مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد
سال ۶۸، شماره ۷
خرداد-تیر ۱۴۰۴ ، صفحه ۸۴۶-۸۳۴

www.mums.ac.ir
Medical Journal of Mashhad
University of Medical Sciences
Vol 68 No.7, P: 834-846
May- Jul 2025

مقاله اصلی

مطالعه‌ی فراسنجه‌های زیستی پشه آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس در چهار کیفیت آبی مناطق مختلف ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۵- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹

مهدی شعبانی پور [۱]
مریم کمالی[۱]
عباسعلی راز [۲]
ایگور شاراخوف [۳، ۴]

[۱] *گروه حشره شناسی پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس*
[۲] *بخش مالاریا و ناقلین، انستیتو پاستور ایران*
[۳] *گروه حشره شناسی، دانشگاه ویرجینیا تک، آمریکا*
[۴] *گروه ژنتیک و زیست شناسی سلولی، دانشگاه تامسک، روسیه*

Email: kamali@modares.ac.ir

خلاصه

مقدمه: هدف از انجام این مطالعه، بررسی فراسنجه‌های زیستی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس اینترمدیت در آب چاه نیمه‌های سیستان و بلوچستان، رود کرخه خوزستان، آب آبشار علی آباد گلستان، و رودخانه میناب هرمزگان در انسکتاریوم ملی ایران در انستیتو پاستور می‌باشد.

روش کار: برای ارزیابی فراسنجه‌های زیستی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس در آزمایشگاه انستیتو پاستور ایران با شرایط دمای ۲±۲۷ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۵±۷۵% و دوره نوری ۱۲:۱۲ ساعت پرورش داده شدند. به همین منظور پارامترهای مهم جدول زندگی مانند نرخ متناهی افزایش جمعیت، امید به زندگی متوسط زمان یک نسل و نرخ خالص تولید مثل پشه آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس را در شرایط آزمایشگاهی قرار داده، و فاکتورهای تعداد تخم‌های گذاشته شده، تعداد مرگ و میر پشه ها، نسبت پشه نر و ماده و تعداد تخم‌های تفریخ شده شمارش و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج: نتایج این مطالعه نشان داد که بیوتایپ میزورنسیس بیشترین مقدار R، R_0 ،λ و T مربوط به آب مناطق شرق و جنوب ایران می‌باشد و سازش و تاثیرپذیری از کیفیت آب مناطق شرق بر پارامترهای بیوتایپ میزورنسیس بیشتر است. دوره دامنه طول یک نسل در بیوتایپ میزورنسیس از ۱۴,۶۴تا ۱۷,۰۱ روز می باشد. بالاترین مقدار نرخ خالص تولیدمثل (R_0) در بیوتایپ میزورنسیس مناطق شرق با ۱۰۴ و مناطق جنوب با ۱۰۲,۴۴ بیشترین مقادیر را داشتند. بیشترین نرخ بقا در آب‌های مناطق جنوب، شمال، شرق و غرب ایران برای مرحله بالغ پشه ماده بیوتایپ میزورنسیس به ترتیب ۰/۳۹، ۰/۳۸، ۰/۴۱ و ۰/۳۳ می‌باشد. اما در نرها بیشترین نرخ زنده‌مانی در آب‌های جنوب، شمال، شرق و غرب به ترتیب برابر است با ۰/۲۵، ۰/۲۵، ۰/۲۷ و ۰/۲ درصد می باشد.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که آنوفل استفنسی تایپ میزورنسیس در آب منطق شرقی ایران بیشترین سازگاری را نسبت به سایر مناطق ایران دارد.

کلمات کلیدی

آنوفل استفنسی، بیوتیپ میزورنسیس،فراسنجه های زیستی

پی نوشت: این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

Doi: 10.22038/mjms.2025.87710.4995

مقدمه

مالاریا یکی از قدیمی ترین بیماری‌های انگلی است (۱). این بیماری بار سنگینی از عوارض و مرگ و میر را بر جمعیت های آسیب دیده تحمیل می کند. (۲). افزایش روزافزون موارد و مرگ و میر ناشی از مالاریا یکی از مهم ترین تهدیدات بهداشت عمومی است، به ویژه در کشورهای جنوب صحرای آفریقا – جایی که بار این بیماری به طور قابل توجهی بالا است. در سال ۲۰۲۰، کشورهای جنوب صحرای آفریقا حدود ۹۵ درصد از کل موارد و ۹۶ درصد از کل مرگ و میرهای مالاریا را به خود اختصاص داده اند که حدود ۸۰ درصد از این مرگ و میرها در کودکان زیر ۵ سال گزارش شده است. (۳). ایران در حال حاضر در مرحله حذف به رسمیت شناخته شده توسط WHO است، اما جابجایی جمعیت در مرزهای جنوب شرقی که در بالا ذکر شد یکی از تهدیدهای اصلی شکست برنامه حذف مالاریا است. در سال ۲۰۲۲ حدود ۲۴۹ میلیون نفر علایم بالینی بیماری مالاریا را داشتندکه ۶۰۸۰۰۰ مرگ در دنیا را ثبت کرد. در ایران تا سال ۱۴۰۲ ۶۶۲۹ مورد آلودگی به بیماری مالاریا ثبت شد(۴). کشف اخیر یک ناقل جدید به نام آنوفل استفنسی در شاخ آفریقا تهدیدی برای معکوس کردن کنترل مالاریا در آفریقا است. آنوفل استفنسی، ناقلی که در جنوب آسیا و خاورمیانه، از جمله بخش‌های بزرگی از شبه جزیره عربستان یافت می‌شود، برای اولین بار در سال ۲۰۱۲ در جیبوتی شناسایی شد (۵). از آن زمان، در اتیوپی (۶)، سودان (۷)، سومالی و اخیراً در یمن (۴) گزارش شده است. آنوفل استفنسی دارای سه نوع بایوتایپ میزورنسیس، تایپ و اینترمدیت می‌باشد. میزورنسیس نقش بسیار محدودی در انتقال مالاریا دارد زیرا گونه جانور دوستی است. اینترمدیت در مناطق روستایی و حومه شهر اهمیت دارد. و نوع تایپ ناقل کارآمد مالاریا در مناطق شهری است (۸).

مطالعه جدول زندگی برای تجزیه و تحلیل مرگ و میر جمعیت حشرات، و برای تعیین عوامل کلیدی مسئول بالاترین مرگ و میر در جمعیت بسیار مفید است. این جدول توسط دو نوع تعیین می‌شود، یعنی جدول زندگی مخصوص سن (یا افقی) و مرحله خاص (یا عمودی). علاوه بر این، فرمول‌های مختلف ریاضی نیز برای ارزیابی مناسب جداول باروری، توزیع سنی پایدار و امید به زندگی نشان داده شده‌اند. امید به زندگی حشرات مفید را می توان با پیش بینی موارد طبیعی به ویژه در سن خاصی که حداکثر مرگ و میر ناقل در آن به دست می آید محاسبه و برای برنامه کنترل بیولوژیکی استفاده کرد و برای مدیریت به موقع آفات برنامه ریزی کرد(۹). تجزیه و تحلیل مرگ و میر جمعیت حشرات برای تعیین عوامل کلیدی مسئول بالاترین مرگ و میر در جمعیت بسیار مفید است. ساخت چندین جدول زندگی ممکن است برای تهیه یک مدل پیش بینی که می تواند در برابر نوسانات طبیعی جمعیت آزمایش شود، امکان پذیر باشد. جدول زندگی یک تکنیک تحلیلی مهم در مطالعه توزیع، تعیین سن و مرگ و میر یک موجود زنده و افراد قابل محاسبه است (۹).

پشه‌های آنوفل به عنوان ناقلین بیماری مالاریا و متاثر از تراکم جمعیت می‌باشند. که تحت تاثیر عوامل غیرزیستی خصوصا زیستگاه‌های آبی می‌باشند. عوامل فیزیکوشیمایی زیستگاه آبی بر بقا، باروری و نمو آنوفل تاثیر می گذارد که می تواند نقش کلیدی در شیوع بیماری داشته باشد(۱۰) .

در مطالعه‌ای که روی جدول زندگی پشه آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس بر کیفیت ۴ منطقه ایران انجام شد نتایج پارامترهای جدول زندگی نشان داد که در بیوتایپ میزورنسیس آب مناطق جنوبی طول دوره رشدی کوتاه‌تری نسبت به سایر آب مناطق داشت. همچنین در بیوتایپ میزورنسیس، پشه‌هایی که آب‌های مناطق جنوب و شرق تغذیه می کنند، به ترتیب دارای بیشترین R، λ، R_0 و T می باشند(۱۱).

در مطالعه فاضلی‌دینان و همکاران ۲۰۲۲ نتایج تاثیر بررسی سه کیفیت آب تمیز، نیمه آلوده و آلوده نشان داد که طول دوره تخم در آب تمیز، نیمه آلوده و آلوده به ترتیب ۱/۱۱، ۱/۱۴ و ۱/۱۹ بود. طول دوره لارو سن ۱ در این سه آب به ترتیب ۱/۸۸، ۱/۶۳ و ۱/۸۰ می‌باشد. طول لارو دوره سن ۲ در سه آب تمیز و نیمه آلوده و آلوده به ترتیب ۲/۲۰، ۲/۱۲ و ۲/۰۹ بود. طول لاررو سن ۳ در این سه آب به ترتیب برابر با ۱/۹۴، ۱/۹۴ و ۲ می باشد. طول دوره لارو سن ۴ در سه آب تمیز، نیمه آلوده و آلوده به ترتیب برابر با ۲/۲۸، ۱/۹۰ و ۲/۲۴ بود. طول دوره شفیرگی برای این سه

آب به ترتیب برابر با ۱/۲۱، ۲/۰۲ و ۱/۳۵ می باشد. میانگین طول عمر نر در سه آب تمیز، نیمه آلوده و آلوده به ترتیب ۱۳/۹۸، ۱۳/۸۳ و ۱۴/۳۳ بود. میانگین طول عمر ماده‌ها در سه آب به ترتیب برابر ۲۲/۹۴، ۱۹/۹۶ و ۲۰/۴۳ می باشد. طول دوره پیش از تخمریزی بالغین برای آب تمیز، نیمه آلوده و آلوده به ترتیب برابر است با ۱/۴۸، ۱/۴۰ و ۱/۴۴ بود. کل دوره پیش از تخمریزی برای این سه آب برابر ۱۲ می باشد. دوره تخمریزی برای سه آب تمیز، نیمه آلوده و آلوده برابر است با ۷/۸۴، ۵/۹۰ و ۶/۰۶ بود (۱۲).

در مطالعه دیگری توسط چوا و همکاران، ۲۰۲۲ نتایج جدول زندگی نشان داد که در پشه *An. balabacensis* طول دوره تخم ۲ روز و طول دوره لاروی در مجموع ۱۰/۵ روز بود(۱۳).

در مطالعه جود و همکاران ۲۰۲۳ نتایج بررسی طول دوره زندگی نشان داد که در پشه آنوفل استفنسی طول دوره تخم ۱/۹۴ در بیوتایپ میزورنسیس و در بیوتایپ اینترمدیت ۱/۸۱ بود. طول دوره لارو سن۱ و ۲، در بیوتایپ اینترمدیت و میزورنسیس به ترتیب برابر با ۱/۹ و ۲/۱ می باشد. در لارو سن ۳، طول دوره لاروی برای این دو بیوتایپ به ترتیب برابر با ۱/۸ و ۲ بود. طول دوره لارو سن ۴، در بیوتایپ اینترمدیت ۲ و در میزورنسیس برابر با ۲/۳ بود (۱۴).

در مطالعه اولایمی و آنده، ۲۰۰۹ نتایج بررسی طول دوره زندگی در آنوفل *Anopheles gambiae* نشان داد که طول دوره تخم ۱/۴۸ و طول دوره‌های لاروی سن ۱ تا به ترتیب برابر با ۱/۵۵، ۲/۷۲، ۲/۳۶ و ۲/۸۴ می-باشد. و طول دوره شفیرگی هم برابر با ۱/۵۳ می‌باشد (۱۵).

در مطالعه وانگ و همکاران، ۲۰۱۶ نتایج نشان داد که طول دوره زندگی لارو های سن ۱ در *Anopheles minimus* در زمین های غیر جنگلی، جنگلی و مزرعه موز به ترتیب برابر با ۲/۸۱، ۳/۴۴ و ۳/۱، لارو سن ۲ در زمین های غیرجنگلی، مزرعه موز و زمین های جنگلی برابر است با ۳/۶۶، ۵/۱۲ و ۳/۳۱ بود. در لارو سن ۳ در زمین‌های غیرجنگلی ۵/۱۵، جنگلی ۶/۳۶ و زمین موز ۳/۱۷ و زمین جنگلی ۳/۳۶ می باشد. همچنین در لارو سن ۴ در زمین های غیرجنگلی، زمین موز و زمین‌های جنگلی ۴/۰۱، ۳/۲۸ و ۰/۳۱ بود(۱۶).

هدف از انجام این تحقیق بررسی پارامترهای مهم جدول زندگی(نرخ تولید مثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت و امید به زندگی) برای بیوتایپ آنوفل استفنسی میزورنسیس و مقایسه میانگین زادآوری و نرخ متناهی افزایش جمعیت در چهار کیفیت آب (چهار منطقه جغرافیایی ایران) می‌باشد.

روش کار

پرورش پشه آنوفل

برای پرورش پشه‌های آنوفل بیوتایپ استفنسی میزورنسیس از قفس های توری درانسکتاریوم انستستو پاستور ایران با ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ استفاده شد. برای جلوگیری از خروج پشه‌های بالغ از توری با اندازه مش ۵۰۰ استفاده می شود. جنس توری‌ها پلی استری با پوششی مقاوم در برابر رطوبت و مواد شیمیایی استفاده شد تا دوام بیشتری داشته باشد. ۲۵ پشه نر و ماده بالغ تازه از شفیره خارج شده از بیوتایپ میزورنسیس در هر قفس رهاسازی گردید. محلول ساکارز ۱۰ درصد در شیشه با فتیله‌های پنبه ای در قفس قرارداده شد. برای تعیین جدول زندگی از لاروهای سن اول تازه بیرون آمده (L_1) استفاده شد. برای این منظور از توده‌های تخم (۲۰۰ تا ۳۰۰ تخم) به سینی‌های پلاستیکی حاوی ۴ تیمار آب‌های مناطق چاه نیمه‌های سیستان و بلوچستان، رودخانه کرخه خوزستان، آب آبشار علی آباد گلستان، رودخانه میناب در هرمزگان در چهار نسل پرورش داده شدند. لاروها روزانه با غذای ماهی تترامین حاوی ۱ لیتر آب در هر سینی پلاستیکی تغذی و شمارش شدند. تعداد پشه‌های زنده در هر مرحله رشد شمارش شدند.



شکل ۱. پرورش پشه آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس

همه این مراحل در شرایط کنترل شده در دمای ۲±۲۴، رطوبت نسبی ۱۰±۷۰ درصد و دوره روشنایی ۱۲:۱۲ (تاریکی : روشنایی) در آزماشگاه پاستور انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه آماری مقایسه میانگین‌های نرخ باروری، نرخ متناهی افزایش جمعیت، نرخ تولیدمثل و امید به زندگی بین دو بیوتایپ به صورت طرح فاکتوریل کاملا تصادفی است. برای اثبات نرمال بودن توزیع داده‌ها و همچنین یکنواختی واریانس‌ها از آزمون لون و برای اثبات نرمال بودن از آزمون شاپیرو ویلک (Shapiro-Wilk) استفاده می‌گردد. برای به دست آوردن پارامترهای مهم جدول زندگی مثل نرخ متناهی افزایش جمعیت، امید به زندگی، نرخ خالص تولید مثل و متوسط زمان یک نسل، ابتدا تعداد تعداد پشه‌های زنده مانده در هر روز و تعداد تخم‌ها و لاروهای تولید شده شمارش می‌شود. با استفاده از این داده‌ها می‌توان احتمال زنده‌مانی از زمان تولد تا شروع سن x و میانگین تعداد نتاج تولید شده به ازای هر پشه در روز x را برای جدول مشخص کرد. برای محاسبه نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r_m) از فرمول زیر استفاده می گردد.

$$\sum_{x=0}^{y} L_x m_x e^{-r_m x} = 1$$

برای محاسبه نرخ ناخالص تولید مثل(GRR) از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\sum_{x=0}^{y} m_x$$

نرخ خالص تولیدمثل (R_0) نسبت تعداد جمعیت در نسل بعد به تعداد جمعیت درآغاز نسل قبل، از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$R_0 = \sum_{x=0}^{y} L_x m_x$$

برای محاسبه امید به زندگی(e_x) از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$e_x = \frac{T_x}{L_x}$$

برای محاسبه مدت زمان دو برابر شدن(DT) جمعیت از فرمول زیر استفاده می شود.

$$DT = \frac{ln_2}{r_m}$$

برای محاسبه نرخ متناهی افزایش جمعیت(λ) از فرمول زیر استفاده می شود.

$$\lambda = e^{r_m}$$

که در این معادلات L_x تعداد زنده‌مانی در فاصله بین دو نسل، T_x میانگین طول مدت یک نسل، m_x میانگین تعداد نتاج ماده در هر گروه سنی است (۱۷).

نتایج

نتایج طول دوره‌های مختلف مراحل رشدی پشه آنوفل استفنسی میزورنسیس در کیفیت ۴ آب مناطق ایران در جدول ۱ نشان داده شده است. بیوتایپ پشه آنوفل استفنسی میزورنسیس در تمام این ۴ آب منطقه ایران مراحل مختلف رشدی خود را کامل کرد. دوره‌های رشدی لارو سن ۱ و ۲، لارو سن ۳ و شفیره در همه این ۴ آب با هم اختلاف معنی‌داری داشت. در بیوتیپ میزورنسیس به نظر می رسد مراحل نارس برای تکمیل شدن متاثر از کیفیت آب چهار منطقه ایران هستند. همچنین در بیوتایپ میزورنسیس آب منطقه شرق کشور در کوتاه تر شدن طول دوره رشدی مراحل لارو سن ۱، ۲، ۳ و شفیرگی نسبت به آب سایر مناطق موثر تر می باشد. اما در بیوتایپ اینترمدیت آب مناطق جنوبی طول دوره رشدی کوتاه‌تری نسبت به سایر آب مناطق داشت(۱۱). در مرحله لارو سن دوم آب مناطق شرق و جنوب ایران به ترتیب 2.04 و 2.06 دارای کمترین طول دوره لاروی در این سن بودند. که مهمترین دلیل آن به سازگاری بهتر این بیوتایپ به آب این دو منطقه نسبت به آب سایر مناطق می باشد. در مرحله لارو سن سوم میزورنسیس بیشترین طول دوره رشدی مربوط به آب های مناطق شمال و غرب ایران است که نشان دهنده سازگاری کم این بیوتایپ به آب این مناطق است. در بیوتایپ میزورنسیس هم کل دوره پیش از تخمریزی در آب ۴ منطقه با هم اختلاف داشت. در

بیوتایپ میزورنسیس پارامترهای طول دوره باروری، TPOP، ماد، نر، لاروسن ۴ و تخم با کیفیت آب چهار منطقه ایران ارتباط معنی داری مشاهده نشد. نتایج این مطالعه با مطالعه‌ای دیگری مبنی بر تاثیر کیفیت آب بر اختلاف طول دوره‌های رشدی پشه آنوفل استفنسی مطابقت داشت(۱۲). در مطالعه‌ی دیگری طول دوره‌ی تخم ۱/۹ روز بود که با نتایج این مطالعه مطابقت نداشت (۱۴). که این نتایج نشان می‌دهد خصوصیات فیزیکی، شیمیایی آب و حتی نوع گونه بر طول مراحل رشدی تاثیر داد.

جدول ۱. طول مراحل مختلف رشدی، طول عمر بالغین و باروری پشه آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس روی چهار کیفیت آب مناطق ایران

طول دوره باروری	کل دوره پیش از تخمریزی	دوره پیش از تخمری زی بالغین	ماده	نر	شفیره	لاروسن ٤	لاروسن ۳	لاروسن ۲	لاروسن ۱	تخم	رژیم غذایی
7.14±0.06	12.4^{b}±0.24	1.71±0.09	21.74±0.37	13.62±0.09	1.57^{b}±0.04	2.06±0.05	1.96^{a}±0.04	2.06^{b}±0.07	1.92^{b}±0.02	1.11±0.02	آب جنوب ایران
7.11±0.03	13.06^{a}±0.16	1.74±0.06	20.29±0.23	13.77±0.13	1.78^{a}±0.05	2.08±0.02	1.98^{a}±0.02	2.23^{a}±0.03	2.08^{a}±0.03	1.11±0.04	آب شمال ایران
7.22±0.08	12.33^{b}±0.09	1.71±0.09	21.80±0.14	13.40±0.18	1.53^{b}±03	2.05±0.04	1.89^{b}±0.03	2.04^{b}±0.05	1.94^{b}±05	1.14±0.02	آب شرق ایران
6.93±0.08	13.15^{a}±0.06	1.74±0.06	20.52±0.08	13.71±0.17	1.82^{a}±0.06	2.06±0.06	1 .98^{a}±0.02	2.28^{a}±0.04	2.06^{a}±0.03	1.12±0.02	آب غرب ایران
0.86	3.67	1.14	1.76	1.41	3.97	139	2.94	4.18	3.45	1.29	F
0.14	0.03	0.08	0.07	0.06	0.04	0.08	0.03	0.01	0.02	0.1	P

نتایج بررسی پارامترهای جدول زندگی بایوتیپ میزورنسیس در آب چهار منطقه ایران نشان داد که بین برخ ذاتی افزایش جمعی(R)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ خالص تولید مثل (R_0) و میانگین طول دوره یک نسل (T) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در بیوتایپ میزورنسیس بیشترین مقدار R، λ، R_0 و T مربوط به پشه‌های مناطق شرق و جنوب ایران می‌باشد که به نظر می رسد سازش و تاثیرپذیری از کیفیت آب مناطق شرق بر پارامترهای بیوتایپ میزورنسیس بیشتر است. در مطالعه دیگری بیشترین مقادیر R برای بیوتایپ اینترمدیت در مناطق شرق و جنوب به ترتیب 0.29 و 0.28 می باشد. که این مقادیر بین این دو منطقه و دو بیوتایپ متفاوت است(۱۱). در بیوتایپ میزورنسیس میزان سازش با آب مناطق شمال بالاتر از آب سایر مناطق ایران است. بر این اساس می توان نتیجه گرفت کیفیت و سازش با آب فاکتور مهمی در رشد و جمعیت پشه‌های آنوفل می باشد. نتایج این مطالعه با نتایج پارامترهای جدول زندگی بیوتایپ اینترمدیت در آب چهار منطقه ایران مطابقت نداشت(۱۱).

نتایج این مطالعه با نتایج دیگری مبنی بر تاثیر کیفیت آب بر پارامترهای r، λ، R_0 و T مطابقت داشت. مقادیر به دست آمده

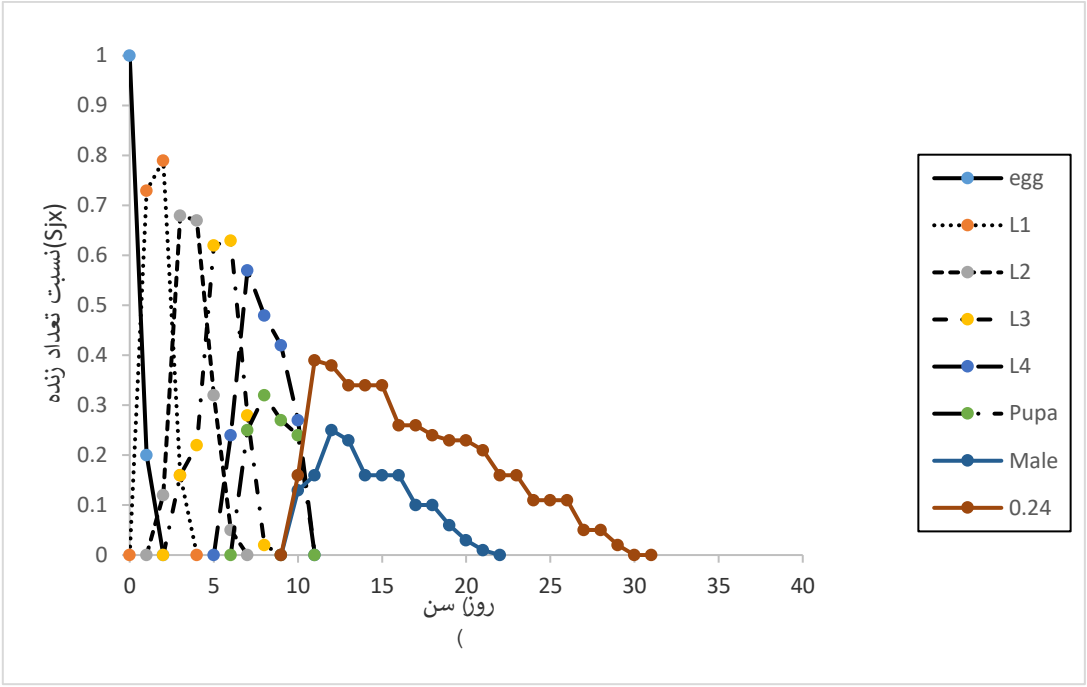
برای r در مطالعه فاضلی-دینان در آب‌های تمیز، نیمه آلوده و آلوده به ترتیب برابر با ۰/۲۵، ۰/۲۳ و ۰/۲۲ می باشد(۱۲).

جدول۳. مطالعه پارامترهای نرخ ذاتی افزایش جمعیت(R)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0) و میانگین طول دوره یک نسل (T) H آنوفل استفنسی بایوتیپ میزورنسیس در آب چهار منطقه ایران

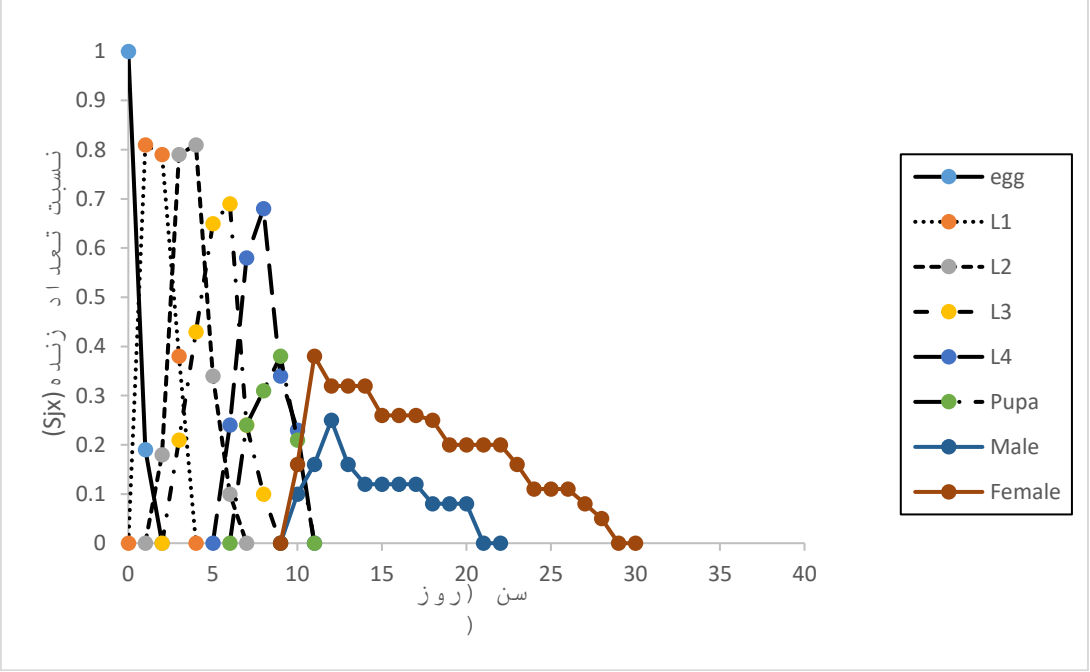
آب	r	λ	R_0	T
جنوب ایران	۰,۲۸ ^{dc}± ۰,۰۰	۱,۳۳ ^{bc}± ۰,۰۱	۱۰۲,۴۴ ^{bc}± ۱۴,۰۶	۱۶,۲۳ ^{abc}± ۰,۱۸
شمال ایران	۰,۲۷ ^{cb}± ۰,۰۰	۱,۳۱ ^{bc}± ۰,۰۱	۹۶,۵۱ ^{bc}± ۲۳,۰۲	۱۵,۳۵ ^{cb}± ۰,۱۷
شرق ایران	۰,۲۹ ^{bc}± ۰,۰۰	۱,۳۴ ^{b}± ۰,۰۱	۱۰۴,۷۶ ^{bc}± ۱۴,۰۶	۱۷,۰۱ ^{a}± ۰,۲۴
غرب ایران	۰,۲۷ ^{de}± ۰,۰۰	۱,۳۰ ^{c}± ۰,۰۲	۹۳,۱۳ ^{bc}± ۵,۲۰	۱۶,۲۳ ^{abc}± ۰,۱۸

نرخ بقای ویژه سن – مرحله آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس در شکل‌های۱ تا ۴ نشان داده شده است. احتمال زنده ماندن هر تخم بارور پشه آنوفل تا سن x و مرحله رشدی j در این شکل نشان داده شده است. که بر این اساس مشخص شد کیفیت آب مناطق مختلف ایران بر نرخ بقای ویژه سن – مرحله بیوتابپ میزورنسیس تاثیر دارد. بیشترین نرخ بقا در آب‌های مناطق جنوب، شمال، شرق و غرب ایران برای مرحله بالغ پشه ماده بیوتایب میزورنسیس به ترتیب ۰/۳۹، ۰/۳۸، ۰/۴۱ و ۰/۳۳ می‌باشد. اما در نرها بیشترین نرخ زنده‌مانی در آب‌های جنوب، شمال، شرق و غرب به ترتیب برابر است با ۰/۲۵، ۰/۲۵، ۰/۲۷ و ۰/۲ می باشد.نتایج نرخ بقای ویژه سن – مرحله نشان داد که بیشترین روز در نسبت تعداد زنده برای ماده‌ها در آب‌های جنوب و شرق به ترتیب ۳۱ و ۳۳روز می‌باشد. در بررسی نمودارهای نرخ زنده مانی مشخص شد که بیشترین میانگین نسبت تعداد زنده مراحل نارس مطابق شکل های ۱ تا ۴ مربوط به آب‌های مناطق شرق و جنوب می باشد. در مطالعه ما نرخ بقای زنده مانی ماده ها بیشتر از نرها بود. در مطالعه‌ای تاثیر کیفیت ۴ منطقه آب ایران بر نرخ بقای سنی در بیوتایپ اینترمدیت آب مناطق جنوب دارای نرخ بقای ویژه سنی بیشتری بود(۱۱).

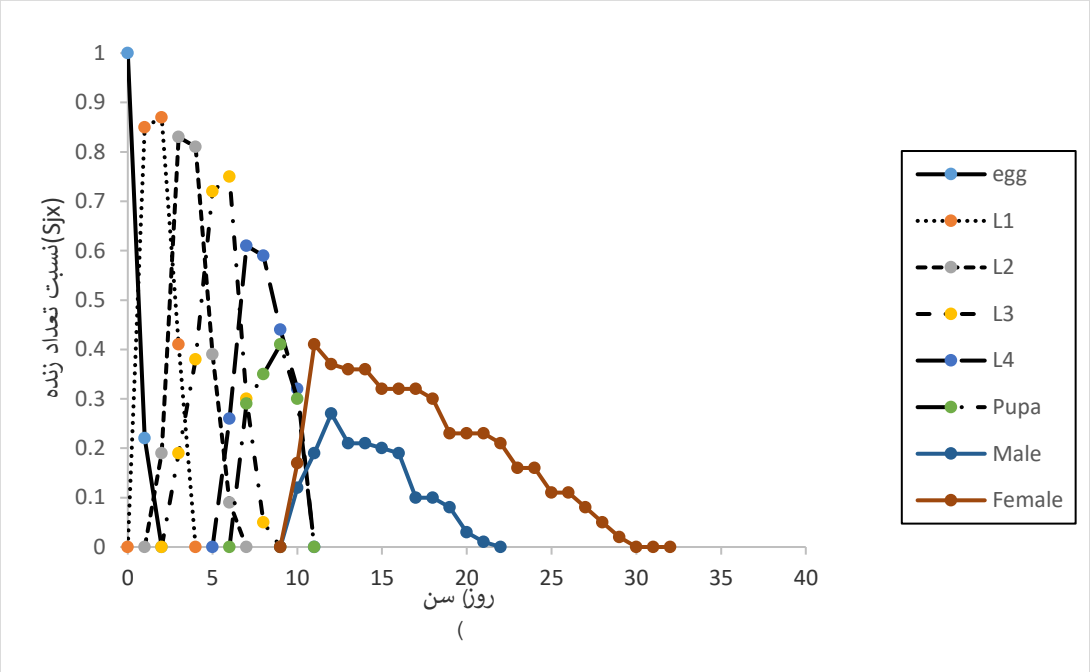
همچنین بیشترین میانگین نسبت تعداد زنده مراحل لاروی مطابق شکل به ترتیب مربوط به آب‌های مناطق شرق و جنوب می‌باشد. در مطالعه ما نرخ بقای زنده مانی ماده‌ها بیشتر از پشه‌های نر آنوفل استفنسی بود که با نتایج مطالعه رضایی و همکاران ۲۰۱۷ و Khanamani et al., 2017 مطابقت داشت. طول دوره‌های نرخ بقا ویژه سن در پشه ماده در تحقیق ما از ۳۲ تا ۳۷ روز متغیر بود. که در مطالعه رضایی و همکاران دامنه طول دوره از ۲۰ تا ۲۴ روز متغیر بود که تفاوت چندانی نشان نمی‌دهد و در مطالعه خانمانی و همکاران ۲۰۱۷ بستگی به رژیم‌های غذایی ۲۰، تا ۱۰۰ روز متغیر بود.



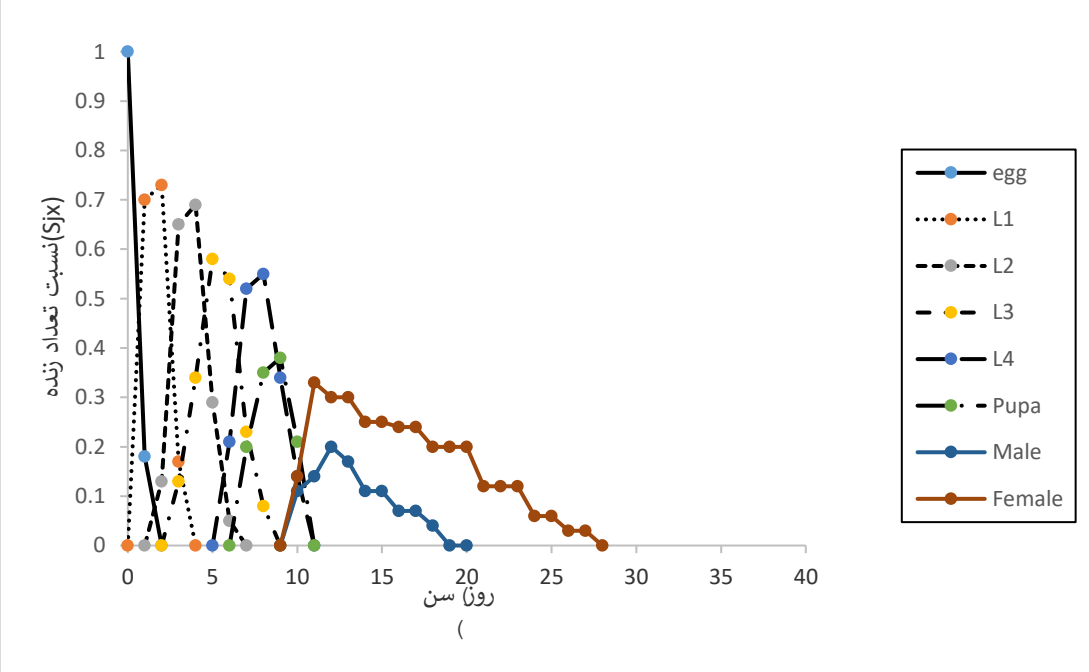
نمودار ۱. نرخ بقای ویژه سنی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزرونسیس در آب منطقه جنوب



نمودار ۲. نرخ بقای ویژه سنی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس در آب منطقه شمال



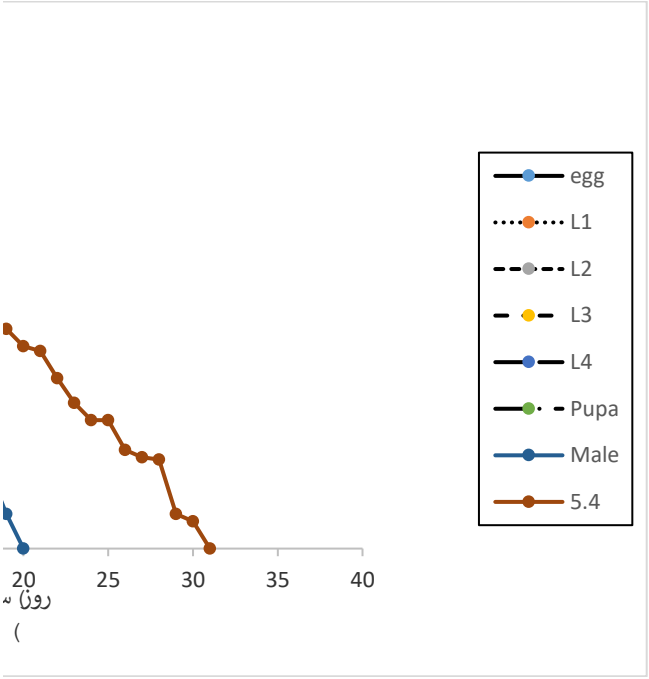
نمودار ۳. نرخ بقای ویژه سنی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزرونسیس در آب منطقه شرق



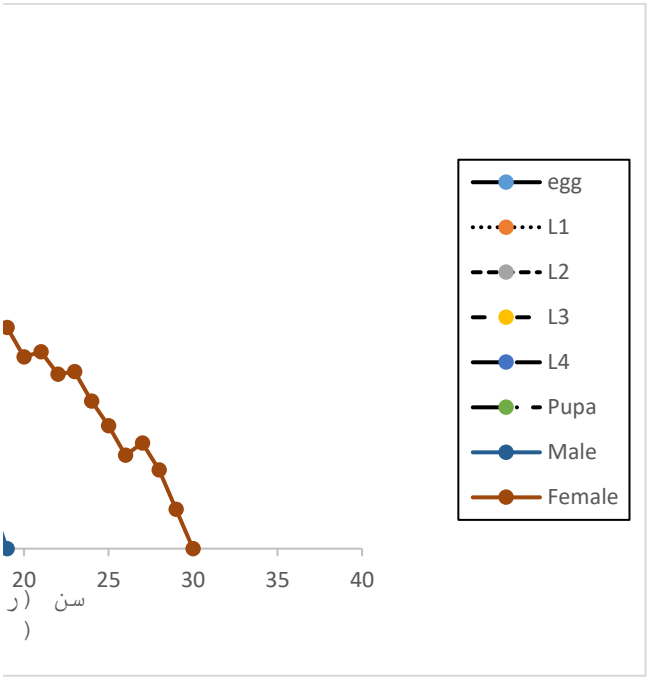
نمودار ٤. نرخ بقای ویژه سنی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزرونسیس در آب منطقه غرب

امید به زندگی گروه‌های سنی پشه آنوفل استفنسی میزورنسیس در آب مناطق شرق بیشتر از آب مناطق جنوب، شمال و غرب بود. امید به زندگی در بیوتایپ میزورنسیس در مراحل لاروی آب‌های مناطق جنوب، شمال، شرق و غرب تقریبا فاقد نوسانات بود و با یک شیب نزولی از مرحله تخم تا شفیرگی کاهشی بود. در تمام آب‌های مناطق ایران مقادیر امید به زندگی نرها کمتر از ماده‌ها بود. بیشترین مقادیر امید به زندگی در گروه سنی ماده‌ها ۱۱، ۱۰/۸، ۱۱/۳ و ۱۰/۴ برای آب‌های مناطق جنوب، شمال، شرق و

غرب به ترتیب ۱۱، ۱۰/۸، ۱۱/۳ و ۱۰/۴ می باشد. کمترین نوسانات مربوط به آب منطقه شرق و بیشترین نوسانات امید به زندگی مربوط به آب مناطق شمال و غرب است. بیشترین اختلاف زمانی در امید به زندگی نرها و ماده ها مربوط به آب مناطق جنوب و شرق و کمترین اختلاف زمانی مربوط به آب مناطق غرب است

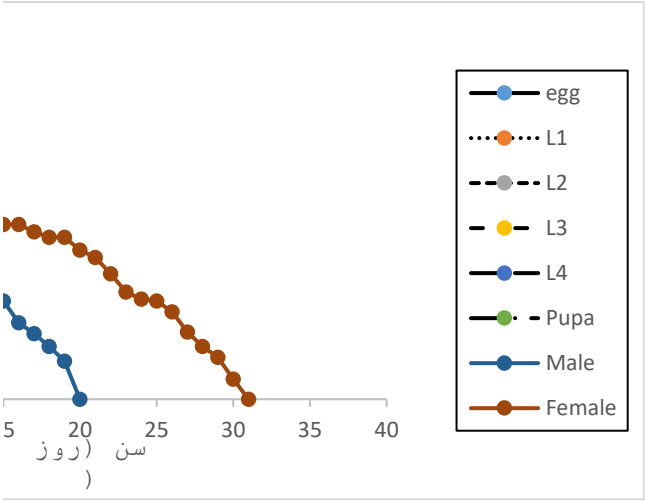


نمودار ۵. نرخ امید به زندگی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس در آب منطقه جنوب

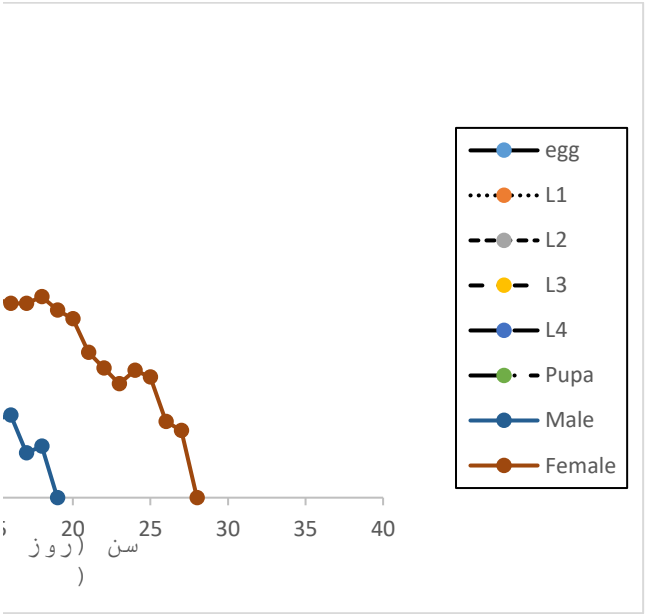


که امید به زندگی نر و ماده در اب این مناطق کوتاه‌تر از آب سایر مناطق بود.بیشترین مقادیرامید به زندگی در گروه سنی نرها برای آب های مناطق شرق، جنوب، شمال و غرب به ترتیب ۶/۴، ۶/۲، ۵/۹ و ۵/۴ است.

نمودار۶. نرخ امید به زندگی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس در آب منطقه شمال



نمودار۷. نرخ امید به زندگی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس در آب منطقه شرق



نمودار۸. نرخ امید به زندگی آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس در آب منطقه غرب

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که کیفیت آب مناطق مختلف ایران تأثیر معناداری بر فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی پشه آنوفل استفنسی بیوتایپ میزورنسیس دارد. به‌طوری‌که پشه‌های پرورش‌یافته در آب مناطق شرق و جنوب ایران (چاه نیمه‌های سیستان و بلوچستان و رودخانه میناب) با داشتن کوتاه‌ترین طول دوره‌های رشدی مراحل نارس (لارو سن ۱، ۲ و ۳ و شفیرگی) و بالاترین مقادیر نرخ خالص تولیدمثل (R_0) به ترتیب ۱۰۴ و ۱۰۲ و نرخ ذاتی افزایش جمعیت، از سازگاری و باروری بیشتری نسبت به آب مناطق شمال و غرب برخوردار بودند. همچنین، بررسی نرخ بقای ویژه سن نشان داد که بیشترین نرخ زنده‌مانی در مرحله بالغ برای پشه‌های ماده در آب منطقه شرق و برای پشه‌های نر نیز در همین منطقه مشاهده شد. این یافته‌ها با مطالعات پیشین مبنی بر تأثیر خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب بر طول دوره‌های رشدی و بقای آنوفل‌ها همسو است (۱۱، ۱۲) و نشان می‌دهد که آب‌های مناطق شرقی و جنوبی ایران محیط مساعدی برای تکثیر و افزایش جمعیت این بیوتایپ فراهم می‌کنند؛ موضوعی که می‌تواند در برنامه‌های مدیریت و کنترل ناقلان مالاریا در این مناطق حائز اهمیت باشد.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه می‌توان اینگونه بیان کرد که کیفیت آب هر منطقه بر دینامیسم جمعیت پشه‌های ناقل بیماری‌زا موثر است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب می‌توان به دوام و پایداری جمعیت مراحل لاروی موثر باشد. آب‌های با آلودگی بالا باعث کاهش جمعیت مراحل لارو آنوفل اسفنسی می‌شود. بخش مهم زیست آنوفل ناقلین در آب می‌باشد و آب-های سطحی و باران در صورت عدم پایش توسط شبکه‌های بهداشتی می‌تواند به عنوان تهدید بهداشتی قلمداد شود. بخشی از الگوی مدیریت ناقلین بیماری‌زا در مدیریت جمعیت در شرایط آب و هوایی هر منطقه است. در این مطالعه مشخص شد که بیوتایپ‌های هر منطقه قدرت سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی و آب و هوایی هر منطقه دارد. پیشنهاد می‌شود با توجه به اهمیت آب در افزایش یا کاهش جمعیت آنوفل استفنسی پایش برنامه-ریزی شده در هر منطقه انجام شود تا مشکلات بیماری‌های ناقل زاد به حداقل برسد.

References

1. Gh HE. Malaria in Iran: Past and Present Situation. Iranian Journal of Parasitology. 1970;1(1).
2. Dagen M. History of malaria and its treatment. Antimalarial agents: Elsevier; 2020. p. 1-48.
3. Oladipo HJ, Tajudeen YA, Oladunjoye IO, Yusuff SI, Yusuf RO, Oluwaseyi EM, et al. Increasing challenges of malaria control in sub-Saharan Africa: Priorities for public health research and policymakers. Annals of Medicine and Surgery. 2022;81:104366.
4. Organization WH. World malaria report 2023: World Health Organization; 2023.
5. Faulde MK, Rueda LM, Khaireh BA. First record of the Asian malaria vector Anopheles stephensi and its possible role in the resurgence of malaria in Djibouti, Horn of Africa. Acta tropica. 2014;139:39-43.
6. Carter TE, Yared S, Gebresilassie A, Bonnell V, Damodaran L, Lopez K, et al. First detection of Anopheles stephensi Liston, 1901 (Diptera: culicidae) in Ethiopia using molecular and morphological approaches. Acta tropica. 2018;188:180-6.
7. Ahmed A, Khogali R, Elnour M-AB, Nakao R ,Salim B. Emergence of the invasive malaria vector Anopheles stephensi in Khartoum State, Central Sudan. Parasites & vectors. 2021;14:1-5.
8. Tyagi V, Dhiman S, Sharma AK, Srivastava AR, Rabha B, Sukumaran D, et al. Morphometric and morphological appraisal of the eggs of Anopheles stephensi (Diptera: Culicidae) from India. Journal of Vector Borne Diseases. 2017;54(2):151-6.
9. Singh H, Mukesh K. Role of Life Table in Insect Pest Management. 2022.
10. Nikookar SH, Fazeli-Dinan M, Azari-Hamidian S, Mousavinasab SN, Arabi M, Ziapour SP, et al. Species composition and abundance of mosquito larvae in relation with their habitat characteristics in Mazandaran Province, northern Iran. Bull Entomol Res. 2017;107(5):598-610.

11. Shabanipoor M, Kamali M, Raz A, Sharakhov I. Life table parameters of Anopheles stephensi intermediate biotype in the water of four regions of Iran. Pathobiology Research. 2024;27(4):59-68.
12. Fazeli-Dinan M, Azarnoosh M, Özgökçe MS, Chi H, Hosseini-Vasoukolaei N, Haghi FM, et al. Global water quality changes posing threat of increasing infectious diseases, a case study on malaria vector Anopheles stephensi coping with the water pollutants using age-stage, two-sex life table method. Malaria Journal. 2022;21(1):178.
13. Chua TH, Manin BO, Fornace K. Life table analysis of Anopheles balabacensis, the primary vector of Plasmodium knowlesi in Sabah, Malaysia. Parasites & Vectors. 2022;15(1):442.
14. Jude J, Gunathilaka N, Udayanaga L, Fernando D, Premarathne P, Wickremasinghe R, et al. Biology, bionomics and life-table studies of Anopheles stephensi (Diptera: Culicidae) in Sri Lanka and estimating the vectorial potential using mathematical approximations. Parasitology International. 2023;93:102715.
15. Olayemi IK, Ande AT. Life table analysis of Anopheles gambiae (diptera: culicidae) in relation to malaria transmission. J Vector Borne Dis. 2009;46(4):295-8.
16. Wang X, Zhou G, Zhong D, Wang X, Wang Y, Yang Z, et al. Life-table studies revealed significant effects of deforestation on the development and survivorship of Anopheles minimus larvae. Parasites & Vectors. 2016;9(1):323.
17. Gh R. Insect ecology applied and considering the conditions of Iran. Second ed. revised, editor. Tehran: Agriculture extension, Education and Research Organization; 2008.

Original Article

Study of Biological Parameters of *Anopheles stephensi* Biotype mysorensis in Four Water Qualities Across Different Regions of Iran

Received: 25/04/2025 - Accepted: 20/07/2025

Mehdi Shabanipoor [1]
Maryam Kamali [1]
Abbasali Raz [2]
Igor Sharakhov [3, 4]

[1] *Department of Medical Entomology, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.*
[2] *Malaria and Vector Research Group, Biotechnology Research Center, Pasteur Institute of Iran, Tehran, Iran*
[3] *Department of Entomology, the Fralin Life Sciences Institute, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA,USA*
[4] *Department of Genetics and Cell Biology and the Laboratory of Ecology, Genetics and Environmental Protection, Tomsk State University, Tomsk, Russia*

Email: kamali@modares.ac.ir

Abstract

Introduction
Malaria is one of the oldest parasitic diseases in Iran. Among malaria vector mosquitoes, *Anopheles stephensi* is a major human malaria vector across the Middle East and South Asia, including the Indian subcontinent and Pakistan, extending westward through Iran and Iraq to the Middle East and Arabian Peninsula. Recently, this species has spread to parts of Africa, raising concerns about increased malaria transmission in new areas. *Anopheles stephensi* exists as intermediate, type, and mysorensis biotypes.

Methods
This study aimed to evaluate the biological parameters of *Anopheles stephensi* biotype mysorensis in water from Chah-Nimeh reservoirs (Sistan and Baluchistan), Karun River (Khuzestan), Aliabad Waterfall (Golestan), and Minab River (Hormozgan) at the National Insectarium of Iran, Pasteur Institute. Mosquitoes were reared under controlled conditions (27±2°C, 75±5% relative humidity, 12:12 light-dark cycle). Key life table parameters—finite population growth rate, mean generation time, net reproduction rate, eggs laid, mortality rates, sex ratio, and egg hatching rates—were analyzed.

Results
Results showed that the mysorensis biotype exhibited the highest values of R, λ, R0, and T in eastern and southern waters of Iran, with greater adaptation to eastern water quality. Generation time ranged from 14.64 to 17.01 days. The highest net reproduction rate (R0) was observed in eastern (104) and southern (102.44) regions. Female adult survival rates in southern, northern, eastern, and western waters were 0.39, 0.38, 0.41, and 0.33, respectively, while male survival rates were 0.25, 0.25, 0.27, and 0.2.

Conclusion
Anopheles stephensi biotype mysorensis showed the highest adaptability to eastern Iran's water compared to other regions.

Keywords: *Anopheles stephensi*, Mysorensis biotype, Biological parameters
Acknowledgement: There is no conflict of interest