضی نیز خلفی است. اندازه ۱۲۰ تا ۲۰۰ میکرون است حرکت نسبتاً آرام و دایره‌وار دارد (Foissner and Berger, 1996; Kudo, 1966). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۵-۴۰).

Family: Ophryoglenidae Kent, 1882, emend Kahl, 1931.

در این خانواده ازیرراسته Hymenostomata، پرستوم مشابه شکاف مژه‌دار داسی شکل است، که عمود بر سطح بدن، به‌سوی منفذ دهانی فرورفته است. این خانواده فقط یک جنس دارد (Bhatia, 1936) که یک‌گونه آن شناسایی شد.

Ophryoglena atra Liberkuhn, 1856.

Ophryoglena atra دارای بدن تخم‌مرغی و سیتوستوم نزدیک انتهای قدامی است. سیتوفارنکس واجد غشای موج باریک و بدن مملو از ذرات گلبولی است؛ واکوئل انقباضی منفرد و هسته بزرگ کشیده است. اندازه آن ۳۰۰ تا ۵۰۰ میکرون است. حرکت سریع، یکنواخت همراه با چرخش روی محور طولی است (Kudo, 1954). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۵-۴۱).

Family: Pleuronematidae Kent, 1882.

در این خانواده از زیرراسته Hymenostomata، مژه‌های بدنی بلند و پریستوم از قطب قدامی به منفذ دهانی در عقب بدن امتداد دارد. پریستوم در طول حاشیه راست حامل یک غشای موج است که حاشیه عقبی منفذ دهانی را مثل جیب احاطه می‌کند. حاشیه پریستومی چپ نیز حامل یک ردیف مژه یا غشا است (Bhatia, 1936). از این خانواده ۴ گونه متعلق به ۲ جنس شناسایی شد.

Cyclidium glaucoma O.F. Mueller, 1773.

Cyclidium glaucoma دارای بدن تخم‌مرغی؛ سیتوستوم از ناحیه قدامی بدن شروع شده و تا دوسوم طول بدن امتداد دارد. یک غشای موج بزرگ همانند جیب، شیار دهانی را احاطه می‌کند. یک مژه بلند دمی در انتهای خلفی دارد. هسته بزرگ کروی؛ واکوئل انقباضی منفرد و خلفی است. دارای اندازه ۱۵ تا ۳۰ میکرون است. به صورت متناوب مدت‌زمانی بی‌حرکت است ولی ناگهان، حرکت پرشی انجام می‌دهد (Bick, 1972). این گونه از آب‌های شیرین تهران توسط (Karami, 1992) نیز گزارش شده است (شکل ۵-۴۲).

Cyclidium citrullus Cohn, 1865.

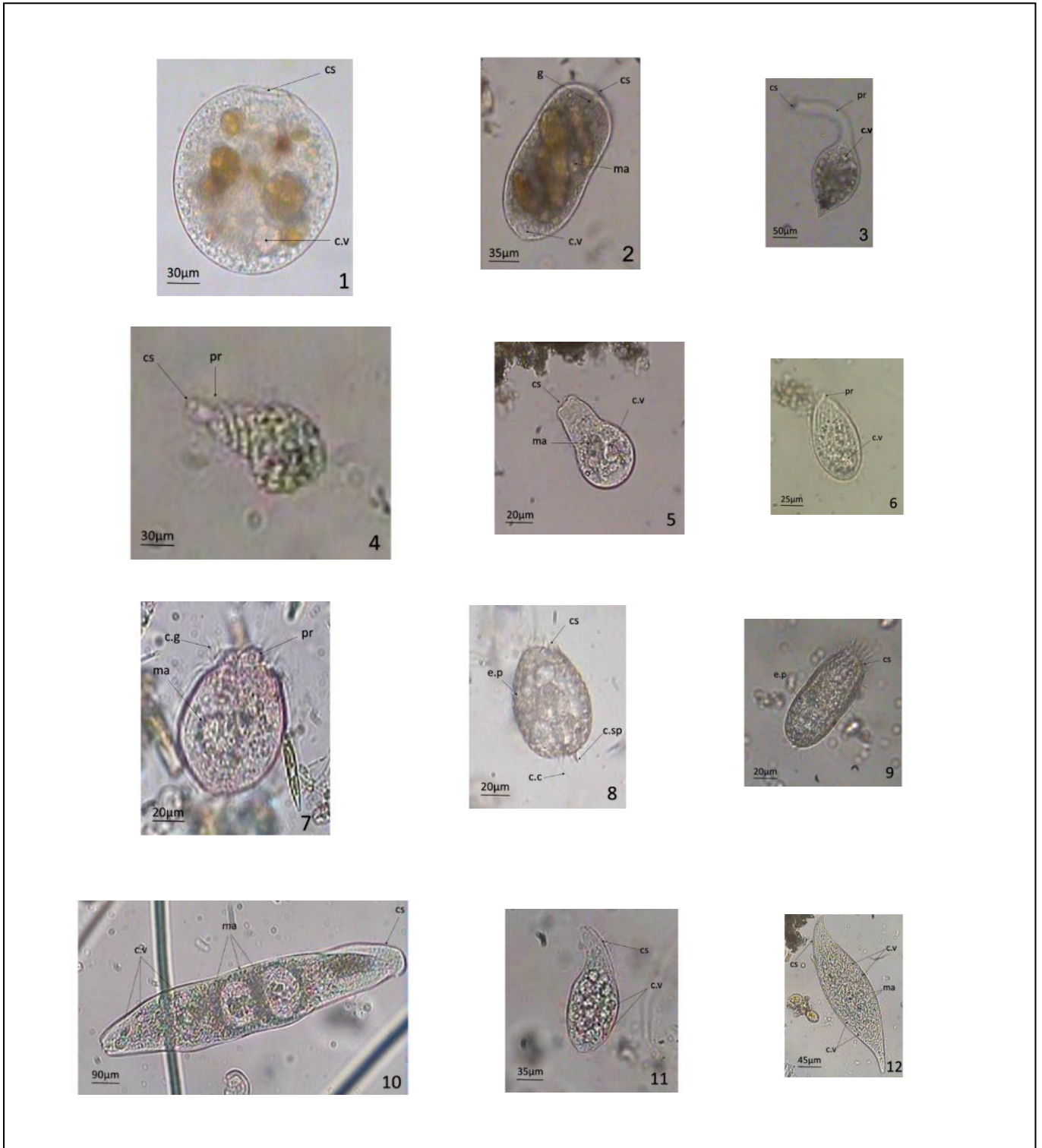
Cyclidium citrullus دارای بدن تخم‌مرغی کشیده؛ سطح شکمی پهن؛ قطب قدامی فاقد مژه؛ سیتوستوم مجهز به یک غشای موج خارجی بزرگ جیب مانند است که دوسوم طول بدن را دربر می‌گیرد. یک مژه بلند دمی در انتهای خلفی دارد. هسته بزرگ کروی و واکوئل انقباضی خلفی است. دارای اندازه ۱۵ تا ۴۰ میکرون است. از ویژگی‌های بسیار اختصاصی جانور این است که هنگام تغذیه بی‌حرکت بوده، مژه‌ها بطور وسیع گسترش یافته و غشای موج در حال فعالیت است (Bick, 1972). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۵-۴۳).

Pleuronema crassum Dujardin, 1841.

Pleuronema crassum دارای بدن تخم‌مرغی تا بیضوی؛ پریستوم تا دوسوم طول بدن توسعه دارد. غشای موج باد بان مانند و بزرگ؛ مژه‌های بدنی بلند و یکنواخت؛ هسته بزرگ کروی؛ واکوئل انقباضی پشتی و در ثلث خلفی واقع است. دارای اندازه ۷۰ تا ۱۲۰ میکرون است. حرکات ناگهانی و انفجاری دارد (Kudo, 1954). این گونه برای اولین بار از این منطقه گزارش شد (شکل ۵-۴۴).

Pleuronema coronatum Kent, 1881.

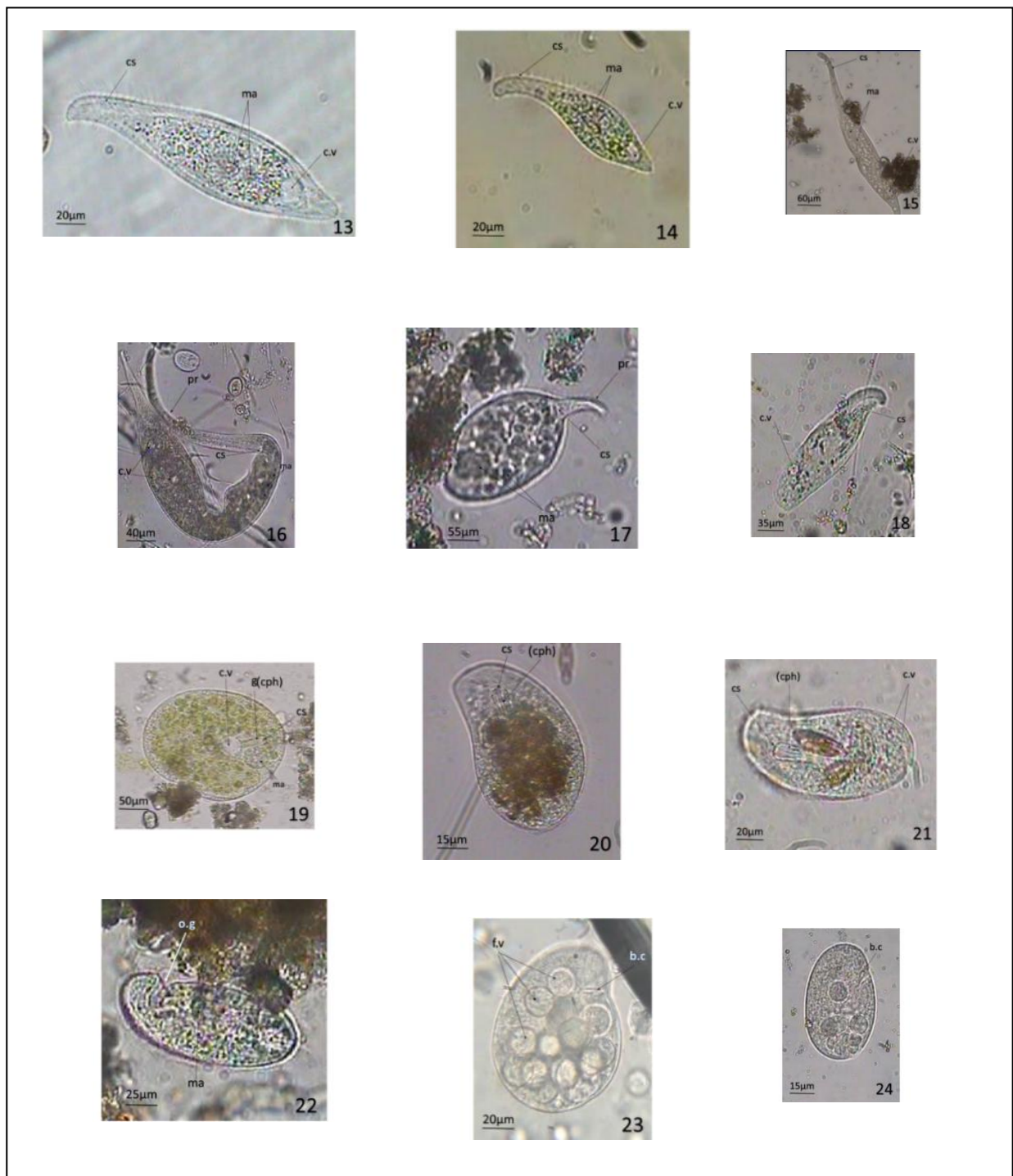
در این گونه شکل بدن تخم‌مرغی و هردو انتها گرد است. غشای موج پریستومی وسیع است. مژه‌های دمی بلند است. دارای اندازه ۴۷ تا ۷۵ میکرون است. نسبت به گونه *Pleuronema crassum* حرکات جهشی ملایم‌تری دارد (Kudo, 1954). این گونه برای اولین بار در این منطقه گزارش شد (شکل ۵-۴۵).



شکل ۲: مژه‌داران هو لوتریک شناسایی شده در رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود

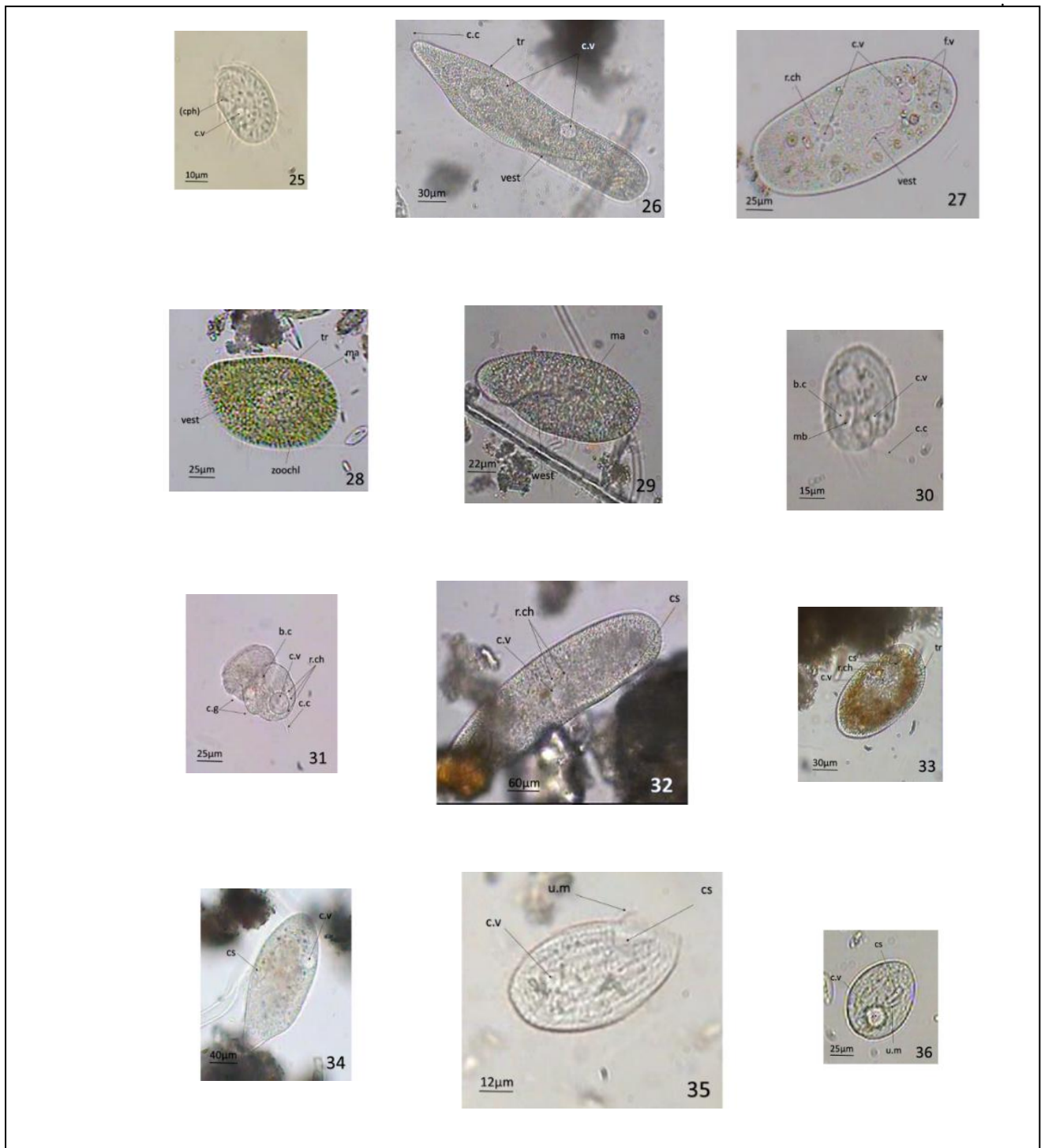
elegans. Gymnostomata; Family: Holophridae; 1-*Holophria nigricans*. 2-*Prorodon teres*. 3-*Lacrymaria olor*. 4-*Lacrymaria pectinate*. 5-*Enchelys pectinate*. 6-*Lagynophyra rostrate*. Family: Didiniidae; 7-*Didinium balbiani*. Family: Colepidae; 8-*Coleps hirtus*. 9-*Coleps elongates*. Family: Spathidiidae; 10-*Homalozoon vermicularis*. Family: Amphileptidae; 11-*Hemiophrys bivacuolata*. 12-*Hemiophrys Pleurosygma*

c.v: مخزن دمی; c: مژه دمی; g: کمر بند مژه‌ای; cs: سیتوستوم; c.sp: خار دمی; e.p: صفحه اکتوپلاسمی; ma: ماکرونوکلئوس; pr: خرطوم; c.g: سیتو فارنکس



شکل ۳. ادامه مژه‌داران هو لوتریک شناسایی‌شده در رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود

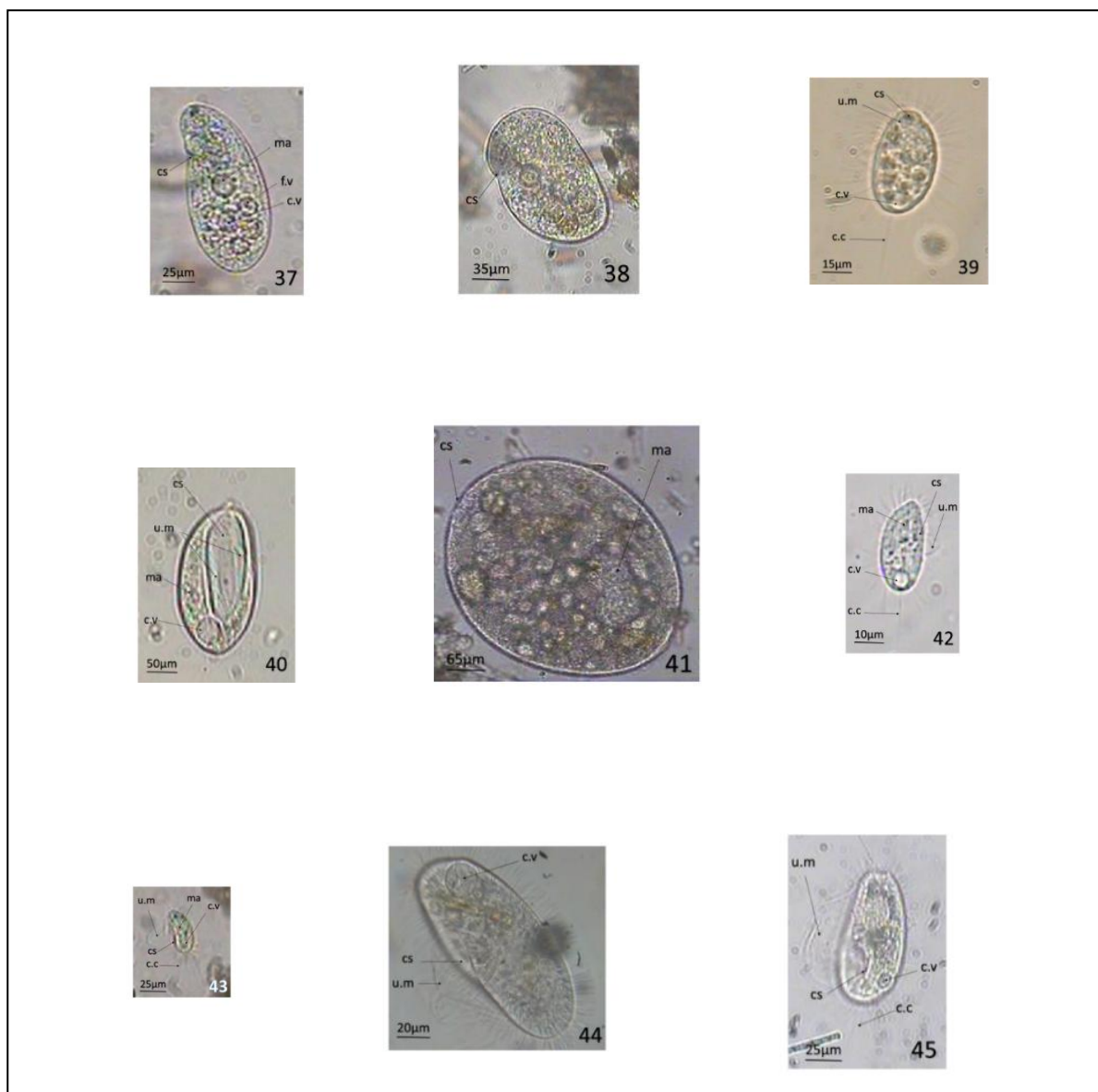
Gymnostomata; Family: Amphileptidae; 13-*Litonotus lamella*. 14-*Litonotus fasciola*. 15-*Litonotus cygnus*. Family: Trachelidae; 16-*Dileptus anser*. 17-*Trachelius ovum*. Family: Loxodidae; 18-*Loxodes rostrum*. Family: Nassulidae; 19-*Nassula ornata*. Family: Chlamyodontidae; 20-*Chilodonella uncinata*. 21-*Chilodonella cucullulus*. Trichostomata; Family: Plagiophylidae; 22-*Plagiophyla nasuta*. Family: Colpodidae; 23-*Colpoda cucullus*. 24-*Colpoda steini*.
 c.g: کمر بند مژه‌ای (cph); سیٹوفارنکس (cs); سیٹوستوم (c.v). واکوئل انقباضی (f.v). واکوئل غذایی (ma). ماکرونوکلیوس (pr). خرطوم (o.g). شیاردهانی



شکل ۴. ادامه مژه‌داران هو لوتریک شناسایی شده در رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود

Trichostomata; Family: Leptopharyngidae; 25-*Leptophrynx sphagnetorum* Family: Parameciidae; 26-*Paramecium caudatum*. 27-*Paramrcium aurelia*. 28-*Paramecium bursaria*. 29-*Paramecium putrinum*. Family: Cinetochilidae; 30-*Cinetochilum margaritaceum*. Family: Urocentridae; 31-*Urocentrum turbo*. Hymenostomata; Family: Frontonidae; 32-*pyriformis*. 36- *Frontonia leucas*. 33-*Frontonia acuminata*. 34-*Frontonia atra*. Family: Tetrahymenidae; 35-*Tetrahymena*. واکوئل انقباضی . c.v; سیتوفارنکس cph; سیتوستوم cs; کمر بند مژه‌ای . c.g; مژه دمی c.c; دهانی b.c; حفره دهانی c.c; *Glaucoma scintillans*.

f.v; واکوئل غذایی; ma; ماکرونوکلئوس; mb; ممبرانل . r.ch; کانال شعاعی; tr; تریکوسیست . u.m; غشای موج; vest; وستیبول



شکل ۵. ادامه مژه‌داران هو لوتریک شناسایی شده رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود

Hymenostomata; Family: Tetrhymenidae; 37-*Colpidium campylum*. 38- *Colpidium colpoda*. 39-*Uronema marinum*. 40-*Lembadion ballinum*. Family: Ophryoglenidae; 41- *Ophryoglena atra*. Family: Pleuronematidae; 42-*Cyclidium glaucoma*.
 43-*Cyclidium citrullus*. 44- *Pleuronema crissum*. 45-*Pleuronema coronatum*.

انقباضی f.v; واکوئل غذایی ma; ماکرونوکلئوس u.m; غشای موج

بحث

دراولین مطالعه علمی انجام شده روی تک یاخته‌ای‌های مژه دارآزادی اکوسیستم‌های آبی کشورمان از کل راسته‌های مژه‌داران، ۳۰ گونه از زیستگاه‌های مختلف آب‌های شیرین شهر تهران شناسایی شده که ۶ گونه متعلق به راسته *Holotricha*، ۱۴ گونه متعلق به راسته *Spirottricha*، یک گونه متعلق به راسته *Peritricha* و بقیه نیز شامل گونه‌های ناشناخته از جنس‌های معین بوده است (Karami, 1992). در مطالعه دیگر (Shayestehfar et al. 2012)، از کل راسته‌های مژه‌داران آزادی رودخانه

قره کهریز در مجموع ۴۶ گونه شناسایی شده است که از این تعداد ۲۱ گونه متعلق به تاکسون *Holotricha*، ۱۵ گونه متعلق به تاکسون *Spirotricha*، ۶ گونه متعلق به تاکسون *Peritricha* و ۴ گونه متعلق به *Suctorina* (مکنده‌ها) بوده است. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش انجام شده روی رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود که تنها از راسته *Holotricha*، ۴۵ گونه شناسایی شده است، مشاهده شد که در رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود ۲۵ گونه جدید در مقایسه با آب‌های شیرین شهر تهران و رودخانه قره کهریز شناسایی شده است که رکورد بالایی است و مطالعه حاضر به‌طور قابل توجهی چک‌لیست مژه‌داران شناسایی شده در اکوسیستم‌های آبی کشور را افزایش داده است. همچنین مشاهده شد تمام ۶ گونه مژک‌دار متعلق به تاکسون *Holotricha* که در آب‌های شیرین شهر تهران شناسایی شده‌اند و ۱۸ گونه از ۲۱ گونه مژک‌دار متعلق به تاکسون *Holotricha* که در رودخانه قره کهریز شناسایی شده‌اند در رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود نیز یافت شده‌اند و فقط ۳ گونه آن (*Paramecium tricum* و *Amphileptus claparedei*، *Didinium nasutum*)، در رودخانه و مخزن سد زاینده‌رود مشاهده نشد. به جهت ویژگی‌های اکولوژیکی حاکم بر رودخانه و سد زاینده‌رود و کاوش‌های عمیق‌تر، مطمئناً چک لیست مژه‌داران این اکوسیستم آبی افزایش خواهد یافت. در بین گونه‌های گزارش شده، ۴ گونه در هر سه اکوسیستم آبی دیده شده است: *Paramecium Aurelia* و *paramecium bursaria* از خانواده *Parameciidae* و زیر راسته *Hymenostomata*، همچنین *Litonotus fasciola* و *Hemiohphrys bivacuolata* از خانواده *Amphileptidae* و زیر راسته *Gymnostomata* که نشان می‌دهد در مقایسه با سایر گونه‌های گزارش شده ظرفیت بالاتری جهت تحمل شرایط اکولوژیکی متفاوت را دارند. در مطالعه حاضر، علاوه بر یافته‌های فوق الذکر؛ دوجنبه دیگر از مطالعات بیوسیستماتیک را نیز می‌توان مورد بحث قرار داد: یکی مشاهده رابطه بین مورفولوژی و تاکسونومی، که مکانیزم رده بندی و نامگذاری مژه‌داران را تبیین می‌کند، و دیگری مشاهده رابطه بین مورفولوژی و فیزیولوژی که نحوه تداخل عمل مژه‌داران را با سایر اجزای اکوسیستم‌های آبی نشان می‌دهد. از نظر تکاملی، ابتدایی‌ترین مژه‌داران *Gymnostomata* از راسته *Holotricha* هستند که اساساً ماکروفاژ و صیاد هستند و برای موفقیت در شکار لازم است ذرات غذایی مورد استفاده درشت باشد تا با دهان ساده آن‌ها که در سطح بدن قرار دارد (شکل ۲-۱: *Holophria nigricans*)، تماس برقرار کند (Fenchel, 1980). در مسیر تکامل، دهان مژه‌داران عالی‌تر راسته *Holotricha*، از جمله *Hymenostomata* جهت تغذیه از ذرات بسیار کوچک و معلق غذا سازگاری یافت. باین وجود، بسیاری از مژه‌داران پیشرفته فوق‌الذکر، ضمن حفظ تغذیه سوسپانسیونی و میکروفاژی، جهت بهره‌مندی از ذرات درشت غذا، به‌طور ثانویه با روش تغذیه ماکروفاژی نیز سازگار شدند (Fenchel, 1980). *Hymenostomata*، از نظر اکولوژی تغذیه گروه متنوعی را تشکیل می‌دهند و تقریباً همه انواع روش‌های تغذیه‌ای در اعضای آن مشاهده می‌شود. به‌عنوان مثال، خانواده بزرگ و شاخص این تاکسون یعنی *Tetrahymenidae*، تغذیه سوسپانسیونی باکتری‌خواری دارند. اعضای این خانواده (شکل ۴-۳۵: *Tetrahymena pyriformis*) به کمک حرکات غشای موج و غشاهای دهانی، از طریق جمع‌آوری و فیلتر نمودن آب، باکتری‌ها را تا چند هزار برابر محیط در حفره دهانی خود تغلیظ می‌کند (Fenchel, 1969). تفاوت در روش‌های تغذیه‌ای، که متناسب با امکانات ساختار دهانی است، از یک‌طرف نقش گونه‌های مختلف مژه‌داران را در حلقه میکروبی و انتقال انرژی در سطوح مختلف شبکه‌های غذایی متفاوت می‌سازد؛ و از طرف دیگر شرایط اکولوژیکی لازم برای محیط‌زیست آن‌ها را تعیین می‌کند. شاید یکی از دلایل اینکه از مژه‌داران می‌توان به‌عنوان شاخص ساپروبی جهت تعیین میزان پاکی و آلودگی اکوسیستم‌های آبی استفاده نمود، به‌واسطه همین خصوصیت باشد.

نتیجه‌گیری

در نتیجه مطالعه تعداد ۴۵ گونه از ۳۰ جنس که متعلق به ۱۹ خانواده هستند برای اولین بار از این منطقه گزارش می‌شود. نقش مهم مژه‌داران در اکوسیستم‌های آبی، شرکت در ساختار شبکه‌های غذایی به‌عنوان حلقه رابط بین پیکوپلانکتون‌ها و ژئوپلانکتون‌ها است. این پدیده از یک‌طرف در صنعت آبی‌پروری و از طرف دیگر در محیط‌زیست مورد توجه است. آشنایی با

روش‌های تغذیه‌ای و نوع غذای مصرفی در مژه‌داران و ارتباط آن با اندامک‌های تغذیه‌ای، مستلزم شناخت ساختار بدن و جایگاه تاکسونومیک مژه‌داران است. مطالعه و پژوهش در زمینه ساختار و روابط اکولوژیک این جزء مهم، منجر به استفاده بهینه از اکوسیستم‌های آبی می‌شود که از جنبه‌های اقتصادی و بهداشتی جهت پایش اکوسیستم‌های آبی ضروری خواهد بود. با توجه به اینکه مطالعات اندکی در زمینه مژه‌داران در کشورمان انجام شده است، پیشنهاد می‌شود پس از انجام مطالعه ارگانسیم زنده در محیط طبیعی، با استفاده از تکنیک‌های به‌روز شده مانند میکروسکوپ الکترونی همچنین مولکولی، مطالعات تکمیلی و دقیق‌تری در این زمینه صورت پذیرد. تحقیقات بیشتر در این زمینه می‌تواند جنبه‌های دیگری از پیچیدگی‌های شگفت‌انگیز اکوسیستم‌های آبی را آشکار سازد.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه تربیت مدرس برای در اختیار قراردادن امکانات لازم آزمایشگاهی این تحقیق ابراز می‌دارند. همچنین از کارشناسان آزمایشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان که نهایت همکاری را در انجام این تحقیق بعمل آوردند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- Bhatia, B.L. 1936. The Fauna of British India, Protozoa: Ciliophora. Taylor and Francis, Ltd., London. 549 p.
- Bick, H. 1972. Ciliated protozoa: An illustrated guide to the species used as biological indicators in freshwater biology. World Health Organization, Geneva. 198 p.
- Butschli, O. (1887-1889): Protozoa. Abt. III. Infusoria und System der Radiolaria. In: Bronn, H.G. (ed.): Klassen und Ordnung des Thier-Reichs. C. F. Winter, Leipzig. 1: 1098-2035.
- Das, A.K., Mandai, A.K. and Sarkar, N.C. 1993. Freelifving Protozoa. Zool. Surv. India, Fauna of West Bengal. State Fauna Series 3. (Part 12): 1-134
- Fenchel, T. 1969. The ecology of marine microbenthos. IV. structure and function of the benthic ecosystem; its chemical and physical factors and the microfauna communities with special reference to the ciliated protozoa. *Ophelia*. 6: 1-182
- Fenchel, T. 1980. Relationship between particle size selection and clearance in suspension feeding ciliates. *Limnol. Oceanogr.* 25: 415-422.
- Finlay, B.J. 1990. physiological ecology of free-living protozoa. In: Marshal, K.C. (eds.): *Advances in Microbial Ecology*. Plenum Publishing Corporation. 11: 1-35.
- Foissner, W. and Berger, H. 1996. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshw Biol.* 35: 375-482.
- Ismaili Sari, A. 2000. Bacteria, algae, fungi and freshwater invertebrates. Iran Fisheries Research Institute Publications - Scientific Information Management. 531 p. (in Persian)
- Kahl, A. 1931. Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) 2. Holotricha außer den im 1. Teil behandelten Prostomata. – *Tierwelt Dtl.* 21: 181–398.
- Kalavti, C. and Raman, A.V. 2008. Taxonomy and Ecology of Ciliated Protozoa from Marginal Marine Environments of East Coast of India. *Rec. Zool. Surv. India, Occ.* 282: 1-136
- Karami, M. 1992. Biosystematics of freshwater protozoa in Tehran. Master Thesis, University of Tehran. 211p. (in Persian).
- Karami, M. 1996. Freshwater protozoa: A guide to the collection, isolation, cultivation and identification. Finlay, B. J. Rogerson, A. Cowling, A. J. Shahed University. 109 p. (in Persian)
- Kudo, R.R. 1954. Protozoology, 4th edition. Charles C. Thomas, Springfield. Illinois. 988 p.
- Lynn, D.H. 2008. The ciliated protozoa: Caractrization, Classification and Guide to the Litrature. 3rd edition. Springer, Dordrecht. 605 p.
- Mironova, E.I., Telesh, I.V. and Skarlato, S.O. 2009. Planktonic Ciliates of the Baltic Sea (a Review). *Inland Water Biolog.* 2(1): 1-13
- Sanjarani, M. 2011. The process of distribution and determination of planktonic cilia in the Iranian waters of the Oman Sea before and after the monsoon. *Iran biology magazine.* 24(5): 707-716. (in Persian)

- Shayestehfar, A. et al., 2012. Non-parasitic ciliates of Ghareh Kahriz river (dry), Markazi province, Iran. Iran biology magazine. 25 (3): 389-395. (in Persian)
- Telesh, I., Postel, L., Heerkloss, R., Mironova, E., Skarlato, S. 2009. Zooplankton of the Open Baltic Sea: Extended Atlas. BMB Publication. No. 21– Meereswiss. Ber., Warnemunde. 76: 1- 290.
- Zarei Darki, B. et al., 2011. Investigation of flora and fauna of Zayandehrud river with emphasis on pollution indices. 180 p. (in Persian)
- Zarei Darki, B. et al., 2013. Ecological assessment of Zayandehrud Reservoir using hydrochemical markers and hydrobiosnose structure. Tarbiat Modares University. 165 p. (in Persian)



Taxonomical study of ciliates species (Order: Holotricha) in Zayandeh Rud River and the reservoir

Saed Mogtaba Mirzaei^{1*}, Sarvenaz Bigham Soostani², Behrouz Zarei Darki³

1. Faculty of Life Sciences, Islamic Azad University, Falavarjan Branch, Iran

2. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, Hormozgan University, Bandar abbas, Iran

3. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Iran

Abstract

Ciliates are among the largest classes of protozoans. They can be found in almost every aquatic environment. Ciliates serve as an intermediate link in the energy transfer chain from picoplankton to zooplankton. They also serve as indicators of water eutrophication and pollution. Given the important roles that ciliates play in the ecology of aquatic ecosystems, their identification, morphological aspects, and taxonomic position are of great importance in order to conduct ecological studies. The present research aims to identify and study the plankton and periphyton ciliates of the Zayandeh Rud river and the reservoir. The identifications were done using the available keys and catalogs. As a result, 45 species from 30 genera and 19 families were identified in this study. There are nine families belonging to the suborder Gymnostomata, three families belonging to the suborder of Trichostomata, and seven families belonging to the suborder Hymenostomata. For the first time in this study, 45 new species of ciliates were reported in the study area and 25 new species in the country's aquatic ecosystems.

ARTICLE TYPE Research

Received: 19 February 2021
Accepted: 6 March 2022
ePublished: 22 September 2023

* Corresponding Author:
s.m.mirzaei@gmail.com

Keywords: Invertebrates, Ciliata, Plankton, Bentose, Biosystematic, Zayandeh Rud.