Journal of Aquaculture Sciences 13(25): 79-90 (2025)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۳، شماره ۲۵: ۷۹-۹۰ (۱۴۰۴)

زیست‌شناسی شیرونومیده *Chironomus riparius* تصفیه‌خانه آب شرب سنندج با هدف کنترل جمعیت آن

سرور همتی[۱]، حبیب‌الله محمدی [۱و۲*]، حامد غباری[۲و۳]، آرمین نماینده[٤]، ادریس قادری[۱]

[۱]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
[۲]گروه مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
[۳]گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
[٤]گروه علوم زیستی و محیطی، دانشگاه ترنت، انتاریو، کانادا.

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۰۸/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۱۰/۰۲**

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی ویژگی‌های زیست‌شناسی *C. riparius* برای کنترل شیرونومیده در تصفیه‌خانه و پرورش انبوه انجام شد. پرورش لارو *C. riparius* در شرایط استاندارد و تا زمان کامل شدن چرخه زندگی آن ادامه یافت. برای بررسی اثر دما تیمارهای دمایی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد آزمایش شد. نتایج مطالعه نشان داد حداقل دمای آستانه رشد *C. riparius*، ۴ و حداکثر آن دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد است و در دمای ۳۰ درجه رشد لاروها کاهش می‌یابد. تیمارهای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با مقدار ۰/۰۷±۰/۳۸ حداکثر مقدار رشد روزانه و زیست‌توده را به‌خود اختصاص دادند، اما حالت مطلوب رشد و بقا با هم در روند تکامل چرخه زندگی *C. riparius* دمای ۱۸/۷۰ درجه سانتی‌گراد بود. مقادیر روزدرجه برای اینستارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ لارو به‌ترتیب شامل: ۱۳۲±۱۰۶، ۸۶±۲۴۸، ۱۷۰± ۳۹۷ و ۱۵۳±۵۲۸ روز در دمای ۱۸/۷۰ درجه سانتی‌گراد و ۲۳۵±۴۹۸ روز برای شفیره‌گی ثبت شد. بخش دوم آزمایش براساس نتایج مرحله اول، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای بررسی بهترین غذا برای رشد و پرورش انتخاب شد. نتایج حاصل از پرورش لاروهای *C. riparius* با ۷ جیره‌ی غذایی (کود مرغی، کود کبوتر، کود گوسفندی، زرده تخم مرغ، غذای ماهی، مخمر، پودر شیرخشک) و شاهد نشان داد که تفاوت نرخ رشد بین تیمارهای مختلف غذایی معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۵) به‌طوری‌که بیشترین در تیمار غذای ماهی و کمترین در تیمار شیر خشک به‌دست آمد. براساس نتایج، برای پرورش نتایج رشد و اقتصادی بودن تأمین کودهای گوسفندی و مرغی استفاده از این دو تیمار نیز در پرورش انبوه پیشنهاد می‌شود.

کلید واژگان: زیست‌شناسی، تصفیه‌خانه آب، دمای بهینه، زیست‌توده

*نویسنده مسئول ha.mohammadi@uok.ac.ir

مقدمه

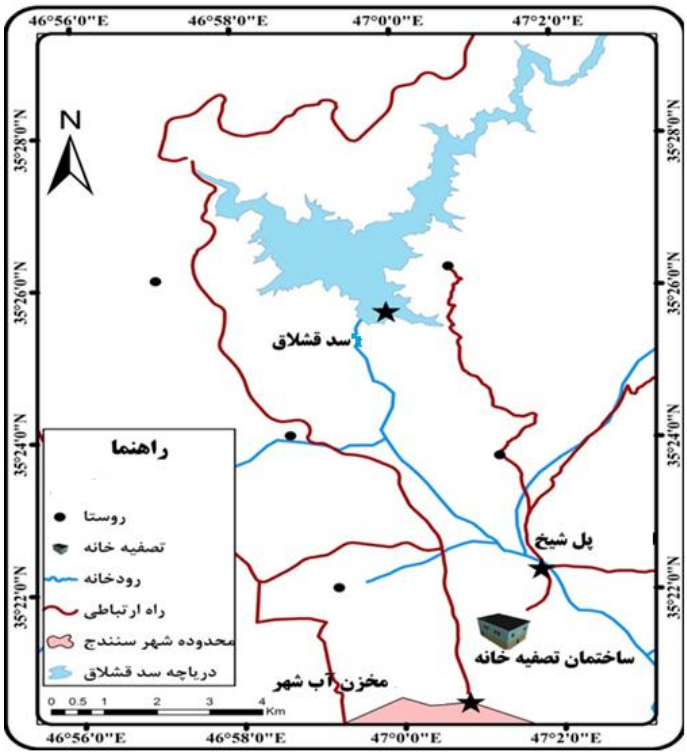
خانواده شیرونومیده که به راسته دوبالان (Diptera) تعلق دارند، یکی از فراوان‌ترین و متنوع‌ترین حشرات آبزی در آب شیرین هستند که عمدتاً به‌عنوان پشه‌های غیرگزنده (Non-biting) شناخته می‌شوند (Armitage *et al*., 2012). با وجود محدودیت لاروهای شیرونومیده در آب‌های لب شور و شور، این ارگانیسم‌ها در مناطق ساحلی و ناحیه کشندی، بیشترین گروه از حشرات را به‌خود اختصاص داده‌اند (Bode, 1990). چرخه زندگی شیرونومیده به‌صورت دگردیسی کامل با چهار مرحله تخم، لارو، شفیره و بالغ می‌باشد. مراحل تخم، لارو و شفیره‌گی به‌صورت آبزی و مرحله بلوغ را به‌صورت پشه هوازی خارج از آب سپری می‌کنند (Oliver, 1971). برخی از لاروهای شیرونومیده به‌دلیل قرمز بودن بدن و حضور هموگلوبین در همولنف، به کرم‌های خونی معروف‌اند. حضور هموگلوبین در کرم‌های خونی سبب می‌شود که لارو شیرونومیده بتواند در شرایط نسبتاً بی‌هوازی به فعالیت تغذیه‌ای و تنفسی خود ادامه دهد (Armitage *et al*., 2012). لارو شیرونومیده، همه‌چیزخوار فرصت‌طلبی است که با وجود تنوع غذایی، عمدتاً از پنج ماده غذایی شامل: ماکروفیت، جلبک‌ها (عمدتاً دیاتوم)، دتریتوس حاوی میکروارگانیسم، بی‌مهرگان و ذرات چوبی تغذیه می‌کنند (Henriques_Oliveira *et al*., 2003). خانواده شیرونومیده شامل ۱۱ زیر خانواده است که وضعیت اکولوژیک متفاوتی دارند. از این میان زیر خانواده‌های Orthocladiinae، Tanypodinae و Chironominae از جمله زیر خانواده‌هایی هستند که حداکثر تعداد گونه‌ها را در برمی‌گیرند (Karima, 2021). در زیر خانواده Chironominae جنس *Chironomus* بیشترین تعداد گونه‌ها را دارد و از تنوع بالایی برخوردارند (رجبی‌پور، ۱۳۸۸). شیرونومیده‌ها در اکوسیستم‌های آب شیرین از میان حشرات آبزی به‌عنوان گروهی غالب مطرح می‌باشند (طاول کتری، ۱۳۹۹). یکی از گونه‌های خانواده شیرونومیده، گونه *Chironomus riparius meigen* می‌باشد که در ناحیه Holarctic پراکنش دارد.

لاروهای شیروومیده از جلبک (عمدتاً دیاتوم‌های کفزی)، ماکروفیت، ذرات چوبی، بی‌مهرگان و دتریتوس حاوی میکروارگانیسم تغذیه می‌کنند. گونه *C. riparius* به‌عنوان تغذیه‌کننده رسوبی عمل و از رسوب و مواد آلی رسوبات تغذیه می‌کنند. عمدتاً رفتار تغذیه‌ای آنها به‌صورت انتخابی است که از طریق فراهمی زیستی تعیین می‌گردد. به‌طور معمول لاروهای سن اول *C. riparius* ذرات رسوب تا ۲۰ میکرومتر را به‌عنوان بخشی از فعالیت تغذیه منظم خود انتخاب می‌کنند برعکس آنها، لاروهای سن آخر (سن ۳ و ۴) می‌توانند ذرات۲۰۰–۶۰ میکرومتر را به‌طور معمول مصرف کند (Silva *et al*., 2019).

براساس ارتباط نزدیکی که بین پراکنش لاروهای شیرونومیده با محیطی که در آن زندگی می‌کنند وجود دارد می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های محیطی مطرح شوند و همچنین معرف وضعیت غذایی دریاچه‌ها باشند (Verneaux and Aleya 1998). سازگاری فیزیولوژیکی، رفتاری و تغییرات ریخت‌شناسی نسبتاً جزیی در شیرونومیده‌ها سبب شده که بتوانند در شرایط خاص از جمله اعماق مختلف آب، سطح پایین اکسیژن محلول و دامنه مختلفی از pH، شوری و دما حضور یابند و این خصوصیات کمک می‌کنند که این گونه به‌عنوان گونه مناسبی برای پرورش استفاده شود (Cranston, 1955).

مطالعات نشان داده است که لاروهای شیرونومیده قابلیت فراوانی و غالبیت از لحاظ تراکم و زیست‌توده در آب‌هایی با شوری (۷۰–۱۲ گرم در لیتر) دارا می‌باشند (Shardin *et al*., 2017). مانند سایر حشرات، در شیرونومیده‌ها نیز دما تأثیر قابل توجهی روی سرعت رشد و اندازه بزرگسالان در حال ظهور دارد. آگاهی از تأثیر دما روی رشد و اندازه بدن بالغین ممکن است دانش ما را در مورد زیست‌شناسی جمعیت آنها بهبود بخشد و همچنین نقش مهمی در برنامه‌ریزی تلاش‌های مدیریت جمعیت شیرونومیده‌ها ایفا نماید (Frouz *et al*., 2002). *Chironomus riparius* فقط محدود به آب‌های آلوده نبوده اما در شرایط آلوده به مواد آلی به‌وفور یافت می‌شود و به‌عنوان شاخص آلودگی آلی در نظر گرفته شده است. خانواده شیرونومیده نه تنها به‌دلیل داشتن تنوع زیاد، بلکه به‌دلیل دارا بودن دامنه تحمل بالای بسیاری از گونه‌ها نسبت به شرایط محیطی قابل توجه هستند (Pinder, 1986).

تصفیه‌خانه آب شرب شهر سنندج در سال‌های اخیر با افزایش تراکم جمعیت شیرونومیده مواجهه شده است. به طوری‌که در فصول گرم سال با افزایش دما و تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب در حوضچه‌های ته‌نشینی، افزایش



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه و محدوده تصفیه‌خانه آب شرب شهر سنندج (اقتباس از طرح، غباری و همکاران، ۱۳۹۸)

جمعیت *C. riparius* را به‌همراه داشته، که این امر سبب بروز مشکلاتی در فرآیند تصفیه آب و نیز ناراحتی‌های فیزیکی برای انسان شده است. گونه *Chironomus riparius* موجود در رسوب تصفیه‌خانه دارای رشد مناسب تر نسبت به سایر گونه‌های شیرونومیده در مخازن‌های آبی بوده که توانسته‌اند با شرایط رسوب حوضچه‌ها سازگار و تکثیر شوند (غباری و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین گونه *C. riparius* در سال‌های اخیر در برخی ماه‌های سال با افزایش جمعیت خود باعث آلودگی محدود شده‌اند و جلوه‌های نامطلوب در اثر بقایای حشرات در تصفیه‌خانه آب شرب سنندج به‌وجود آورده‌اند. بنابراین بررسی ویژگی‌های زیست‌شناسی این گونه با هدف بوم‌شناختی و کنترل جمعیت آن امری لازم و ضروری است، همچنین می‌توان از روش‌های مختلف (فیزیکی، شیمیایی و زیستی) مانند استفاده از ماهیان و دیگر موجودات شکارچی، برداشت رسوب و لجن، انحراف بالغین، استفاده از تله‌های برقی و نوری و نیز حشره‌کش برای کنترل جمعیت شیرونومیده‌ها (*C. riparius*) استفاده نمود. اما آگاهی از دمای بهینه رشد و روزدرجه نقش مهمی در مدیریت *C. riparius* به‌ویژه پیش‌بینی روند رشد و نمو، بقا و زادآوری آنها دارد. اطلاعات به‌دست آمده از این پژوهش قادر خواهد بود از یک طرف در پیشبرد کنترل جمعیت *C. riparius* مفید واقع شود و از سوی دیگر اطلاعاتی به‌منظور پرورش و تولید انبوه لارو *C. riparius* (به‌عنوان غذای زنده در آبزی‌پروری) ارائه نماید.

مواد و روش‌ها

مکان و نحوه نمونه‌برداری: فرآیند نمونه‌برداری در تابستان ۱۳۹۹ صورت گرفت. برای جمع‌آوری نمونه‌ها، ابتدا تخم شیرونومیده به‌وسیله پیپت پلاستیکی از روی بطری‌های نصب شده در حوضچه‌های زلال‌ساز جمع‌آوری گردید سپس به‌همراه آب ورودی تصفیه‌خانه آب شرب سنندج (شکل ۱) به آزمایشگاه بوم‌شناسی آبزیان گروه شیلات دانشگاه کردستان منتقل شد.

اندازه‌گیری برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب: برای حذف عوامل میکروبی آب تهیه شده از تصفیه‌خانه اتوکلاو صورت گرفت. بعد از هم‌دما شدن آب با دمای اتاق به کمک دستگاه مولتی پارامتر HQ40D، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آن (دما، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی و pH) اندازه‌گیری شد.

شرایط استقرار نمونه‌ها: با فراهم شدن آب محیط کشت‌ها، تخم‌های *Chironomus riparius* به کمک تیغ اسکالپر از همدیگر جدا و هر نمونه تخم را در یک چاهک میکروپلیت ۲۴ خانه‌ای با حجم ۳ سی‌سی (عمق ۱/۷ cm قطر ۱/۵ cm) که حاوی ۱/۵ سی‌سی آب اتوکلاوشده تصفیه‌خانه بود، منتقل شدند. درب هر ظرف میکروپلیت با توری بسته و به انکوباتورهای با دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند (Maier *et al*., 1990).

شرایط نگهداری تیمارها: برای تأمین نور نمونه‌های شیرونومیده از لامپ‌های LED درون هر محفظه انکوباتور به‌مدت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی استفاده شد (Frouz *et al*., 2002). با هچ شدن تخم‌های شیرونومیده حجم آب چاهک‌ها از ۱/۵ سی‌سی به ۳ سی‌سی افزایش یافت و در روز اول لاروها با مخمر فعال شده تغذیه شدند. نحوه غذادهی مخمر به‌صورت یک روز در میان به حجم ۱ میکرولیتر برای هر لارو *C. riparius* بود (ترکیب ۱۰۰ سی سی آب با ۰/۱ گرم مخمر). نمونه‌ها روزانه بررسی و در صورت مشاهده تلفات، آنها را در میکروتیوپ حاوی الکل ۷۰ درصد تثبیت شدند. روند آزمایش‌ها تا زمان کامل شدن چرخه زندگی شیرونومیده از مرحله تخم تا مرحله بالغین ادامه یافت. در پایان کار، زیست‌سنجی نمونه‌ها (اندازه‌گیری طول و وزن) صورت گرفت و برای اطمینان از گونه مورد بررسی (*C. riparius*) تعدادی از لاروها و بالغین مونت تثبیت و به کمک کلیدهای معتبر (Needham, 1976; Lydy *et al*., 2000) شناسایی شدند.

مرحله دوم آزمایش و بررسی بهترین تیمار غذایی: در این پژوهش بعد از بررسی اولیه زیست‌شناسی *C. riparius* با تعیین دمای بهینه رشد، فاز دوم آزمایش با هفت تیمار غذایی (مخمر، شیرخشک، غذای ماهی قزل‌آلا، کود کبوتر، کود مرغ، کود گوسفند، زرده تخم‌مرغ) و تیمار شاهد مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های مربوط به تیمارهای غذایی با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی شروع گردید (Frouz *et al*., 2002). در این مرحله نیز بعد از اتوکلاو نمودن آب محیط کشت‌ها (آب تصفیه‌خانه) و هم‌دما شدن با دمای محیط، به کمک دستگاه مولتی پارامتر HQ40D برخی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب (دما، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی و پی اچ) اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از میکروسمپلر حجم ۱/۶ سی‌سی آب برای هر چاهک میکروپلیت (۲۴ خانه‌ای) در نظر گرفته و تخم‌های شیرونومیده جدا شده از دسته ژلاتینی به‌وسیله پیپت درون چاهک‌های میکروپلیت انتقال یافتند (Danks, 1978)، به‌طوری‌که برای هر تیمارغذایی ۱۲ عدد تخم *C. riparius* کشت داده شد. سپس درب ظروف با توری پارچه‌ای پوشانده شد و در پایان تمامی محیط کشت‌ها به انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شد. با هچ شدن لاروها، غذادهی شروع گردید. برای حل شدن بهتر کودهای غذایی (کبوتر، گوسفند و مرغ) در آب مقطر، هر کود غذایی ۲ بار در آون کوبیده و از الک با اندازه چشمه ۳۰۰ میکرومتر ۳ بار عبور داده شدند. نحوه غذادهی برای تیمارهای غذایی به‌صورت روزانه انجام می‌گرفت. به‌طوری که هر روز برای ۱۲ عدد *C. riparius* هر تیمار غذایی حجم ۱۳۲۰ میکرولیتر آب مقطر با حجم مشخص هر غذا مخلوط و برای هر نمونه لارو *C. riparius* حجم ۱ میکرولیتر با سمپلر از مخلوط تهیه شده برداشته و تغذیه می‌شدند (Danks, 1978). حجم غذاها با افزایش رشد لاروهای شیرونومیده هر پنج روز یک بار به میزان ۱/۵درصد افزایش می‌یافت.

زیست‌سنجی نمونه‌ها: تیمارها روزانه بررسی و در صورت مشاهده تلفات، در میکروتیوب‌های حاوی الکل ٪۷۰ تثبیت و در پایان طول نهایی بدن، طول سر و عرض سر مربوط به لارو، شفیره، بالغین نر و ماده با کمک استریوسکوپ نوری اندازه‌گیری و در نهایت وزن مرطوب هر نمونه شیرونومیده با کمک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید (Zilli *et al*,. 2008).

نحوه محاسبه نرخ رشد روزانه: نرخ رشد روزانه برای نمونه‌های لارو، شفیره و بالغین نر و ماده در تیمارهای دمایی و غذایی با تقسیم مقدار طول کل بدن بر روز بقا محاسبه شد.

شناسایی نمونه‌ها به روش ریخت‌شناسی: برای اطمینان از نمونه‌های کشت و پرورش یافته *C. riparius* به‌صورت تصادفی از چندین نمونه (لارو، بالغ نر و ماده) شیرونومیده به روش استاندارد Epler (۲۰۰۱) اسلاید تهیه شد. در این روش به‌مدت ۲۴ ساعت نمونه‌ها داخل پتاسیم هیدروکسید ٪ ۱۰ برای هضم قسمت‌هایی از عضلات بدن و شفاف‌تر شدن قسمت‌های اسکلروتیک بدن در دمای اتاق قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه درون آب مقطر

نگهداری و در آخرین مرحله از اتانول ۹۵٪ به‌مدت ۳ الی ۱۰ دقیقه استفاده شد. در نهایت نمونه‌ها روی لام قرار گرفتند و با استفاده از چسپ کانادا بالزام روی لام تثبیت و برای عکسبرداری آماده شدند. عکسبرداری به‌وسیله دوربین Canon مدل IXY صورت گرفت.

دوره روشنایی در تیمارهای دمایی و غذایی: برای تیمارهای دمایی و غذایی، دوره نوری با استفاده از لامپ‌های LED به کمک تایمر به‌مدت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی کنترل شد.

دستگاه و مواد مصرفی: نمونه شیرونومیده، آب اتوکلاو شده تصفیه‌خانه، آب مقطر، پروپانول، KOH، چسب کانادا بالزام، زایلین، لام و لامل، توری با چشمه بسیار ریز، کش پول، کاغذ صافی، کاغذ شطرنجی، کاغذ آلومینیوم پیپت، نوک سمپلر، میکروتیوپ، اتانول ۷۰ درصد، شلنگ هوا، غذاهای مصرفی در فاز اول آزمایش (مخمر فعال شده) و در فاز دوم آزمایش، کودهای حیوانی از قبیل: کود مرغ، کود کبوتر، کود گوسفند و نیز استفاده از غذاهای صنعتی مانند: پودر غذای ماهی قزل‌آلا و شیر خشک. ظروف میکروپلیت ۲۴ خانه‌ای، انکوباتور برای دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه، دستگاه اتوکلاو، دستگاه مولتی‌پارامتر و pH سنج، زمان‌سنج، لامپ LED، ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱ گرم، سمپلر، استریوسکوپ و میکروسکوپ، کلید شناسایی شیرونومیده، دماسنج جیوه‌ای، الک با اندازه چشمه، دستگاه آون، ظروف شیشه‌ای آزمایشگاه و پمپ هوا.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: اطلاعات به‌دست آمده در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ دسته‌بندی و کارهای اولیه آماری انجام شد. برای نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف–اسمیرونوف استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ برای مقایسه میانگین داده‌ها بعد از تست هموژن یا همگن بودن با آزمون یک‌طرفه ANOVA و با تست دانکن انجام گرفت.

نتایج

نتایج فاکتورهای فیزیکوشیمیایی محیط کشت‌های ۵ تیمار دمایی آب و محیط کشت‌های تیمار در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

نتایج حاصل از زیست‌سنجی نمونه‌های *Chironomus riparius* در مراحل مختلف زندگی (لارو، شفیره، بالغ نر و ماده) مربوط به پنج تیمار دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و درجه سانتیگراد۳۰) نشان داد که بیشترین میزان طول کل بدن نمونه‌های مورد بررسی مربوط به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود که فقط با تیمار دمایی ۳۰درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار داشت ($P\leq$۰/۰۵). حداکثر طول و عرض سر نمونه‌های *C. riparius* در تیمار دمایی درجه ۱۰ دذرجه سانتی‌گراد (به‌دلیل ظهور بیشترین تعداد بالغ) و کمترین مقدار آن در تیمار دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که این تفاوت به‌جز برای تیمار دمایی ۱۰درجه سانتی‌گراد در سایر تیمارها معنی‌دار نبود. همچنین بیشترین و کمترین نرخ روز بقا در چرخه زندگی *C. riparius* مربوط به دماهای ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. براساس میزان رشد روزانه نیز بیشترین آن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (۰/۰۷±۰/۳۸) و کمترین مقدار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۰/۰۴±۰/۱۱) به‌دست آمد. همچنین بیشترین وزن نهایی بدن نمونه‌های *C. riparius* در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار آن در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. طبق نتایج حاصل از زیست‌سنجی تیمارهای دمایی در کل چرخه زندگی، با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۰درجه سانتی‌گراد، میزان وزن نهایی و روز بقا کاهش یافت در صورتی که دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد روند صعودی و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مجدداً روند نزولی پیدا کرد. در مقابل آن طی افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتیگراد میزان رشد روزانه روند افزایشی داشت اما در درجه ۳۰سانتی‌گراد این میزان کاهش یافته است (جدول ۳). تعداد نمونه‌های *C. riparius* مشاهده شده در مراحل مختلف چرخه زندگی در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از زیست‌سنجی لاروهای *Chironomus riparius* با ۵ تیمار دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) نشان داد که حداکثر مقادیر طول و عرض سر و همچنین طول کل بدن لاروهای *C. riparius* مربوط به دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد است و حداقل مقادیر آنها به دمای ۳۰ درجه سانتیگراد تعلق داشت. بیشترین روز بقای لارو *C. riparius* مربوط به تیمار دمایی ۱۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار روز بقای لاروی دمای ۳۰ درجه سانتیگراد می‌باشد همچنین اختلاف معنی‌دار میان دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد وجود ندارد ($P\geq$۰/۰۵). با این حال با دماهای ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف

جدول ۱- فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب محیط کشت‌های ۵ تیمار دمایی

دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	هدایت الکتریکی (µs/cm)	اکسیژن محلول (ppm)	pH
۲۴/۹	۲۶۹	۶/۶۳	۸/۳۷

جدول ۲- فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب محیط کشت‌های تیمار غذایی

تیمار غذایی	دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	هدایت الکتریکی (µs/cm)	اکسیژن محلول (ppm)	pH
کودکبوتر، کودگوسفند، زرده تخم مرغ، شیرخشک، مخمر، کود مرغی، پودرماهی، شاهد	۲۲/۸	۲۷۷	۷/۲۰	۸/۴۵

جدول ۳- نتایج زیست‌سنجی مراحل مختلف زندگی *C. riparius* در تیمارهای مختلف دمایی

دما (درجه سانتی‌گراد)	طول سر (میلی‌متر)	عرض سر (میلی‌متر)	طول کل (میلی‌متر)	روز بقا	میزان رشد روزانه (میلی‌متر/روز)	وزن نهایی (گرم)
۱۰	۰/۷۰±۰/۱۱ a	۰/۶۵±۰/۱۴ a	۶/۷۹±۲/۴۵ ab	۵۳/۷۵ ±۱۹/۵۸ a	۰/۱۱±۰/۰۴ c	۰/۰۰۱۹±۰/۰۰۱۰ a
۱۵	۰/۵۳±۰/۲۰ b	۰/۴۸±۰/۱۹ b	۶/۸۱±۳/۱۴ ab	۴۶/۳۳±۲۹/۰۸ a	۰/۲۵±۰/۲۲b	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۱۳ ab
۲۰	۰/۴۷±۰/۱۸ b	۰/۴۱±۰/۱۶ b	۶/۱۱±۲/۲۷ bc	۱۸/۴۱±۱۰/۵۴ b	۰/۳۵±۰/۱۲ a	۰/۰۰۱۰±۰/۰۰۰۷ b
۲۵	۰/۵۸±۰/۱۰b	۰/۵۰±۰/۰۹ b	۸/۳۱±۲/۳۵a	۲۳/۰۰±۷/۹۶ b	۰/۳۸±۰/۰۷ a	۰/۰۰۲۲±۰/۰۰۰۹ a
۳۰	۰/۵۴±۰/۲۰b	۰/۵۰±۰/۱۷ b	۵/۰۰±۱/۴۰ c	۲۰/۲۵±۱۰/۳۷ b	۰/۲۵±۰/۱۲ b	۰/۰۰۱۴±۰/۰۰۰۵ ab

جدول ٤- تعداد نمونه‌های ظهور یافته *C. riparius* طی مراحل مختلف زندگی

تیمار دمایی (درجه سانتی‌گراد)	مراحل مختلف زندگی *C. riparius*			
	لارو	شفیره	بالغ نر	بالغ ماده
۱۰	۷	۶	۷	۴
۱۵	۲۱	۰	۲	۱
۲۰	۲۴	۰	۰	۰
۲۵	۲۳	۱	۰	۰
۳۰	۱۴	۴	۳	۳

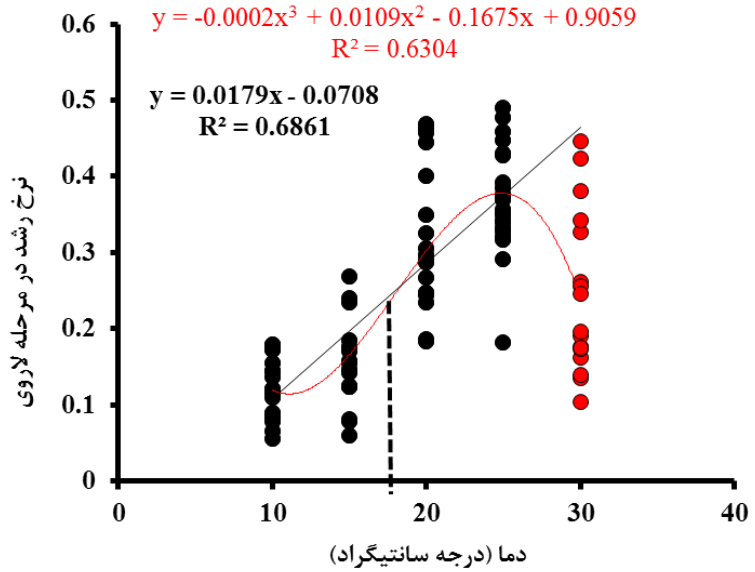
معنی‌داری از لحاظ روز بقا مشاهده می‌شود ($P\leq$۰/۰۵). حداکثر و حداقل رشد روزانه لاروهای شیرونومیده به‌ترتیب مربوط به دماهای ۲۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد بود که دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین اختلاف را با سایر دماها داشت. حداکثر وزن نهایی لاروهای *C. riparius* در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۵).

در مدل Linear براساس نرخ رشد لارو، دمای بهینه رشد *Chironomus. riparius* و روزدرجه مراحل مختلف لارو و شفیرهگی محاسبه گردید. نتایج نشان داد که حداقل سرعت رشد لارو *C. riparius* دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرعت رشد کاهش می‌یابد، به طوری‌که در دماهای پایین‌تر از ۴ و بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد رشد کاملاً متوقف می‌گردد. طبق نتایج لاروهای *C. riparius* در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حداکثر رشد (وزنی) با بالاترین نرخ تلفات را داشتند در صورتی‌که حالت مطلوب رشد و بقا با هم در روند تکامل چرخه زندگی *C. riparius* دمای ۱۸/۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. مقادیر روزدرجه برای اینستارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ لارو به‌ترتیب: ۱۳۲±۱۰۶، ۸۶±۲۴۸، ۱۷۰±۳۹۷ و ۱۵۳±۵۲۸ روز در دمای ۱۸/۷۰ درجه سانتی‌گراد و برای شفیره ۲۳۵±۴۹۸ روز در ۱۸/۷۰ دمای درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (شکل ۲).

جدول ۵- نتایج زیست‌سنجی مرحله‌ی لاروی *C. riparius* در تیمارهای مختلف دمایی

دما	طول سر (میلی‌متر)	عرض سر (میلی‌متر)	طول کل (میلی‌متر)	روز بقا	میزان رشد روزانه (میلی‌متر / روز)	وزن نهایی (گرم)
۱۰	۰/۶۸±۰/۰۳ ^{a}	۰/۵۹±۰/۰۳ ^{a}	۱۱/۰۷±۱/۲۶ ^{a}	۳۹/۵۷±۳۰/۰۸ ^{a}	۰/۱۷±۰/۰۵ ^{b}	۰/۰۰۲۵±۰/۰۰۱۵ ^{a}
۱۵	۰/۵۱±۰/۲۰ ^{bc}	۰/۴۴±۰/۱۸ ^{b}	۶/۹۹±۳/۳۶ ^{bc}	۴۰/۷۱±۲۶/۴۴ ^{a}	۰/۲۸±۰/۲۲ ^{ab}	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۱۳ ^{ab}
۲۰	۰/۴۷±۰/۱۸ ^{bc}	۰/۴۱±۰/۱۶ ^{b}	۶/۱۱±۲/۲۷ ^{bc}	۱۸/۴۱±۱۰/۵۴ ^{b}	۰/۳۵±۰/۱۲ ^{a}	۰/۰۰۱۰±۰/۰۰۰۷ ^{b}
۲۵	۰/۵۷±۰/۱۰ ^{ab}	۰/۵۰±۰/۰۹ ^{ab}	۸/۴۱±۲/۳۵ ^{b}	۲۲/۵۲±۷/۷۸ ^{b}	۰/۳۹±۰/۰۶ ^{a}	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۰۹ ^{a}
۳۰	۰/۳۸±۰/۱۲ ^{c}	۰/۳۶±۰/۱۱ ^{b}	۵/۰۶±۱/۵۱ ^{c}	۱۳/۲۱±۷/۴۶ ^{b}	۰/۳۴±۰/۱۰ ^{a}	۰/۰۰۰۴±۰ *

*با توجه به اینکه اندازه بدن لاروهای تیمار۳۰ درجه بسیار کوچک بودند، بنابراین قابل وزن کردن و آنالیز نبودند و تنها یک مورد وزن گردد.



شکل ۲- نرخ رشد لارو *C. riparius*

نتایج زیست‌شناسی نمونه‌های *Chironomus riparius* در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۸ جیره مختلف غذایی نشان داد که نمونه‌های تغذیه شده با کود کبوتر حداکثر طول و عرض سر در بین تیمارهای غذایی دارند درصورتی که نمونه‌های *C. riparius* تغذیه شده با پودر شیر خشک و تیمار شاهد دارای کمترین بودند که اختلاف معنی‌دار بین آنها مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵). طول کل برای *C. riparius* تغذیه شده با غذای ماهی بیشترین مقدار ۱۱/۷۵±۰/۵۴ و کمترین مقدار در جیره غذایی شیر خشک مشاهده شد. کمترین مقدار روز بقا (۷/۹۲±۲/۰۲) مربوط به *C. riparius* تغذیه شده با شیرخشک و بیشترین مقدار روز بقا (۳۱/۲۵±۷/۸۶) مربوط به تیمارهای کود گوسفندی است با اختلاف معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵). حداکثر و حداقل وزن نهایی تیمارهای *C. riparius* تغذیه شده به‌ترتیب در جیره غذایی پودر ماهی و کود کبوتر مشاهده شد (جدول ۶). تعداد نمونه‌های مشاهده شده *C. riparius* در هر مرحله از زندگی در جدول ۷ ذکر شده است.

نتایج زیست‌شناسی در جیره‌های غذایی مختلف نشان داد که از میان تیمارهای غذایی مخمر، شیرخشک، زرده تخم مرغ، کود مرغی، شاهد و تیمار تغذیه شده با غذای ماهی قزل‌آلا دارای حداکثر میزان رشد روزانه، طول کل بدن و نیز بیشترین مقادیر طول و عرض سر لارو بود. که این تفاوت با تیمارهای شیر خشک و شاهد معنی‌دار گزارش شد ($P\leq$۰/۰۵). جیره غذایی کود مرغی با مقدار ۰/۰۰۴۹±۰/۰۰۱ بیشترین مقدار وزن نهایی لارو در بین تیمارهای غذایی داشت اما با تیمار غذای ماهی اختلاف معنی‌داری ندارشت ($P\geq$۰/۰۵). لاروهای *C. riparius* تغذیه شده با زرده تخم مرغ آب پز حداکثر روز بقا را نسبت به سایر تیمارهای غذایی (مخمر، کود مرغی، شاهد، شیر خشک، پودر ماهی) نشان می‌دهد (جدول ۸).

جدول ٦- نتایج زیست‌سنجی طی مراحل مختلف *C. riparius* در تیمارهای غذایی

غذا	طول سر (میلی‌متر)	عرض سر (میلی‌متر)	طول کل (میلی‌متر)	روز بقا	میزان رشد روزانه (میلی‌متر / روز)	وزن نهایی (گرم)
کود کبوتر	۰/۷۱±۰/۰۵ a	۰/۶۹±۰/۰۵ a	۵/۹۵ ±۲/۲۴ d	۲۳/۵۰ ± ۷/۱۹ bcd	۰/۲۳±۰/۰۷ d	۰/۰۰۱۸±۰/۰۰۱۰ d
کود گوسفند	۰/۶۹±۰/۱۷ a	۰/۶۹±۰/۱۶ a	۵/۹۵±۱/۶۸ d	۳۱/۲۵ ± ۷/۸۶ a	۰/۲۰±۰/۰۶ d	۰/۰۰۲۰±۰/۰۰۰۵ cd
پودر ماهی	۰/۶۱±۰/۰۴ ab	۰/۵۳±۰/۰۳ bc	۱۱/۷۵±۰/۵۴ a	۱۹/۷۵± ۲/۵۹ cd	۰/۶۰±۰/۰۹ a	۰/۰۰۴۲±۰/۰۰۰۹ a
شیر خشک	۰/۱۴±۰/۰۷ c	۰/۱۲±۰/۰۶ d	۱/۹۲±۱/۴۱ e	۷/۹۱±۲/۰۲ f	۰/۲۲±۰/۱۲ d	۰± ٭
زرده تخم مرغ	۰/۵۴±۰/۱۳ b	۰/۴۸±۰/۱۱ c	۱۰/۲۳± ۳/۱۲ ab	۲۶/۷۵ ± ۸/۲۰ ab	۰/۳۷±۰/۰۶ c	۰/۰۰۳۴±۰/۰۰۱۱ ab
کود مرغی	۰/۶۴±۰/۱۶ ab	۰/۶۲±۰/۱۷ ab	۷/۵۴±۴/۰۲ cd	۲۵/۱۷±۸/۶۳ abc	۰/۲۹±۰/۱۲ d	۰/۰۰۳۰±۰/۰۰۱۸ bc
مخمر	۰/۵۴±۰/۱۸ b	۰/۴۵±۰/۱۵ c	۸/۶۱±۲/۸۰ bc	۱۷/۹۱ ± ۵/۵۱ de	۰/۴۷±۰/۰۹ b	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۱۰ cd
شاهد	۰/۲۴±۰/۱۰ c	۰/۲۱±۰/۱۰ d	۲/۶۴±۱/۱۴ e	۱۳/۰۸ ± ۱۰/۷۴ ef	۰/۲۴±۰/۱۴ d	۰± ٭

٭ با توجه به اینکه اندازه بدن لاروهای تیمار شیرخشک و شاهد بسیار کوچک بودند بنابراین قابل وزن کردن و آنالیز نبودند.

جدول ۷- نمونه‌های ظهور یافته *C. riparius* در هر مرحله از زندگی در تیمارهای مختلف غذایی

تیمار- غذایی	مراحل مختلف زندگی *C. riparius*			
	لارو تعداد	شفیره تعداد	بالغ نر تعداد	بالغ ماده تعداد
کود کبوتر	۲	۲	۵	۳
کود گوسفندی	۱	۷	۰	۴
کود مرغی	۶	۱	۱	۴
غذای ماهی قزل‌آلا	۱۲	۰	۰	۰
مخمر	۱۲	۰	۰	۰
زرده تخم مرغ	۱۲	۰	۰	۰
شیر خشک	۱۲	۰	۰	۰
شاهد	۱۲	۰	۰	۰

جدول ۸- نتایج زیست‌سنجی مرحله لاروی *C. riparius* در تیمارهای مختلف غذایی

غذا	طول سر (میلی‌متر)	عرض سر (میلی‌متر)	طول کل (میلی‌متر)	روز بقا	میزان رشد روزانه (میلی‌متر/روز)	وزن نهایی (گرم)
کود کبوتر	۰/۶۸±۰ b	۰/۵۵±۰ b	۱۰/۵۰±۰ c	۱۵/۰±۸/۳۷ d	۰/۳۸±۰ c	۰/۰۰۴۰±۰ c
کود گوسفند	۰/۲۰±۰ b	۰/۲۰±۰ b	۲/۸۰±۰ c	۱۰/۰±۰ d	۰/۲۸±۰ c	۰±۰ c
پودر قزل‌آلا	۰/۶۱±۰/۰۴ a	۰/۵۳±۰/۰۳ a	۱۱/۷۵±۰/۵۴ a	۱۹/۷۵±۲/۵۹ bc	۰/۶۰±۰/۰۹ a	۰/۰۰۴۱±۰/۰۰۰۸ ab
شیر خشک	۰/۱۴±۰/۰۷ b	۰/۱۲±۰/۰۶ b	۱/۹۲±۱/۴۱ c	۷/۹۱±۲/۰۲ d	۰/۲۲±۰/۱۲ c	۰± ٭
زرده تخم مرغ	۰/۵۴±۰/۱۳ a	۰/۴۷±۰/۱۱ a	۱۰/۲۳±۳/۱۲ ab	۲۶/۷۵±۸/۲۰ a	۰/۳۷±۰/۰۶ b	۰/۰۰۳۴±۰/۰۰۱۱ b
کود مرغی	۰/۵۶±۰/۲۰ a	۰/۴۸±۰/۱۶ a	۱۰/۱۶±۴/۵۴ ab	۲۲/۳۳±۱۱/۶۳ ab	۰/۴۰±۰ b	۰/۰۰۴۹±۰/۰۰۱۰ a
مخمر	۰/۵۴±۰/۱۸ a	۰/۴۵±۰/۱۵ a	۸/۶۲±۲/۸۰ b	۱۷/۹۱±۵/۵۱ bc	۰/۴۷±۰/۰۹ b	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۱۰ c
شاهد	۰/۲۴±۰/۱۰ b	۰/۲۱±۰/۱۰ b	۲/۶۴±۱/۱۴ c	۱۳/۰۸±۱۰/۷۴ cd	۰/۲۴±۰/۱۴ c	۰± ٭

٭تیمارهای کود کبوتر و کود گوسفند در مرحله لاروی کمتر از ۳ عدد بودند، از این‌رو کمترین ضرایب در نظر گرفتیم. تیمارهای شیرخشک و شاهد بسیارکوچک بودند بنابراین قابل توزین نبودند.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش زیست‌شناسی *Chironomos riparius meigin*، گونه غالب تصفیه‌خانه آب شرب شهر سنندج برای یافتن دمای بهینه رشد و اثر تیمارهای مختلف غذایی با هدف کنترل جمعیت و پرورش آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تیمارهای دمایی نشان داد که دما می‌تواند تأثیر قابل توجهی روی مراحل مختلف زندگی شیرونومیده داشته باشد. به‌طوری‌که حداکثر زمان هچ شدن تخم در دمای ۱۰ درجه طی ۳ روز و مدت زمان تفریخ در دماهای۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور یکسان طی ۲ روز به طول انجامید. در پژوهشی Sahragard و Rafatifard (۲۰۱۰) با مطالعه زیست‌شناسی و تأثیر دما روی زمان رشد لارو *C. riparius*

در شرایط آزمایشگاهی به این نتیجه رسیدند که زمان تفریخ تخم‌های *C. riparius* در دمای ۱±۲۶ درجه سانتی‌گراد ۲ تا ۶ روز بود.

در پژوهش Gong و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی تأثیر دما و دوره روشنایی روی تفریخ تخم *Tokunagayusurika akamus* به نتایجی مشابه دست یافتند. پژوهش آنها در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ دوره‌ی نوری (۲۴ ساعت روشنایی، ۲۴ ساعت تاریکی و ۱۲_۱۲ تاریکی، روشنایی) نشان داد که زمان تفریخ تخم با افزایش دما از ۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور قابل توجهی کاهش یافت و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد لارو توانایی هچ شدن را نداشت، اگرچه در پژوهش حاضر تخم *C. riparius* در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد هچ شدند. هچنین با افزایش دوره نوری زمان تفریخ تخم کاهش یافت. یافته‌های Doria و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی ۳ رژیم نوری مختلف نور ثابت (۲۴ ساعت روشنایی)، روز بلند (۱۶ ساعت روشنایی) و روز کوتاه (۱۶ ساعت تاریکی) در گونه *C. riparius* نشان داد که زمان رشد در دوره نوری روز کوتاه طولانی‌تر شده و این شرایط ممکن است فشار انتخابی را به‌سمت رشد کوتاه‌تر اعمال نماید.

در این تحقیق مدت زمان کامل شدن توسعه لارو *C. riparius* در تیمارهای ۱۰، ۱۵، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۴۲، ۶۸، ۳۳ و ۲۶ روز به‌دست آمد. در پژوهشی توسط حمید اوغلی و همکاران، (۱۳۹۲) مدت زمان توسعه لاروهای شیرونومیده (اتمام دوره لاروی) تغذیه شده با کود مرغی و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد طی ۱۸ روز به‌دست آمد. در پژوهش دیگر صحراگرد و رفعتی فرد (۱۳۸۵) با پرورش انبوه لاروهای *C. riparius* به این نتیجه رسیدند که در دوره دمایی ۱±۲۴ یا ۱±۲۶ درجه سانتی‌گراد در روز ۱۳ می‌توان حداکثر لارو سن آخر برداشت نمود. این نتایج نشان می‌دهد عوامل مختلفی بر روی رشد و نمو شیرونومیده‌ها نقش دارد از جمله دما، نوع غذا و کمیت آن، و دمای آب به‌عنوان یک فاکتور محیطی می‌تواند نقش مؤثری در تکامل مراحل زندگی شیرونومیده داشته باشد. نیاز است در تصفیه‌خانه آب شرب شهر سنندج پیش‌بینی تغییرات دمایی آب ورودی به تصفیه‌خانه، زمان ماندن آب در حوضچه‌های ته‌نشینی را داشته باشند و با برخی اقدامات مدیریتی از قبیل شستشوی بیشتر مخازن حوضچه‌های زلال‌ساز، نصب توری ریزترو یا استفاده از میکرواسترینر با چشمه مناسب در ورودی آب خام تصفیه‌خانه و استفاده از حشره‌کش‌های الکتریکی آمادگی کنترل افزایش و تغییرات جمعیتی *C. riparius* را داشته باشند. همچنین برای اهداف آبزی‌پروری و تولید زیست‌توده شیرونومیده نیاز است با کنترل و مدیریت دمای بهینه رشد و تکثیر، شرایط بهینه رشد را برای تولیدی اقتصادی فراهم کرد. با توجه به نتایج مطالعه در بخش تأثیر دما بر شرایط زیستی *C. riparius*، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌لحاظ حداکثر نرخ رشد لارو و دمای ۱۸/۱۷ درجه سانتی‌گراد بیشترین نرخ بقا و میزان تولید زیست‌توده در مرحله لاروی *C. riparius* می‌باشد.

در تحقیق حاضر با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد میانگین رشد روزانه و طول کل بدن نمونه‌های *C. riparius* افزایش نشان داد اما در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، کاهش یافت. این تغییرات نشان‌دهنده اثر تغییرات دما بر میزان رشد جمعیت مورد بررسی در تصفیه‌خانه می‌باشد که نیاز است راهکارهای مدیریتی در زمان رسیدن دما به حدود ۱۸/۷۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد اتخاذ شود. مطابق نتایج پژوهشی Frouz و همکاران (۲۰۰۲) با مطالعه گونه *C. crassicaudatus* نشان داده شد که، نرخ رشد با افزایش دما از ۱۲/۵ تا ۲۰ درجه افزایش و اوج سرعت رشد بین دمای ۲۵ تا ۲۷/۵ درجه صورت گرفت. همچنین حداکثر عرض کپسول سر مربوط به دمای ۲۰ درجه بوده و در دماهای بالاتر و پایین تر از ۲۰ درجه مقادیر کپسول سر کاهش یافته است در صورتی که در تحقیق حاضر در دماهای بالاتر و پایین تر از ۲۰ درجه به‌دلیل ظهور شفیره و بالغین نر و ماده، میانگین عرض کپسول سر *C. riparius* روند افزایشی داشته است. نرخ رشد ممکن است تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله پرورش کلنی، پرورش لاروهای جدا شده و یا دستکاری شیرونومیده‌ها در طول فرآیند پرورش قرار گیرد (Nolt 1993; Beiver, 1971; Mclachlan, 1983).

لارو شیرونومیده همه‌چیزخوار فرصت‌طلبی است که قابلیت تغذیه از منابع ارزان قیمت مانند کود کبوتر، کود گوسفند و کود مرغی را دارد. براساس نتایج حاضر، اختلاف معنی‌دار از لحاظ میزان رشد روزانه میان تیمارهای تغذیه شده با غذای ماهی نسبت به سایر جیره‌های غذایی وجود داشت. غذای ماهی بیشترین کارایی رشد را در لاروهای

C. riparius از لحاظ طول کل و رشد روزانه نسبت به سایر تیمارهای غذایی نشان داد. همچنین لاروهای تغذیه شده با غذای ماهی بعد از جیره غذایی کود مرغی حداکثر میانگین وزن نهایی را داشتند و تیمارهای تغذیه شده با مخمر بعد از غذای ماهی بالاترین نرخ رشد روزانه را به‌خود اختصاص دادند. در تحقیقی مشابه، که توسط Habashy (۲۰۰۵) به بررسی تأثیر ۳ جیره غذایی مختلف (پودر ماهی، جلبک و مخمر) بر روی رشد طولی و وزنی لارو شیرونومیده انجام شد، نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین نرخ رشد مربوط به جیره‌های ماهی و جلبک بود.

در پژوهشی دیگر صحراگرد و رفعتی فرد (۱۳۸۵) طی پرورش لارو *C. riparius* با ۳ جیره غذایی کود مرغی، پودر سویا و سبوس برنج با مقادیر وزنی مختلف ۱، ۳ و ۵ گرم به این نتایج دست یافتند که بیشترین میانگین وزن لاروهای برداشت شده با تغذیه کود مرغی، ۵ گرم به‌دست آمد که با نتایج حاضر همخوانی دارد. با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر و بیشتر مطالعات، علاوه بر دما، کمیت و کیفیت غذا نیز نقش مهمی در تعیین رشد و نمو لاروهای شیرونومیده دارند.

در مجموع می‌توان گفت که گونه *Chironomus riparius* برای زندگی دارای دامنه دمایی گسترده‌ای (۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) است و شرایط دمایی مختلفی را تحمل می‌کند. بنابراین این مسئله می‌تواند کمی مدیریت و کنترل جمعیت لارو و حشره بالغ را سخت‌تر نماید. البته با توجه به دمای بهینه رشد این گونه که ۱۸/۷۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و همچنین دمای آب ورودی به تصفیه‌خانه با میانگین ۱۰ درجه سانتی‌گراد که در بیشتر زمان‌های سال کم‌تر از دمای بهینه رشد است، مدیریت این مسئله راحت‌تر بوده و نیاز است در این زمان‌ها مسئولین تصفیه‌خانه نسبت به شستشوی مخازن دقت بیشتری داشته باشند و با تکرار زمانی کمتری این عملیات را انجام دهند. اگرچه دمای ۱۸/۱۷ درجه سانتی‌گراد بهترین دما برای تکثیر گونه *C. riparius* می‌باشد که با تولید بیشترین جمعیت و زیست‌توده همراه است. در صورتی که، بیشترین رشد روزانه *C. riparius* دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

پیشنهادها

- ✓ بررسی دوره‌های نوری مختلف (نور ثابت، نور کوتاه) و تأثیر آن روی چرخه زندگی *C. riparius*
- ✓ مطالعه بسترهای مختلف طی پرورش لارو *C. riparius* و بررسی تأثیر آن روی رشد، نمو و بقا
- ✓ بررسی جیره‌های غذایی (کود کبوتر، کود گوسفند، کود مرغی، پودر شیرخشک، زرده تخم مرغ، غذای ماهی، مخمر و شاهد) در دمای ۱۸/۷۰ درجه سانتی‌گراد
- ✓ شستشوی مرتب حوضچه‌های زلال‌ساز با تکرار زمانی محدود
- ✓ پوشاندن روی حوضچه‌های زلال‌ساز برای جلوگیری از تخمریزی بالغین
- ✓ استفاده از میکرواستریتر با چشمه مناسب در ورودی آب خام تصفیه‌خانه
- ✓ استفاده از حشره‌کش‌های الکتریکی برای کنترل جمعیت بالغین و تغییرات جمعیتی *C. riparius*

منابع

حمیداوغلی ع.، فلاحتکار ب.، خوش‌خلق م. ر.، صحراگرد ا. ۱۳۹۲. تولید و غنی سازی لارو شیرونومیده با سطوح مختلف ویتامینC و تاثیر آن بر تغذیه لاروی تاس ماهیایرانی (*Acipenserpersicus*). نشریه توسعه *آبزی‌پروری*، ۷(۴): ۲۴-۱۳.

رجبی ف. ۱۳۸۸. دستیابی به بیوتکنیک تولید غذای زنده (*Chironomidae*) به منظور استفاده در تکثیر و پرورش آبزیان. موسسه تحقیقات شیلات ایران، ایستگاه تحقیقاتی ماهیان آب شور.

صحراگرد ا.، رفعتی‌فرد م. ۱۳۸۵. پرورش انبوه لاروهای *Chironomus riparius*. *نامه انجمن حشره‌شناسی ایران*، ۲۶(۱): ۵۵-۴۵.

طاول‌کتری م. ۱۳۹۹. معرفی و پراکنش لاروهای خانواده شیرونومیده (Chironomidae) در مصب رودخانه سردآبرود چالوس (حوضه جنوبی دریای خزر). *مجله بوم‌شناسی آبزیان*، ۹(۴): ۱۳-۱.

غباری ح.، محمدی ح.، نماینده آ.، قادری ا.، صالحی ه. ۱۳۹۸. بررسی علل وجود لارو پشه‌های خانواده شیرونومیده *Chironomidae* در تصفیه‌خانه آب شرب شهر سنندج و ارائه راهکارهای پیشگیری و حذف آن. طرح تحقیقاتی. سازمان آب و فاضلاب شهرستان سنندج. وزارت نیرو.

Armitage P.D., Pinder L.C., Cranston P.S. 2012. The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges. Springer Science & Business Media.

Biever K.D. 1971. Effect of diet and competition in laboratory rearing of chironomid midges. Annals of the Entomological Society of America 64(5), 1166-1169.

Bode W. 1990. Chironomidae in Freshwater macroinvertebrates of Northeastern North America. Peckarsky et al [Ed]; Cornel Uni. Press. 442 p.

Cranston P.S. 1995. The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Biogeography pp. 62-84.

Danks H.V. 1978. Some effects of photoperiod, temperature, and food on emergence in three species of Chironomidae (Diptera). *The Canadian Entomologist* 110(3), 289-300.

Doria H.B., Caliendo C., Gerber S., Pfenninger M. 2022. Photoperiod is an important seasonal selection factor in *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 135(2), 277-290.

Epler J.H. 2001. Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina.

Frouz J., Ali A., Lobinske R.J. 2002. Influence of temperature on developmental rate, wing length, and larval head capsule size of pestiferous midge *Chironomus crassicaudatus* (Diptera: Chironomidae). *Journal of Economic Entomology* 95(4), 699-705.

Gong Z., Ping X., Yanling L. 2002. Effect of temperature and photoperiod on hatching of eggs of *Tokunagayusurika akamusi* (Tokunaga) (Diptera: Chironomidae). pp. 169-170.

Habashy M.M. 2005. Culture of Chironomid larvae (Insecta-Diptera Chironomidae) under different feeding systems. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 31(2), 403-418.

Henriques-Oliveira A.L., Nessimian J.L., Dorvillé L.F.M. 2003. Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63(2), 269-281.

Karima Z. 2021. Chironomidae: Biology, Ecology and Systematics. The Wonders of Diptera-Characteristics, Diversity, and Significance for the World's Ecosystems.

Lydy M.J., Crawford C.G., Frey J.W. 2000. A comparison of selected diversity, similary and biotic indices for detecting changes in benthic-invertebrate community structure and stream quality. Arch. Environ. Contom. Taxical. 39: 469-479.

Maier K.J., Kosalwat P., Knight A.W. 1990. Culture of *Chironomus decorus* (Diptera: Chironomidae) and the effect of temperature on its life history. *Environmental Entomology* 19(6), 1681-1688.

McLachlan A. 1983. Life-history tactics of rain-pool dwellers. *The Journal of Animal Ecology* 545-561.

Nolte U. 1993. Egg masses of Chironomidae (Diptera). A review including new observations and a preliminary key. *Entomologica Scandinavia Supplement* 43, 1-75.

Oliver D.R. 1971. Life history of the Chironomidae. *Annual Review of Entomology* 16, 211-230

Pinder L.C.V. 1986. Biology of freshwater Chironomidae. *Annual Review of Entomology* 31(1), 1-23.

Sahragard A., Rafatifard M. 2010. Biology and effect of temperature on larval development time of *Chironomus riparius* Meigen (Diptera: Chironomidae) under laboratory conditions. *Munis Entomology and Zoology* 5(Supplement), 1025-1033.

Shadrin N.V., Anufriieva E.V., Belyakov V.P., Bazhora A.I. 2017. Chironomidae larvae in hypersaline waters of the Crimea: diversity, distribution, abundance and production. The European Zoological Journal 84(1), 61-72.

Silva C.J., Silva A.L.P., Gravato C., Pestana J.L. 2019. Ingestion of small-sized and irregularly shaped polyethylene microplastics affect *Chironomus riparius* life-history traits. *Science of the Total Environment* 672, 862-868.

Vemeaux V., Aleya L. 1998. Spatial and temporal distribution of chironomid larvae (Diptera: Nematocera) at the sediment—water interface in Lake Abbaye (Jura, France). In Oceans, Rivers and Lakes: Energy and Substance Transfers at Interfaces, 169-180. Springer, Dordrecht.

Zilli F.L., Montalto L., Paggi A.C., Marchese M.R. 2008. Biometry and life cycle of *Chironomus calligraphus* Goeldi 1905 (Diptera, Chironomidae) in laboratory conditions. *Interciencia* 33(10), 767-770.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 13, No 25, 79-90
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

Biology of *Chironomus riparius* in the drinking water supply of Sanandaj to control its population

Sorour Hemmati[1], Habibollah Mohammadi*[1,2], Hamed Ghobari[2,3], Armin Namayandeh[4], Edris Ghaderi[1]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
[2]Zrebar Lake Environmental Research, Kurdistan Studies Institute, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
[3]Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
[4]Department of Environmental and Life Sciences, Trent University, Ontario, Canada.

*Corresponding author: ha.mohammadi@uok.ac.ir
Received: 11. Nov.2025 **Accepted: 23. Dec.2025**

Abstract
The present study was conducted to investigate the biological characteristics of *C. riparius* to control chironomids in wastewater treatment plants and for mass culture. Larvae of *C. riparius* were reared under standard conditions until the completion of the *C. riparius* life cycle. To examine the effect of temperature, treatments at 10, 15, 20, 25, and 30°C were tested. The results showed that the minimum threshold temperature for *C. riparius* growth was 4˚C, the maximum was 25˚C, and larval growth decreased at 30˚C. The 25˚C treatment recorded the highest daily growth rate and biomass at 0.38±0.07. However, the optimal temperature for both growth and survival during the development of the *C. riparius* life cycle was 18.70°C. Degree-day values for larval instars 1, 2, 3, and 4 were 132±106, 248±86, 397±170, and 528±153 day-degrees at 18.70°C, respectively, with 498±235 day-degrees recorded for pupation. In the second phase of the experiment, based on the results of the first phase, a temperature of 25˚C was selected to determine the best diet for growth and rearing. Results from rearing *C. riparius* larvae on 7 food diets (chicken manure, pigeon manure, sheep manure, egg yolk, fish food, yeast, skim milk powder) plus a control showed significant differences in growth rates among the dietary treatments ($P \leq 0.05$), with the highest rate in the fish food treatment and the lowest in the skim milk powder treatment. Based on the results for growth performance and economic feasibility of supply, the use of sheep and chicken manure treatments is recommended for rearing.

Keywords: Biology, Drinking water supply, Optimal temperature, Biomass