

نقش ماهی گامبوزیا در مبارزه زیستی با ناقلین بیماری تب دانگی

گردآورنده: امیر ویسی (دفتر آبریان آب شیرین)

پشه آئدس

پشه آئدس (خانواده Culicidae) یکی از گونه های پشه است که به خاطر توانایی بالا در انتقال بیماری های مختلف به انسان شناخته می شود. پشه آئدس می تواند حامل پاتوژن هایی باشد که باعث بروز بیماری هایی مانند تب دانگی، تب زیکا، آنسفالیت و چیکونگونیا و فیلوویروس می شود و به نوعی ناقل اصلی این بیماری ها می باشد که هر کدام از این بیماری ها می توانند عوارض جدی برای سلامتی انسان به همراه داشته باشند. از آنجایی که پشه ها ناقلان پرکار بیماری های عفونی هستند، جلوگیری از تغذیه آن ها از خون انسان به عنوان یک استراتژی کلیدی بهداشت جهانی در نظر گرفته می شود. بنابراین شناخت دقیق این پشه، زیستگاه ها، خصوصیات و چرخه زندگی آن می تواند در پیشگیری و کنترل بیمار های مرتبط با آن مؤثر باشد.

پشه آئدس در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری قاره آسیا، آفریقا، آمریکای جنوبی و مرکزی و بخش هایی از استرالیا پراکنده شده است. پشه آئدس شامل گونه های مختلفی است که معروف ترین آن ها آئدس آجپتی (*Aedes aegypti*) و آئدس آلبوپیکتوس (*Aedes albopictus*) هستند. آئدس آجپتی بیشتر در مناطق شهری یافت می شود و به خاطر توانایی بالا در انتقال بیماری های مختلف به انسان شهرت دارد. آئدس آلبوپیکتوس نیز که به عنوان پشه ببر آسیایی شناخته می شود، بیشتر در مناطق روستایی و نیمه روستایی و در فضاهای بازتر مانند باغ ها و جنگل ها مشاهده می شود و علاوه بر بیماری های انسانی، می تواند بیماری هایی را نیز به حیوانات منتقل کند.

خصوصیات ظاهری و زیست شناختی پشه آئدس

پشه آئدس دارای بدن باریک و کشیده است و از طریق نوارهای سفید و سیاه روی بدن و پاها بلند و شکننده اش به راحتی قابل شناسایی است. شاخک ها در جنس نر عموماً پرپشت تر از جنس ماده است. این پشه ها معمولاً در محیط های مرطوب و گرم فعالیت بیشتری دارند و تخم های خود را در آب های راکد و کوچک می گذارند. تخم ها قادر به تحمل دوره های طولانی خشکی هستند. دوره زندگی پشه آئدس از تخم تا بالغ بین ۸ تا ۱۰ روز و یا در هوای خنک تا چند ماه طول می کشد. نرها و گاه ماده ها از شهد و شیرآبه گیاهان تغذیه می کنند و گرده افشان شناخته می شوند. ماده ها در بیشتر گونه ها، برای بالغ شدن تخم های خود به پروتئین های حاصل از دست کم یک وعده غذایی خون نیاز دارند. لاروها نیز از جلبک ها و بقایای آلی تغذیه می کنند. تعداد کمی از آن ها نیز درنده هستند و ممکن است از لارو پشه های دیگر تغذیه کنند.



تأثیرات تغییرات آب و هوایی بر پراکندگی پشه آئدس

تغییرات آب و هوایی و افزایش دما باعث گسترش زیستگاه های پشه آئدس به مناطق جدید شده است. افزایش دما و تغییرات الگوی بارش ها باعث افزایش تولید مثل و پراکندگی این پشه ها شده و مناطق جدیدی که قبلاً برای پشه آئدس نامناسب بوده اند، اکنون به محل های مناسبی برای زندگی و تکثیر آن ها تبدیل شده اند. متأسفانه درحال حاضر این پشه در استان های مختلف ایران نیز مشاهده شده است.

مراحل مختلف زندگی پشه آئدس

چرخه زندگی پشه آئدس دارای چهار مرحله اصلی است:

• تخم

پشه های ماده تخم های خود را در آب های راکد و کوچک می گذارند. تخم ها می توانند تا ۸ ماه در شرایط خشکی به حالت خفته باقی بمانند و زمانی که شرایط محیطی مناسب شود (مثلاً در صورت بارندگی)، به سرعت به لارو تبدیل شوند.

• لارو

لاروها در آب های راکد زندگی می کنند و از مواد آلی موجود در آب تغذیه می کنند. این مرحله معمولاً بین ۴ تا ۱۴ روز طول می کشد.

• پوپا

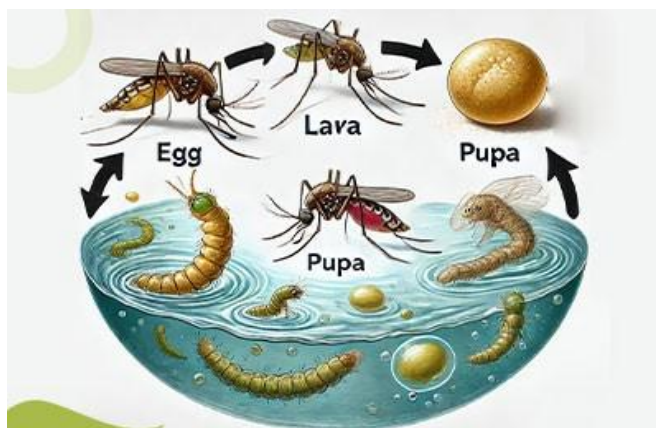
مرحله پوپا که قبل از تبدیل به پشه بالغ است نیز در آب انجام می شود و معمولاً چند روز طول می کشد.

• بالغ

پشه های بالغ پس از خروج از پوپا به سرعت به جستجوی خون برای تغذیه و تولید مثل می پردازند. پشه های ماده به طور خاص به دنبال خون برای تخم گذاری می گردند.

زمان بندی و شرایط لازم برای تکامل هر مرحله

دمای محیط و دسترسی به آب‌های راكد دو عامل اصلی در تكامل و رشد پشه آئدس هستند. هرچه دما بالاتر باشد، چرخه زندگی سریع تر طی می شود و تولید مثل بیشتری رخ می دهد. در دمای زیر ۲۵ معمولاً پشه گزش انجام نمی دهد.



آئدس تخم‌های خود را در دیواره های داخلی ظروف حاوی آب مانند سطل ها، گلدان ها و لاستیک های قدیمی می گذارد. تخم ها به دیواره ها می چسبند و همانطور که گفته شد می توانند در مقابل خشکی مقاوم باشند.

ماهی گامبوزیا (*Gambusia*, spp.)

گامبوزیا متعلق به خانواده (Poeciliida) از راسته کپوردندان ماهی شکلات (Cyprinodontiformes) بوده و بومی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آمریکا با محدوده دمایی ۱۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد می باشد که می تواند در آب های شیرین لب شور و شور نیز سازگاری یابد. این ماهی مشخصه آب های کم عمق، محصور و مرداب هاست و قادر به تحمل درجات بالای حرارتی، سختی آب، کلرورها، املاح و آلودگی می باشد و در صورت دسترسی به سطح، می تواند آب های کم اکسیژن را تحمل کند. این جنس حدود ۴۳ گونه دارد که دو گونه (*Gambusia holbrooki*) و (*Gambusia affinis*) به سایر نقاط جهان از جمله ایران معرفی شده اند.

از ویژگی های مورفولوژیک این گونه می توان به فلس ها نسبتاً بزرگ، باله دمی گرد و لکه های تیره رنگ بر روی بدن، عدم وجود خط جانبی و دهان فوقانی و بدون سبیلک که برای تغذیه از سطح آب مانند حشرات، پشه و لارو آن ها سازگاری پیدا کرده است، اشاره کرد.

ماهیانی مقاوم با تولید مثل سریع که در برابر دیگر گونه های ماهی با اندازه و زیستگاه مشابه، از خود رفتار تهاجمی نشان می دهند. گامبوزیا زنده را است و دوره تولید مثل آن در طبیعت از اردیبهشت تا شهریور می باشد. نرها در ۱۸ تا ۵۶ روز بالغ می شوند و ماده ها از ۱۸ روز تا ۱۰ ماهگی که این زمان ها در دماهای پایین طولانی تر می شود. بارداری نیز ممکن است ۱۵ تا ۵۰ روز طول بکشد که البته طول دوره های مختلف

زندگی و پویایی جمعیت علاوه بر دما، می تواند تا حد زیادی با عرض جغرافیایی نیز متفاوت باشد. در جنس نر به منظور لقاح داخلی شعاع های ۵-۳ باله مخرجی تغییر شکل یافته و به اندام تولید مثلی به نام گنوپودیوم یا پای تناسلی تبدیل شده است. تقریباً ۳۰ روز پس از جفت گیری ماهیان ماده ۸۰-۱۰ بچه به دنیا می آورند. به این ترتیب که بچه های کاملاً رشد یافته که قادر به شنای فعال هستند را از کیس های بچه رها می کنند. همآوری آن در یک دوره تولید مثلی تا حدود ۱۶۰ عدد تخمک می باشد. از آنجایی که اسپرماتوزوئیدهای ماهی نر در مجرای تخم بر ماده محافظت می شوند، ماده قادر است بدون جفتگیری تا مدت ها تولیدمثل نماید. اندازه ماهی ماده حداکثر تا ۶۰ میلی متر و نر در اندازه کوچک تر و تا ۴۰ میلی متر می رسد.

گامبوزیا آب های کم عمق و با جریان آهسته را ترجیح می دهند که عمق آن ۰٫۲ متر است. بچه ماهی ها معمولاً زیستگاه های با پوشش گیاهی متراکم را ترجیح می دهند، در حالی که بزرگسالان آب های آزاد را ترجیح می دهند. این ماهی همه چیزخوار است و از جلبک ها، حشرات، سخت پوستان، کرم ها، نرم تنان، تخم و لارو ماهی، میگو، قورباغه ها و حتی ماهی های کوچکتر تغذیه می کند. گامبوزیا در برابر شکارچیان از جمله ماهی ها، پرندگان، مارها و قورباغه ها بسیار آسیب پذیر است که البته می تواند نرخ بالای مرگ و میر را با تولید مثل سریع جبران کنند (Pyke, 2008; Schade et al., 2005).

Taxonomy

Taxonomic Tree

Kingdom:	Animalia
Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclass:	Osteichthyes
Class:	Actinopterygii
Subclass:	Neopterygii
Infraclass:	Teleostei
Superorder:	Acanthopterygii
Order:	Cyprinodontiformes
Suborder:	Cyprinodontoidi
Family:	Poeciliidae
SubFamily:	Poeciliinae
Genus:	Gambusia
Species:	Affinis, Holbrooki

مقابله با پشه آئدس

به منظور پیشگیری از افزایش جمعیت پشه آئدس راه کارهای مختلفی مانند رعایت اقدامات بهداشت شهری و پاکسازی محیط از زباله ها و اشیایی که می توانند محل تجمع آب شوند، کنترل آب های راکد و آموزش و اطلاع رسانی عمومی در خصوص راه های جلوگیری از تکثیر پشه ها توصیه شده است. در صورت افزایش جمعیت این پشه ها عموماً از مواد شیمیایی و حشره کش ها استفاده می شود که این مواد می توانند راه خود را به آبراه ها باز کرده و اثرات مخربی بر آبزیان، محیط زیست، سلامت انسان ها و حیوانات و حتی شبکه های غذایی در مناطقی حتی بسیار فراتر از محل کاربرد بگذارند. استفاده از حشره کش ها در شرایط نامساعد جوی می تواند اثرات منفی محیطی آن ها را تشدید کند. از دیگر راه های مقابله با پشه آئدس می توان به روش های بیولوژیکی و ژنتیکی اشاره کرد که در ادامه به ابعاد و نقش این راهکار با ذکر منابع خواهیم پرداخت.

مبارزه بیولوژیک با پشه آئدس

به طور کلی یکی از کم هزینه ترین و موثرترین راه های مبارزه با آفات، مبارزه بیولوژیک هست که از روش های مختلفی مانند استفاده از عوامل پاتوژن، فرمون ها، پارازیت ها، پارازیتوئیدها، روش های ژنتیکی و البته شکارگرها صورت می پذیرد. در دنیا گونه های مختلفی از ماهی های لارویوروس وجود دارند که میتوان از آن ها برای مبارزه با تخم و لارو حشرات مضر استفاده کرد که از این بین برخی از آن ها برای منابع آبی کشور ما شناخته شده هستند. مانند: ماهی گامبوزیا و برخی از جنس های آن، آفانیوس، تیلپیا، قزل آلا و حتی برخی از زئوپلانکتون ها مانند کپه پوداها!

همانگونه که گفته شد پشه های آئدس به ویژه *A. albopictus* و *A. aegypti* ناقلان شناخته شده طیف وسیعی از بیماری ها هستند که این بیماری ها تأثیر زیادی بر سلامت عمومی دارند و سالانه میلیون ها نفر را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می دهند. اهمیت مبارزه بیولوژیک زمانی برجسته تر میگردد که بدانیم هیچگونه واکسن یا داروی موثری برای مقابله با این بیماری های ویروسی وجود ندارد (Tyagnes et, al., 2023) و اقدامات سنتی کنترل پشه مانند سمپاشی، استفاده از حشره کش ها، آفت کش ها و سایر مواد شیمیایی نیز با اینکه تا حدی موفقیت آمیز هستند اما معمولاً با نگرانی هایی در مورد آسیب های محیطی، توسعه مقاومت در پشه ها و هزینه های عملیاتی بالا همراه هستند. این مواد به گونه ای طراحی شده اند که ترکیبات شیمیایی سمی موجود در آن ها به عمد در محیط آزاد می شوند. اگرچه هر سم دفع آفاتی برای از بین بردن آفت خاصی تهیه شده است، اما واقعیت این است که درصد بسیار زیادی از سموم دفع آفات به مقصدی غیر از هدف خود می رسند. در عوض آن ها وارد هوا، آب و رسوبات می شوند. تنوع زیستی عمومی خاک، قابلیت نگهداری آب و به تبع آن رشد گیاهان را کاهش می دهند و در صورت استفاده از آن ها در مناطقی که فعالیت کشاورزی صورت می گیرد ممکن است در نهایت به غذای انسان نیز راه یابند و سلامتی انسان را به طور جدی تحت تاثیر قرار دهند. بنابراین محققان همواره به دنبال روشی جایگزین برای استفاده

از این ترکیبات بوده اند. یکی از مهمترین این روش ها، روش بیولوژیک و کنترل پشه با استفاده از ماهی لاروخوار است که تاریخچه طولانی و بحث برانگیز در سراسر جهان دارد است. به طور کلی زیست شناسی شکارچی مفهوم جدیدی در مدیریت سرکوب پشه نیست. برای مثال ماهی گامبوزیا بیش از یک قرن است که بخشی از استراتژی های کنترل پشه در نقاط مختلف جهان از جمله کشور هند بوده است. این ماهی روزانه حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ لارو پشه می خورد (Zubaidah et al., 2024) و بر اساس گزارش وزارت بهداشت و رفاه خانواده دولت هند *G. affinis* می تواند با موفقیت جمعیت لارو پشه آئدس را در بدنه های آبی کاهش دهد. مطالعات فراوان دیگری نیز وجود دارد که کنترل بیولوژیکی پشه های مضر از طریق شکار ماهی را تأیید می نماید و آن را جایگزینی ساده، آسان و کم هزینه برای ترکیبات شیمیایی و حتی روش های دیگر مانند اقدامات بهداشتی و مدیریت زیستگاه و ... معرفی می کنند (Azevedo-Santos et al., 2016). برای مثال برخی از محققان معتقدند در مناطق کشت برخی از محصولات کشاورزی مانند برنج، که در آن استفاده از لاروکش یا سایر مواد شیمیایی برای کنترل پشه نامطلوب است و آبگیری و خشک شدن متناوب منجر به تشکیل استخرها، گودال ها و محیط های مناسب تخمیزی پشه می گردد، ماهی گامبوزیا میتواند مفید باشد و کنترل لاروی قابل قبولی را فراهم سازد.

برخی از دیگر محققان مانند دشام PR به عنوان یک متخصص بهداشت عمومی در مجله حیات وحش و تنوع زیستی (2023) بیان کرده است که استفاده از ماهی گامبوزیا به عنوان یک روش کنترل بیولوژیکی خوب برای کنترل جمعیت پشه تنها می تواند بخشی از یک رویکرد یکپارچه باشد که شامل روش های مختلف دیگر مانند سمپاشی شیمیایی و مهمتر از همه حذف و یا کاهش منابع مناسب برای تخمیزی است.

ایشان معتقد است «کاهش تعداد منابع مستعد برای تولید مثل پشه ها مانند گودال ها و زه کشی های باز و پاک سازی پوشش گیاهی که پشه ها از آن تغذیه می کنند باید نسبت به رهاسازی ماهی در آب ها در اولویت قرار گیرد.» برخی مطالعات نیز بیان داشته اند شرایط محیطی از جمله دما، تراکم ماهی، سطوح pH و پوشش گیاهی، اثر زیستگاه بر نرخ باروری ماهی، وجود شکارچی در محیط، بارندگی، ارتفاع منطقه و ... به عنوان عوامل تعیین کننده مؤثر بر نرخ شکار ظاهر می شوند و بر اهمیت توجه به این عوامل در استراتژی های کنترل مبتنی بر شکارچی تأکید داشته اند (Zubaidah et al., 2024; Tyagnes et al., 2023 And Singaravelu et al., 1997). به طور مثال ماهی گامبوزیا نیز مانند سایر ماهی ها در دماهای پائین تمایلی برای تغذیه از خود نشان نمی دهد و در مصرف لارو به ویژه هنگامی که دمای آب سرد غالب است، خوب عمل نمی کنند. Duryea و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند پوشش گیاهی کافی روی سطح آب می تواند به عنوان پناهگاه برای لارو پشه عمل کند و گامبوزیا با وجود پوشش گیاهی نو ظهور و شناور نمی تواند به طور مؤثر لارو پشه را کنترل کند. دریاچه های Woodland یا دریاچه های فصلی موجود در مناطق جنگلی به طور منظم در طول تابستان خشک می شوند و گودال های کوچک آب به جا مانده از آن ها میتواند محیط مناسبی را برای تخمیزی پشه ها محیا سازد. در این نوع استخرها با توجه به اینکه برخلاف استخرهای دائمی با مشکلات مربوط به پوشش گیاهان آبی و ماهی های شکارچی مواجه نیستند، استفاده از ماهی های لاروخوار برای

کنترل و سرکوب لارو پشه می‌تواند کارایی بالایی داشته باشد. تراکم ماهی لارو خوار استفاده شده در استراتژی های بیولوژیک نیز بسیار حائز اهمیت است. برای مثال تحقیقات نشان داده است در نرخ نگهداری ۵۰۰ قطعه ماهی در هکتار، تراکم لارو به طور قابل توجهی کاهش نمی یابد. نرخ ذخیره سازی تجربی ۱۵۰۰ قطعه ماهی در هکتار در استخرهای جنگلی در منطقه وارن ایالات متحده نتایج مطلوبی را به همراه داشته است اما بهتر است برای تقویت شکار لارو، نرخ نگهداری ۲۵۰۰ قطعه ماهی لارو خوار در هکتار در نظر گرفته شود. استخرهای مناسب برای گامبوزیا باید در معرض نور خورشید کافی برای گرم کردن آب باشند و بهتر است که حداکثر عمق آب بیشتر از ۳ فوت (حدوداً یک متر) نباشد زیرا در غروب های سرد ماهی ها به عمق استخر می روند و نسبت به گرم شدن مجدد آب دیر واکنش نشان می دهند (Singaravelu et al., 1997). برخی از مطالعات نیز روی گونه ماهی لارو خوار تمرکز کرده اند. برای مثال Tyagnes و همکاران (۲۰۲۳) گونه *Aplocheilus punchax* را بهترین شکارچی برای محیط های کوچک آبی و ظروف کوزه ای حاوی آب دانستند.

اگرچه مطالعات تجربی معمولاً نشان می‌دهند که ماهی ها می‌توانند مقادیر زیادی از لارو پشه را مصرف کنند (Saleeza et al., 2014) و پژوهشگران زیادی آن را به عنوان یک روش موثر معرفی نموده اند، با اینحال در مورد اثربخشی این روش به عنوان یک معیار کنترل جمعیت تردید اساسی وجود دارد و مطالعات زیادی نیز وجود دارد که اثربخشی استفاده از این شکارچیان برای کنترل بیولوژیک جمعیت پشه ها را تا حد زیادی اثبات نشده و مشکوک می دانند. بر اساس نظر Azevedo-Santos و همکاران (۲۰۱۷) یکی از دلایل این امر این است که انتشار ماهی های لارو خوار همزمان با بسیاری از روش های دیگر کنترل پشه و بهداشت عمومی بوده است و بسیاری از آزمایش های تجربی اولیه به خوبی کنترل نمی شدند.

اما به نظر می رسد دلیل اصلی این امر در بیولوژی و چرخه زیست شکار و شکارچی نهفته باشد. همان طور که گفته شد پشه آئدس ۳ مرحله از ۴ مرحله اصلی چرخه زندگی خود را در آب یا محیط های مرطوب می گذراند اما برخلاف آنوفل و دیگر جنس های کولیسید که در آب های تمیز نیز تخم‌ریزی می کنند، پشه آئدس بیشتر زیستگاه های آبی کوچک مانند مرداب ها، آب های راکد گندیده، اشیاء ساخته شده به دست انسان مانند ظروف کوچک حاوی آب، قوطی کنسرو، پایه های گلدان، لاستیک ها، بطری ها، فنجان های یکبار مصرف و حتی حفرات موجود در تنه درختان را برای تخم‌ریزی انتخاب می کند که در چنین محیط هایی ماهی گامبوزیا قابلیت زیست ندارد (Rupp, 1996). به همین دلیل تحقیقاتی نیز وجود دارد که تاثیر گذاری ماهی های لارو خوار در کنترل لارو پشه را نیز رد کرده اند. Han و همکاران در سال ۲۰۱۵ پس از بررسی سیستماتیک جامع در مورد مالاریا به این نتیجه رسیدند که تحقیقات قابل اعتماد کافی برای نشان دادن اینکه آیا معرفی ماهی لارو خوار باعث کاهش انتقال مالاریا یا تراکم جمعیت پشه های بالغ آنوفل می شود وجود ندارد. (Walshe et al., 2013). Angelon و Petranka (۲۰۰۲) و Pamplona و همکاران (۲۰۰۹) معتقدند که پشه های ماده بالغ در انتخاب مکان های تخم‌گذاری کاملاً انتخابی عمل می کنند و ماده ها از نشانه های شیمیایی برای اجتناب از آب های حاوی ماهی یا سایر شکارچیان استفاده می کنند. بنابراین

رهاسازی ماهی در مکان های انتخابی نمی تواند به اندازه کافی محدوده فضای تولیدمثلی مورد استفاده پشه ها را پوشش دهد و حتی ممکن است ماده ها را تحریک کند تا زیستگاه های دیگری را برای تخم گذاری انتخاب کنند.

Saleeza و همکاران (۲۰۱۴) و Cavalcanti و همکاران (۲۰۰۷) معتقدند که نتایج مثبت حاصل از تحقیقات آزمایشگاهی شکارگری و همچنین شواهدی مبنی بر اینکه ماهی ها در حال خوردن لارو پشه در مزرعه هستند (Martinez-Ibarra *et al.*, 2002) را نمی توان به عنوان مدرک محکمی در نظر گرفت که ماهی لارو خوار می تواند جمعیت پشه های وحشی و از آن مهمتر بیماری ها را کنترل یا ریشه کن کند. Han و همکاران (۲۰۱۵) معتقدند که حتی اگر ماهی های معرفی شده در کنترل بیولوژیک موفق بوده و جمعیت پشه ها را کاهش دهند، این لزوماً به تغییر در بروز بیماری های انسانی ترجمه نمی شود. (Garcia-Berthou 1999) معتقد است که گامبوزیا یک شکارچی عمومی است و بسته به در دسترس بودن منابع، رژیم های غذایی خود را تغییر می دهد. Blaustein و Karban (1999) هم معتقد هستند که ماهی گامبوزیا اغلب کلادوسراها یا طعمه های دیگر را ترجیح می دهد و لارو پشه بخش ناچیزی از رژیم غذایی آن را تشکیل می دهد و گاهی اوقات با شکار سایر بی مهرگان به عنوان رقیب غذایی پشه ها حتی ممکن است برای آن ها مفید نیز باشد. در این راستا مطالعاتی نیز وجود دارد که نظریه Blaustein و Karban را تأیید کرده و افزایش جمعیت لارو پشه را در جایی که آنها معرفی کرده اند، گزارش داده اند، زیرا در برخی مواقع ماهیان گامبوزیا شکارچیان دیگری را که لارو پشه می خوردند شکار می کنند (Azevedo-Santos *et al.*, 2017).

در کنار مطالعات فوق که عمدتاً به تأثیر شرایط محیطی و رفتارهای تغذیه ای بر فعالیت شکارچی و اثرگذاری آن پرداخته اند، مطالعات فراوان دیگری نیز وجود دارند که بر پیامدهای اکولوژیکی بالقوه اقدامات کنترل مبتنی بر شکارچی تمرکز نموده اند. زیرا درک تعاملات بین شکارچیان و موجودات غیرهدف برای طراحی تاکتیک های کنترل بیولوژیک و انتخاب روش سازگار با محیط زیست بسیار مهم است. استفاده از ماهی های غیربومی برای کنترل بیولوژیکی با خطر بالقوه بالایی برای فرار و تهاجم همراه است که می تواند عملکرد اکوسیستم و تنوع زیستی را مختل کند. ماهی گامبوزیا به علت زنده زای بودن و قدرت تکثیر بالا، میتواند مشکلاتی برای اکوسیستم ها پدید آورد و در آبی پروری نیز به عنوان ماهی هرز مزارع پرورش ماهی مطرح گردد. آنها ماهی های تهاجمی هستند که به گونه های دیگر حمله می کنند یا به طور مستقیم برای منابع رقابت می کنند و در لیست گونه های مهاجم اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت قرار دارند. گامبوزیا بر جوامع پلانکتونی (Margaritora *et al.*, 2001)، ماهی های دیگر (Arthington, 1989; Cheng *et al.*, 2018) و دوزیستان (Goodsell and Kats, 1999) تأثیر می گذارد و علاوه بر ایجاد اختلال در اکوسیستم، کاهش شفافیت و کیفیت آب از طریق اثرات نامطلوب تغذیه ای یا مکانیسم های دیگر را رقم می زند (Azevedo-Santos *et al.*, 2017).

Gkenas و همکاران (۲۰۱۲) و Francis و Pysek (۲۰۱۲) معتقدند که ماهی های غیربومی ممکن است در کنار حذف لاروهای آندس، با تاثیر بر منابع دیگر (به عنوان مثال، بی مهرگان یا جلبک های بومی) علاوه بر کاهش کارایی مدیریت مبارزه بیولوژیک، موجب بروز تغییرات نامطلوب در شبکه های غذایی و ساختار جوامع طبیعی شوند و در صورت معرفی این مهاجمان آبی به محیط های طبیعی، ریشه کن کردن یا مدیریت آن ها در آینده بسیار دشوار خواهد بود. در این دست مطالعات استدلال این است که استفاده از ماهی های غیر بومی برای کنترل پشه های آندس بی اساس و از نظر زیست محیطی آسیب رسان است و توصیه می شود که روش های دیگری مانند مدیریت زیستگاه، ابزارهای بیوتکنولوژیکی و مدیریت یکپارچه مبتنی بر شواهد و تحقیقات علمی بیشتر در کنار آگاهی رسانی عمومی باید برای مبارزه با پشه ها مورد استفاده قرار گیرد تا اثرات منفی اکولوژیکی و اقتصادی این امر به حداقل برسد. مجله حیات وحش و تنوع زیستی در سال ۲۰۲۳ پیشنهاد کرد «به جای تکیه بر ماهی گامبوزیا، بهتر است زیست شناسان و تاکسونومیست های ماهی را تشویق کنند تا با توجه به حوضه منابع آبی هر منطقه فهرستی از گونه های ماهیان بومی بتوانند در کنترل لارو پشه ها را ارائه و آنها را در محیط طبیعی رها کنند». به نظر می رسد گونه هایی مانند آفانیوس دیسپار که به طور طبیعی در ایران وجود دارند، از این قابلیت برخوردار هستند و با توجه به اینکه ناقلین مالاریا و آندس در بسیاری از مناطق ایران وجود دارند و آب و هوای ایران به طور بالقوه برای انتقال این بیماری ها مناسب است، ضروریست که بخش هایی تحقیقاتی تمرکز بیشتری بر شناسایی ماهیان لاروخور و سازگار با شرایط محیطی هر منطقه و بررسی سایر جوانب مختلف این امر بگذارند.

در کنار پیشنهادات فوق سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۲۳ از اثربخشی مدیریت ژنتیکی و اصلاح نژاد ماهی گامبوزیا به عنوان یک روش کنترل لارو در زیستگاه های تولید مثل مصنوعی، مانند استخرهای شنا و حوضچه های باغات، بدون دسترسی به محیط طبیعی حمایت کرد. علاوه بر شکارچی، مدیریت ژنتیکی شکار نیز در مطالعات مختلف مورد تاکید بوده است. برای مثال O'Neill و همکارانش (۲۰۱۵) *A. aegypti* را با یک باکتری از جنس *Wolbachia* که در اصل از مگس میوه جدا شده بود، آلوده کردند. این باکتری توان انتقال عمودی دارد و از طریق پشه های نر و ماده به ارث می رسد. بنابراین تمام تخم های پشه آلوده، حامل این باکتری هستند و وقتی یک ماده غیر آلوده با نر آلوده جفت می شود، تخم های حاصل از تخم خارج نمی شوند. بر اساس گزارش Harris و همکارانش در سال ۲۰۱۲ یک شرکت تجاری به نام Oxitec روش متفاوتی را در پیش گرفته است. به این ترتیب که آن ها ابتدا ژنی را وارد بدن *A. aegypti* کردند که به طور معمول باعث مرگ پشه قبل از بلوغ می شود اما عملکرد آن توسط تتراسایکلین سرکوب می شود. پشه ها با رژیم غذایی حاوی تتراسایکلین پرورش می یابند و وقتی در محیط رها می شوند، نرها با ماده های وحشی جفت گیری می کنند که همه فرزندان آنها حامل این ژن هستند و از آنجا که محیط های طبیعی فاقد تتراسایکلین است، تمام آن ها می میرند.

با وجود این یافته های امیدوارکننده، هنوز شکاف های اطلاعاتی و نیازهای تحقیقاتی قابل توجهی در زمینه زیست شناسی شکارچی برای مدیریت پشه آئدس وجود دارد. با بررسی دقیق مطالعات فوق در می یابیم که بیشتر این مطالعات محدود به آزمایشگاه ها و یا نهایتاً آزمایش های صحرایی در مقیاس کوچک و همراه با سایر محدودیت های تحقیقاتی مانند کمبود مطالعات میدانی و پایش طولانی مدت صورت گرفته است که این امر لزوم انجام تحقیقات و کاوش بیشتر در مقیاس های بزرگتر و در بطن سناریوهای دنیای واقعی و محیط های طبیعی متنوع برای افزایش کاربرد استراتژی های کنترل مبتنی بر شکارچیان و ارزیابی اثربخشی و قابلیت حیات آن ها را آشکار می سازد (Huang et al., 2017). مطالعاتی که بتواند درک عمیق تر از دینامیک شکارچی-شکار، فعل و انفعالات بالقوه بین شکارچیان و سایر اجزای اکوسیستم مانند گونه های غیرهدف، شناخت مؤثرترین گونه های شکارچی، شرایط بهینه برای استقرار شکارچی و توجه به پیامدهای اکولوژیکی استفاده از شکارچیان برای سرکوب و کنترل بیولوژیک پشه ضمن حفظ تعادل اکولوژیکی محیط را برای محققان این حوزه از علم و به تبع آن بینش حیاتی برای سایر تصمیم گیران و سیاست گذاران کشورها در انتخاب برنامه های کنترل و استراتژی های مؤثرتر به ارمغان آورد (De Silva et al., 2019).

منابع

- Angelon, KA and Petranks, JW. (2002). Chemicals of predatory mosquitofish (*Gambusia affinis*) influence selection of oviposition site by *Culex* mosquitoes. *Journal of Chemical Ecology*. 28: 4(797-806).
- Arthington, AH. (1989). Diet of *Gambusia affinis holbrooki*, *Xiphophorus helleri*, *X. maculatus* and *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) in streams of southeastern Queensland, Australia, *Asian Fisheries Science*, 2: 2(193-212).
- Azevedo-Santos, VM., Pelicice, FM., LimaJunior, DP et al. (2015). How to avoid fish introductions in Brazil: Education and information as alternatives. *Natureza & Conservacao* (Brazilian Journal of Nature Conservation). 13: 2(123-132).
- Azevedo-Santos, VM., Vitule, JRS., Berthou, EG., Pelicice, FM and Simberloff, D. (2016). Misguided strategy for mosquito control. *Science*. p. 675.
- Azevedo-Santos, VM., Vitule, JRS., Pelicice, FM., Berthou, EG and Simberloff, D. (2017). Nonnative Fish to Control *Aedes* Mosquitoes: A Controversial, Harmful Tool. *BioScience*, 67: 1(84-90).
- Blaustein, L and Karban, R. (1990). Indirect effects of the mosquitofish *Gambusia affinis* on the mosquito *Culex tarsalis*. *American Society of Limnology and Oceanography*. 35: 3(767-771).
- Cavalcanti, LPG., Pontes, RJS., Regazzi, ACF et al. (2007). Efficacy of fish as predators of *Aedes aegypti* larvae, under laboratory conditions. *Revista de Saude Publica*, 41: 4(638- 644).

- Cheng, y., Xiong, w., Tao, J., He, D., Chen, K and Chen, Y. (2018). Life-history traits of the invasive mosquitofish (*Gambusia affinis* Baird and Girard, 1853) in the central Yangtze River, China. *BioInvasions Records*. 7: 3(319-318).
- De Silva, NI., Brooks, S., Lumyong, S And Hyde, KD. (2019). Use of endophytes as biocontrol agents. *Fungal Biology Reviews*. 33: 2(133–148).
- Duryea, R., Donnelly, J., (2), Guthrie, D *et, al.* (1996). *Gambusia Affinis* Effectiveness in New Jersey Mosquito Control. Proceedings of the Eighty-Third Annual Meeting of the New Jersey Mosquito Control Association, Inc. 1996, pp 95-102.
- Francis, RA and Pysek, P. (2012). Management of freshwater invasive alien species. In *A Handbook of Global Freshwater Invasive Species*. Pp. 435-446.
- Garcia-Berthou, E. (1999). Food of introduced mosquitofish: Ontogenetic diet shift and prey selection. *Journal of Fish Biology*. 55: 1(135-147).
- Gkenas, C., Oikonomou, A., Economou, A., Kiosse, F and Leonardos, I. (2012). Life history pattern and feeding habits of the invasive mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, in Lake Pamvotis (NW Greece). *Journal of Biological Research*. 17: 1(121-136).
- Goodsell, JA and Kats, LB. (1999). Effect of introduced mosquitofish on Pacific tree frogs and the role of alternative prey. *Conservation Biology*. 13: 4(921-924).
- Han, WW., Lazaro, A., McCall, PJ., George, L *et, al.* (2015). Efficacy and community effectiveness of larvivorous fish for dengue vector control. *Tropical Medicine and International Health*. 20: 9(1239-1256).
- Harris, AF., McKemey, AR., Nimmo, D., Curtis, Z *et,al.* (2012). Successful suppression of a field mosquito population by sustained release of engineered male mosquitoes, *Nature Biotechnology*, 30: 9(828-830).
- Huang, YJS., Higgs, S., And Vanlandingham, D L. (2017). Biological Control Strategies for Mosquito Vectors of Arboviruses. *Insects*, 8: 21(1-25).
- Margaritora, FG., Ferrara, O and Vagaggini, D. (2001). Predatory impact of the mosquitofish (*Gambusia holbrooki* Girard) on zooplanktonic populations in a pond at Tenuta di Castelporziano (Rome, Central Italy). *Journal of Limnology*. 60: 60(189-193).
- Martinez-Ibarra, JA., Guillen,YG., Arredondo-Jimenez, JI and Rodríguez-Lopez, MH. (2002). Indigenous fish species for the control of *Aedes aegypti* in water storage tanks in Southern Mexico. *BioControl*. 47: 4(481-486).
- O'Neill, S. (2015). The dengue stopper. *Scientific American*. 312: 6 (72-77).
- Pamplona, LGC., Alencar, CH., Lima, JWO and Heukelbach, J. (2009). Reduced oviposition of *Aedes aegypti* gravid females in domestic containers with predatory fish. *Tropical Medicine and International Health*. 14: 11(1347-1350).
- Pyke, GH. (2008). Plague minnow or mosquito fish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 39: 1(171-191).

Rupp, HR. (1996). Adverse assessments of *Gambusia affinis*: An alternative view for mosquito control practitioners. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 12: (2 Pt 1) (155-166).

Saleeza, SNR., Norma-Rashid, Y and Sofian-Azirun, M. (2014). Guppies as predators of common mosquito larvae in Malaysia. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 45: 2(299-308).

Singaravelu, G., Mahalingam, S and Jaya Bharathi, K. (1997). Predatory efficiency of larvivorous fish, *Gambusia affinis* on the mosquito larvae of *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. *Current Science Association*. 72: 7(512-514).

Tyagnes, HD., Sumanto, D And Sayono, S. (2023). Predatory Efficiency of Larvivorous Fish against Mosquito Larvae in Different Water Temperature Levels: Implication in Control Measure of Dengue Vector. *Journal of Arthropod-Borne Disease*. 17: 2(120–127).

Walshe, DP., Garner, P., Abdel-Hameed Adeel, AA., Pyke, GH and Burkot, T. (2013). Larvivorous fish for preventing malaria transmission. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 11: 12(1-5).

Wildlife & Biodiversity Report in (2023). *Gambusia*: This solution could actually be an invasive problem.

Zubaidah, T., Isnawat, I AND. Ratodi, M. (2024). Predator-Based Control Of *Aedes* Mosquito Larvae: A Comprehensive Literature Review. *Global Health And Environmental Perspectives*. 1: 1(6-11).