



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 13, Issue 2, No.47, Summer 2021, P:2

Received: 18/02/2021 Accepted: 08/06/2021

Comparing Wing Shape and Size in Andromorph and Gynomorph Females with Males of *Calopteryx Intermedia* Using Geometric Morphometrics

Fatemeh Dorsetan

MSc, Department of Biology, Faculty of Science, Shiraz University, Shiraz, Iran

fatemehdorsetan@yahoo.com

Yaser Bakhshi

Ph. D. Student, Department of Biology, Faculty of Science, Shiraz University, Shiraz, Iran

bakhshiyaser@gmail.com

Saber Sadeghi *

Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Shiraz University, Shiraz, Iran

ssadeghi@shirazu.ac.ir

Abstract

Female polymorphism is visible in some populations of Odonata species for unknown reasons. Andromorph is one of the female forms which is more or less similar to males. Andromorph females show similar color patterns and even some structural and behavioral similarities to the conspecific males, whereas gynochrome females exhibit different features than males. One reason for the existence and survival of this phenomenon in the odonates is the avoidance of male harassment toward females during the breeding season. Males and females of *Calopteryx intermedia* have sexual dimorphism in the wing shape, which leads to differences in flight dynamic models of the two sexes. Therefore, the decrease of harassment of females by males needs mimicry of male's flight dynamic, however, this could be possible with the same wing shape as males and not for gynomorph females. The results of the present study revealed that the shape of fore and hindwing of andromorph females, as opposed to gynomorph females, were significantly different from males. As a result, it seems that andromorph females are not able to mimic the males' flight and it seems that the andromorph females with a wing spot, approximately the same as that of conspecific males, cannot mislead the males. Thus, we have to seek other places for their existential reason(s) and survival.

Key words: Morphometry, Damselfly, Calopterygidae, Wing Shape.

*Corresponding author

Dorsetan, F., Bakhshi, Y., Sadeghi, S. (2021). A Comparison of Wing Shape and Size in Andromorph and Gynomorph Females with Males of *Calopteryx Intermedia* Using Geometric Morphometrics. *Taxonomy and Biosystematics*, 13(2), 15-28.



2322-2190 / © 2021 The Authors. Published by University of Isfahan

This is an open access article under the BY-NC-ND/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<http://dx.doi.org/10.22108/tbj.2021.127392.1154>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1400.13.47.2.8>

مقایسه قالب و اندازه بال در ماده‌های آندرومورف، جینومورف و جنس نر سنجاقک *Calopteryx intermedia* با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی

فاطمه درستان، کارشناسی ارشد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

fatemehdorsetan@yahoo.com

یاسر بخشی، دانشجوی دکتری گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

bakhshiyaser@gmail.com

صابر صادقی*، دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

ssadeghi@shirazu.ac.ir

چکیده

در برخی گونه‌های طیاره‌مانندها چندشکلی جنس ماده به صورت حضور دو یا چند فرم ریختی ماده در یک جمعیت وجود دارد که علت آن هنوز به طور کامل روشن نیست. به طور کلی، یکی از این فرم‌ها که آندرومورف (andromorph) نامیده می‌شود، از نظر ریختی تا حدودی شبیه به نر است؛ یعنی از نظر الگوهای رنگ و گاهی حتی از برخی جنبه‌های ساختاری یا رفتاری به جنس نر شباهت دارد؛ در حالی که فرم ریختی دیگر ماده که جینومورف (gynomorph) نامیده می‌شود، از نظر ریختی با نر تفاوت دارد. براساس یافته‌ها، یک دلیل برای گسترش و ماندگاری این پدیده در طیاره‌مانندها به طور احتمالی کاهش آزار و اذیت ماده‌ها از سوی نرها در فصل زایش است. در گونه سنجاقک *Calopteryx intermedia* Selys, 1887، در لکه بالی نرها و ماده‌های آندرومورف شباهت رنگی وجود دارد؛ اما فرم‌های نر و ماده جینومورف در این گونه از نظر قالب بال دارای دوشکلی جنسی‌اند و این تفاوت در قالب بال، باعث فرم پرواز متفاوت در نرها و ماده‌ها می‌شود؛ بنابراین برای کاهش آزار ماده‌ها از سوی نرها لازم است آنها دینامیک پرواز نرها را هم تقلید کنند؛ اما این امر با وجود قالب بالی مشابه با نرها ممکن می‌شود. در این مطالعه، علاوه بر شباهت رنگی لکه بالی نرها و ماده‌های آندرومورف، شباهت اندازه و قالب بال آنها به یکدیگر نیز بررسی شد؛ بدین منظور تعدادی از نرها و دو فرم ریختی ماده‌های این گونه، از اطراف رودخانه دالکی در نزدیکی شیراز جمع‌آوری و به کمک روش ریخت‌سنجی هندسی با یکدیگر مقایسه شد. نتایج این مطالعه نشان داد جنس نر از نظر اندازه و قالب بال‌های جلو و عقب با هر دو فرم ریختی جنس ماده تفاوت معنی‌دار دارد؛ اما اختلافی از این نظر بین

*مسئول مکاتبات

درستان، فاطمه، بخشی، یاسر، صادقی، صابر. (۱۴۰۰). مقایسه قالب و اندازه بال در ماده‌های آندرومورف، جینومورف و جنس نر سنجاقک *Calopteryx*

intermedia با استفاده از ریخت‌سنجی هندسی. تاکسونومی و بیوسیستماتیک ۱۳ (۴۷)، ۱۵-۲۸.



دو فرم ماده وجود ندارد؛ بنابراین به طور احتمالی ماده آندرومورف نمی تواند فرم پرواز جنس نر را تقلید کند و به نظر می رسد آندرومورف ها که لکه بالی تیره رنگ شبیه به نرها دارند، به طور احتمالی نمی توانند سبب گمراه شدن نرها شوند و به طور احتمالی دلیل دیگری سبب وجود و بقای ماده های آندرومورف شده است.

واژه های کلیدی: ریخت سنجی، سنجاقک، کالوپتریجیده، قالب بال.

مقدمه

چندشکلی ریختی که گاهی چندرنگی نیز نامیده شده، در طیاره ماندها محدود به جنس ماده است (Corbet, 1999) و به وضعیتی گفته می شود که دو یا چند فرم ریختی از ماده ها در یک زمان و در یک جمعیت مشخص مشاهده می شود (Van Gossum et al., 2008). این وضعیت در گروه های مختلفی از جانوران از جمله پرندگان (Roulin et al., 2003) و پروانه ها (Herrell and Hazel, 1995; Nielsen and Watt, 2000) نیز گزارش شده است و به طور معمول با استراتژی های مختلف تولید مثلی شامل ویژگی های رفتاری، ریخت شناختی و فیزیولوژیکی در ارتباط است (Corbet, 1999; Sherratt, 2001; Hammers and Van Gossum, 2008). در طیاره ماندها این نوع چندشکلی محدود به جنس ماده است که هم در زیراسته سنجاقک ها (Corbet, 1999; Prasad et al., 2013) و هم در زیراسته آسیابک ها (Andrés and Cordero, 1999; Andrés and Cordero Rivera, 2001; Sirot et al., 2003; Fincke et al., 2005) مشاهده شده است. به طور معمول در طیاره ماندها یکی از ریخت های ماده که از نظر رنگ بندی بدن (Cordero and Andrés, 1996) یا سایر ویژگی ها (Bots et al., 2009) به نر شباهت دارد، آندرومورف (آندروکروم) نامیده می شود؛ در حالی که ریخت یا ریخت های دیگر ماده از همان گونه یا زیرگونه که با نرها متفاوت هستند، جینومورف (جینوکروم) نامیده می شود. مکانیسم های تکاملی که سبب به وجود آمدن و حفظ

چنین چندشکلی هایی در طیاره ماندها شده، هنوز ناشناخته باقی مانده است؛ اگرچه فرضیه هایی درباره وجود و ماندگاری این پدیده در طی نسل ها ارائه شده است؛ برای مثال فرضیه تقلید از نر (male-mimicry hypothesis) پیشنهاد می کند که ماده های آندرومورف توسط نرها به راحتی در جایگاه جنس ماده شناسایی نمی شوند و به این ترتیب ماده های آندرومورف با مزاحمت و آزار کمتری از طرف نرها مواجه می شوند و از جفت گیری های مکرر نیز در امان می مانند (Johnson, 1975; Robertson, 1985; Cordero et al., 1998; Sherratt, 2001; Van Gossum et al., 2010)؛ همچنین فرضیه دیگری با نام یادگیری تشخیص جفت (learned mate recognition) وجود دارد که بیان می کند وجود ریخت های مختلف ماده، بدون در نظر گرفتن تقلید از نر در برخی از آنها، سبب می شود نرها به طور معمول ماده هایی که شکل معمول ماده و ظاهر متفاوتی نسبت به نرها دارند را بیشتر ترجیح بدهند و این امر هم به هر حال موجب کاهش آزار ماده هایی که دارای شکل غیر معمول اند، از سوی نرها می شود (Miller and Fincke, 1999; Van Gossum et al., 2013). نتایج پژوهش Cordero (۱۹۹۲) روی دو جمعیت طبیعی *Ischnura graellsii* Rambur, 1842 با تراکم های مختلف در گالیسیا (شمال غرب اسپانیا) نشان داد در تراکم های زیاد موفقیت تولید مثلی آندروکروم ها و جینومورف ها یکسان بود؛ اما در تراکم کم نسبت

آندرومورف‌هایی که جفت‌گیری نکرده بودند به جینومورف‌هایی با وضعیت مشابه بیشتر بود.

هدف از انجام پژوهش حاضر جستجو برای یافتن پاسخ این پرسش بود که آیا این اختلاف رنگ بال بین ماده‌های آندرومورف و جینومورف در قالب بال آنها نیز مشاهده می‌شود؛ به عبارت دیگر آیا شباهت ظاهری بال ماده آندروکروم و بال نر در قالب هندسی بال آنها نیز مشخص است یا خیر و اینکه آیا اختلاف ظاهری رنگ بال بین ماده‌های جینومورف و آندرومورف، در قالب هندسی بال آنها نیز بروز دارد و ممکن است ملاکی برای فریب نرها باشد؛ بنابراین فرضیه ما در اینجا این است که شباهت ظاهری رنگ بال بین ماده‌های آندرومورف و نرها، در انتخاب ماده‌ها توسط نرها تأثیری ندارد؛ زیرا اختلاف قالب بال نرها و ماده‌ها به‌طور کامل آشکار است و اختلافی از این نظر بین هر دو فرم ماده‌ها وجود ندارد.

مواد و روش‌ها

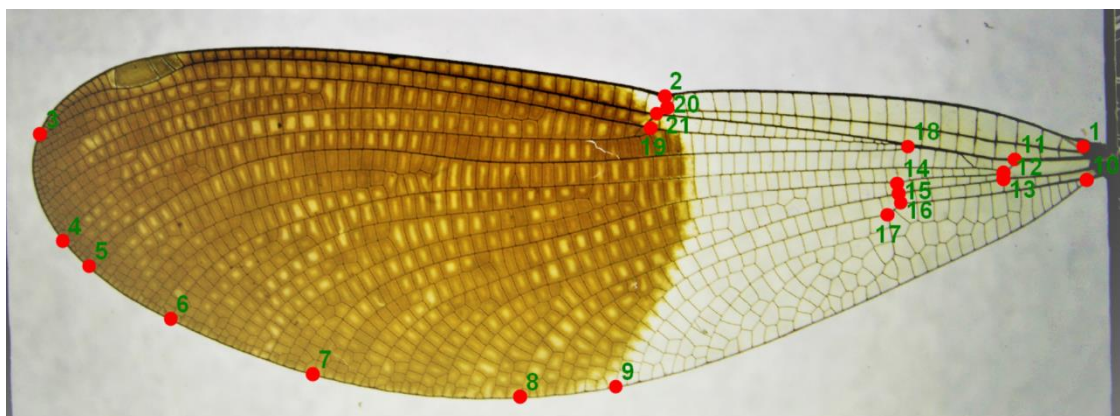
جمع‌آوری نمونه‌ها و تهیه عکس از بال‌ها

در این پژوهش، تعداد ۳۵ نمونه نر، ۳۵ نمونه ماده آندرومورف و ۳۵ نمونه ماده جینومورف از سنجاقک گونه *Calopteryx intermedia* Selys, 1887 از خانواده Calopterygidae به کمک تور پروانه‌گیری در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۶ از اطراف رودخانه دالکی منطقه کوهمره سرخی ($29^{\circ}29'37.8''N$, $52^{\circ}10'54.8''E$) در ۴۵ کیلومتری جنوب شهر شیراز جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده سالم، جدا شد؛ سپس در اتانول ۷۰ درصد نگهداری و به

آزمایشگاه حشره‌شناسی بخش زیست‌شناسی دانشگاه شیراز منتقل شد. بقیه نمونه‌ها در محیط رهاسازی شد. در آزمایشگاه پس از تمیز کردن نمونه‌ها و جداسازی و تعویض الکل آنها، بال‌های عقب و جلوی سمت چپ نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به‌دقت از ناحیه متصل به بدن جدا شد تا در مرحله بعد به کمک دوربین عکاسی (مدل Canon 7D) از آنها تصویرهای واضح با کیفیت dpi 400 تهیه شود.

مطالعه ریخت‌سنجی هندسی

روی تصاویر بال‌های جلویی و عقبی سمت چپ نمونه‌های مطالعه‌شده به کمک نرم‌افزار (Rohlf, 2010) TpsDig2 نقاط راهنما (landmarks) قرار داده شد و تعداد ۱۹ نقطه هم‌ساخت در هر بال که تشخیص آنها به آسانی میسر باشد، محل نقاط راهنما تعیین شد. مختصات این نقاط راهنما به وسیله نرم‌افزار tpsUtil به صورت لیست، ذخیره و برای انجام تجزیه و تحلیل‌های ریخت‌سنجی هندسی (Adams et al., 1993; Bookstein, 1997; Rohlf, and Slice, 2004) استفاده شد. قراردادن نقاط راهنما توسط یک نفر و به صورت پیوسته انجام شد تا خطای نقطه‌گذاری به حداقل برسد. تخمین مقدار خطای نقاط راهنما (Digitizing error) با استفاده از پروتکل دکتر Adriaens (دانشگاه گنت، کشور بلژیک) و اطلاعات به‌دست‌آمده از نرم‌افزار tpsSmall32 محاسبه و تعیین شد.



شکل ۱- بال عقب ماده جینوکروم و ۱۹ نقطه راهنمای قرارداده شده روی بال به کمک نرم افزار TpsDig از سنجافک گونه *Calopteryx intermedia* Selys, 1887 (Calopterygidae)

تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای تعیین مهم‌ترین مؤلفه‌های تفکیک‌کننده جمعیت‌ها، تحلیل واریانس چندمتغیره کانونی (CVA) که نوعی تحلیل تمایزی (discriminant analysis) محسوب می‌شود، به منظور مطالعه حداکثر جدایی بین جمعیت‌ها و تحلیل خوشه‌ای (Cluster analysis) برای گروه‌بندی داده‌ها به کمک نرم افزار آماری PAST انجام شد.

بررسی اندازه نسبی بال‌ها با توجه به مقدار Centroid size در نرم افزار (Rohlf, 2010) tpsRelw و محاسبه و به کمک نرم افزار SPSS (version 22) و ANOVA ارزیابی و تحلیل آماری شد. برای تفکیک گروه‌هایی که تفاوت میانگین برای آنها معنی‌دار شده بود، از تست دانکن در هر سه گروه مطالعه شده استفاده شد.

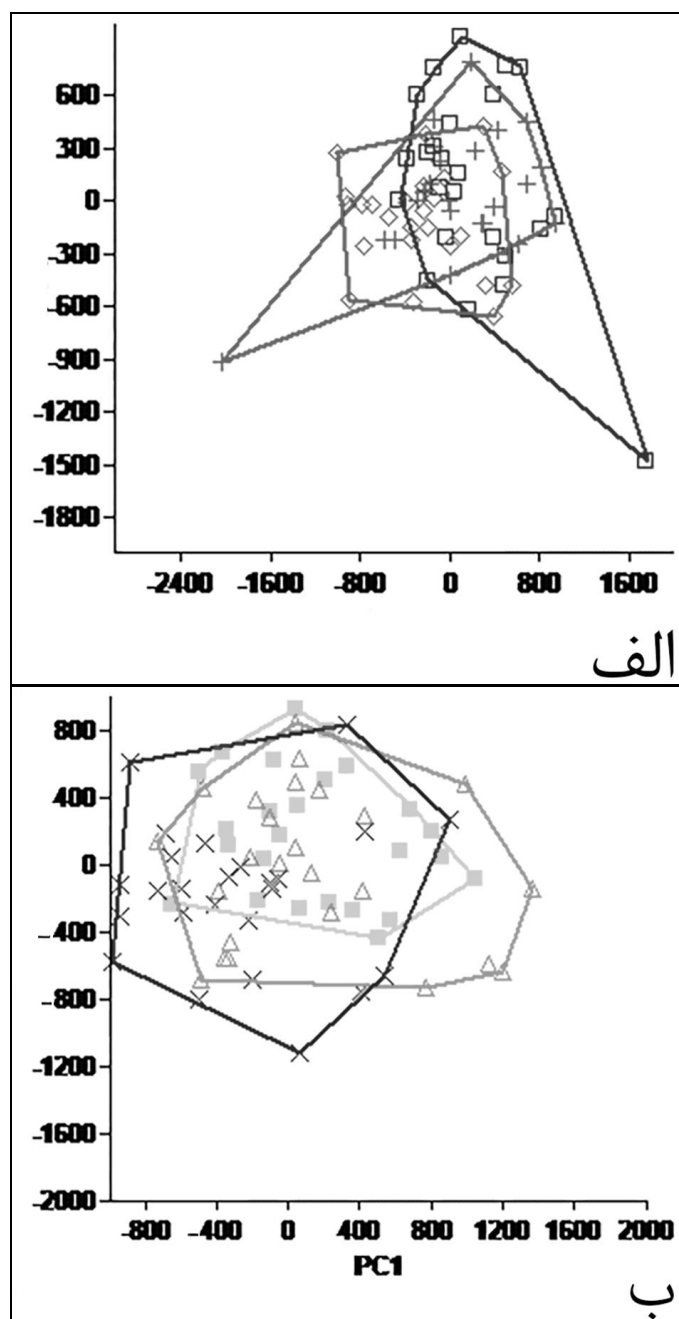
نتایج

تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

پس از تفکیک داده‌های مختصاتی مربوط به قالب بال به دو بخش بال جلو و بال عقب در هریک از گروه‌های مطالعه شده، به دنبال انطباق دادن تصاویر بر

همدیگر (superimposition) با حذف ویژگی‌های ناشی از اندازه، چرخش و گردش آنها، ابتدا داده‌ها با استفاده از تحلیل پروکروستس عمومی (GPA) تجزیه و تحلیل شد؛ سپس تغییرات داده‌ها در قالب بال از طریق معمول‌ترین روش رج‌بندی (Ordination)، یعنی تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل شد که توزیع نمونه‌ها را در طول هریک از بردارهای ویژه یا همان محورهای مؤلفه‌های اصلی خلاصه می‌کند (شکل ۲). سه مؤلفه اول، عوامل اصلی تفکیک‌کننده جمعیت‌ها معرفی شد و در مجموع بیش از ۷۵ درصد واریانس را به خود اختصاص داد. نحوه توزیع داده‌های مربوط به جمعیت‌های مطالعه شده در راستای دو محور متعامد PC1 و PC2 برای بال‌های جلو و عقب در شکل ۲ آورده شده است. براساس نتایج آزمون PCA، جمعیت‌ها دارای هم‌پوشانی بسیاری هستند؛ یعنی واریانس داده‌ها یا به عبارت دیگر عامل تغییر عمده قالب بال (major shape variation) در هر سه جمعیت کم‌وبیش مشابه نشان داده شده است. در بررسی تغییرات الگوی قالب بال در جمعیت‌های مطالعه شده، مطابق شکل ۲، قالب بال‌های جلویی و عقبی جمعیت

ماده‌های آندرومورف و نرها از جمعیت ماده‌های جینومورف در قسمت منفی محورهای PC1 و PC2 جدا شده است؛ به علاوه در این فضا (shape space) جمعیت نرها نسبت به هر دو محور PC1 و PC2 نشان داده شده است.



شکل ۲- نمودار تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) مربوط به قالب بال جلویی سمت چپ (الف) در سه گروه ماده‌های آندرومورف (+)، ماده‌های جینومورف (Δ) و نرها (□) و بال عقبی سمت چپ (ب) در سه گروه ماده‌های آندرومورف (■)، ماده‌های جینومورف (x) و نرها (Δ) در گونه *C. intermedia*.

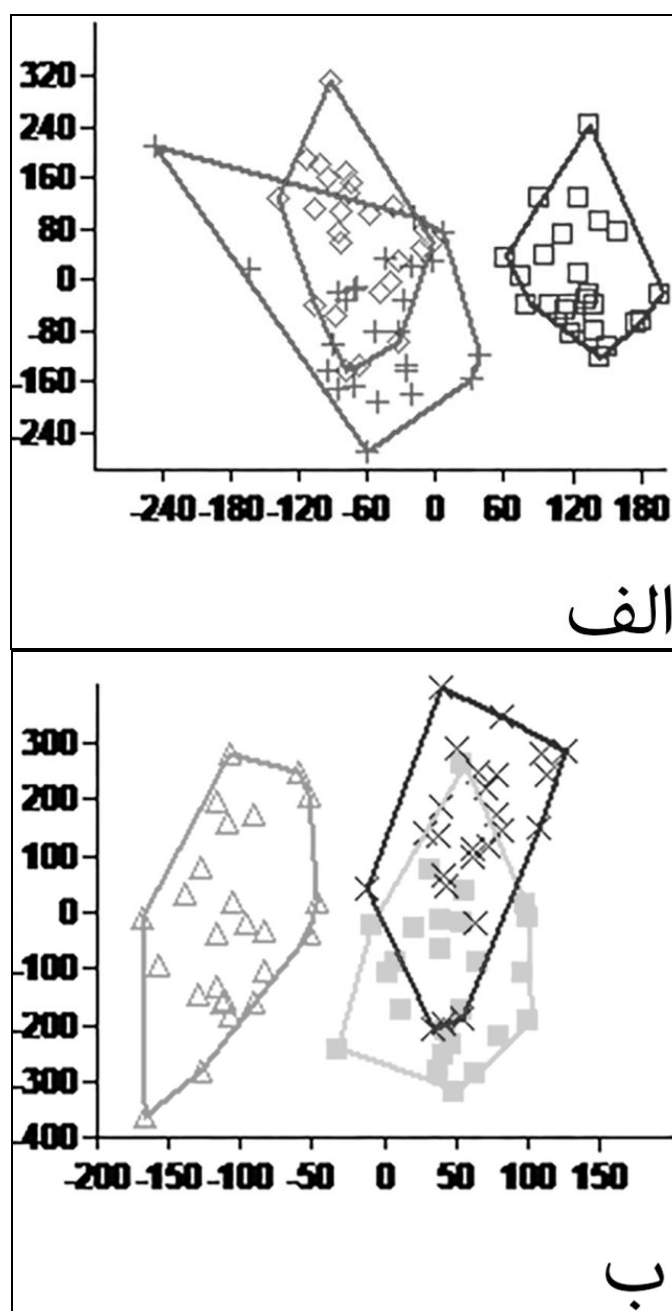
نتایج تحلیل متغیرهای متعارف (CVA)

این نوع تحلیل تمایزی (discriminant analysis)، به‌طور بارزی تاکسون‌ها را با استفاده از فاصله بین آنها به کمک واریانس درون گروهی جدا می‌کند؛ بنابراین داده‌های مختصاتی مربوط به قالب بال در هر یک از گروه‌های ماده‌های آندرومورف، ماده‌های جینومورف و نرها به دو بخش بال جلو و بال عقب تفکیک شد؛ سپس داده‌های این شش گروه به‌صورت جداگانه به تفکیک بال جلو و عقب تحلیل شد. آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره (MANOVA) برای تعیین معنی‌دار بودن آماری اختلاف‌های قالب بال (wing

shape) در بین گروه‌ها استفاده شد. در این آزمون، مقادیر Wilks' lambda، $F=13.58$ و $P=0.0001$ را نشان داد و مقایسه دویه‌دوی مؤلفه‌ها توسط آزمون Hotelling's pairwise در نرم‌افزار PAST انجام شد (جدول ۱). با توجه به سطح معنی‌داری $P<0.05$ ، نتایج حاصل از آزمون Hotelling's pairwise، اختلاف قالب بال‌های جلو و عقب ماده‌های آندرومورف و جینومورف با نرها را معنی‌دار نشان داد؛ اما بین دو گروه ماده‌های آندرومورف با ماده‌های جینومورف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۱- مقایسه دویه‌دوی نتایج حاصل از آزمون Hotelling's pairwise برای بال‌های عقب (h) و جلوی (f) سمت چپ در سه گروه ماده‌های آندرومورف (A)، ماده‌های جینومورف (G) و نرها (M) برای سنجاقک *Calopteryx intermedia*.

	A1f	A1h	M1f	M1h	1f
A1h	P<0.001				
M1f	P<0.001	P<0.001			
M1h	P<0.001	P<0.001	P<0.001		
G1f	P>0.05	P<0.001	P<0.001	P<0.001	
G1h	P<0.001	P>0.05	P<0.001	P<0.001	P<0.001



شکل ۳- نمودار تحلیل متغیرهای متعارف (CVA) مربوط به قالب بال جلو (الف) در سه گروه ماده‌های آندرومورف (+)، ماده‌های جینومورف (◇) و نرها (□) و بال عقب (ب) سمت چپ در سه گروه ماده‌های آندرومورف (■)، ماده‌های جینومورف (×) و نرها (Δ) در گونه C. intermedia.

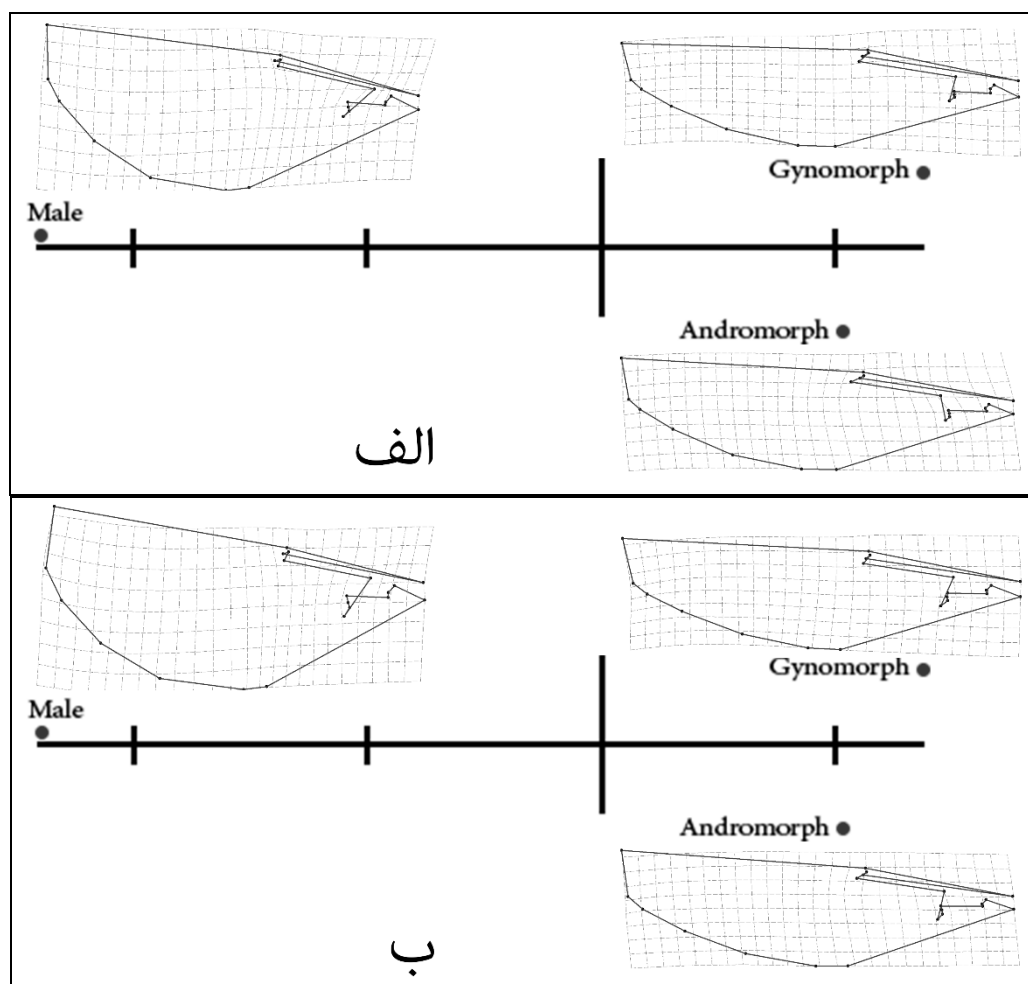
استفاده از نرم‌افزار (tpsRelw v1.6 (Rohlf, 2008) محاسبه و نمودار رج‌بندی (Relative warp ordination plot) رسم شد (شکل ۴). به منظور تحلیل خوشه‌ای (Cluster analysis) آنها، داده‌های هر سه

نتایج رج‌بندی و تحلیل خوشه‌ای

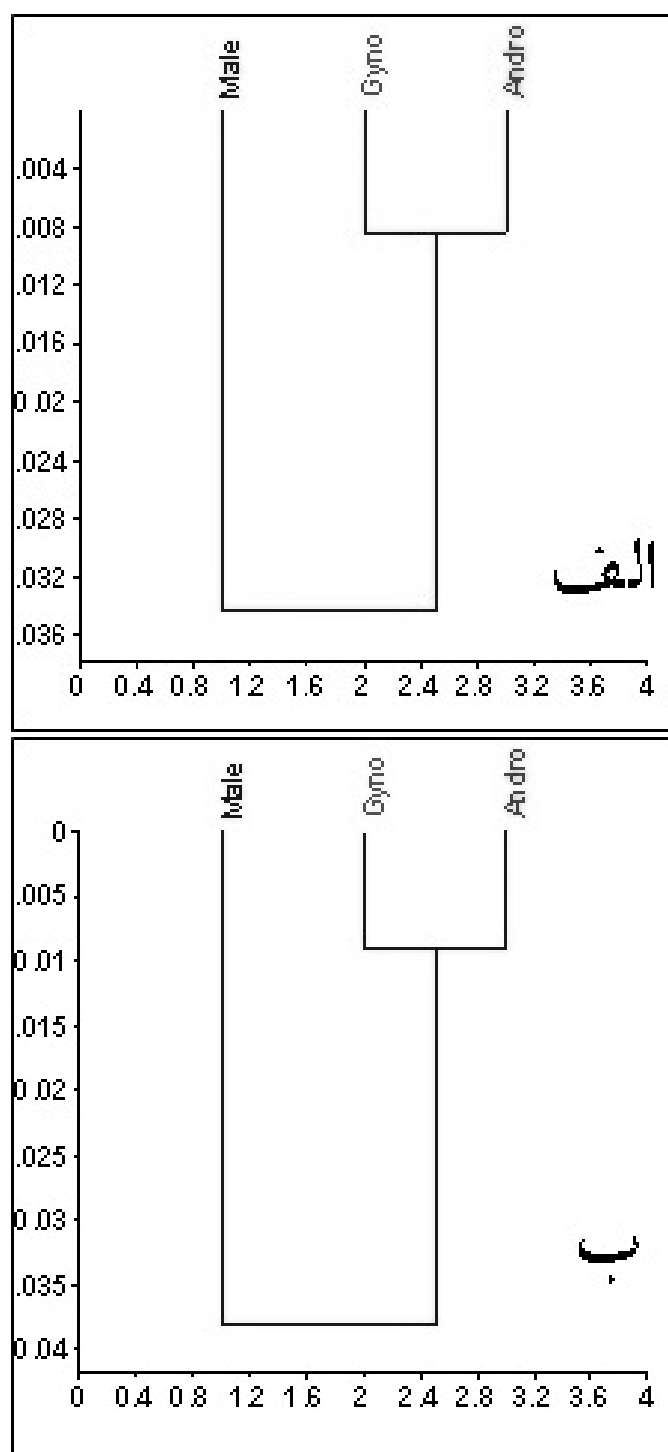
میانگین داده‌های قالب بال یا به اصطلاح اجماع (Consensus) داده‌های حاصل از قراردادن نقاط راهنما روی بال‌های سمت چپ در سه گروه مطالعه‌شده با

را در دو دسته که یک دسته شامل ماده‌های آندرومورف و جینومورف و دسته دیگر شامل جنس نر بود، با تفکیک مناسبی از هم نشان داد.

گروه وارد نرم افزار PAST شد؛ سپس نمودار تحلیل خوشه‌ای قالب بال نیز رسم شد (شکل ۵). نتایج این تحلیل‌ها برای بال جلو و بال عقب، سه گروه مطالعه شده



شکل ۴- نمودار Relative warp orientation مربوط به میانگین قالب بال جلو (الف) و بال عقب (ب) سمت چپ در سه گروه ماده‌های آندرومورف، ماده‌های جینومورف و نرها در گونه C. intermedia.



شکل ۵- نمودار تحلیل خوشه‌ای قالب بال‌های جلو (الف) و عقب (ب) در سه گروه ریختی ماده‌های آندرومورف، ماده‌های جینومورف و نرها در گونه *C. intermedia*

نتایج بررسی اندازه نسبی بال‌ها

۳؛ همچنین با استفاده از این معیار و به کمک نرم‌افزار PAST، اندازه نسبی بال‌های جلو و عقب به صورت نمودار جعبه‌ای نشان داده شد (شکل ۶).

نتایج بررسی اندازه نسبی بال‌ها با توجه به معیار اندازه مرکزگرا (Centroid size)، سه گروه مطالعه شده را در دو گروه شامل ماده‌های آندرومورف و جینومورف و جدا از جنس نر نشان داد (جدول‌های ۲ و

جدول ۲- نتایج بررسی اختلاف‌های میانگین اندازه نسبی بال جلو و عقب سمت چپ با استفاده از آزمون ANOVA در سه گروه ماده‌های آندرومورف، ماده‌های جینومورف و نرها در گونه Calopteryx intermedia

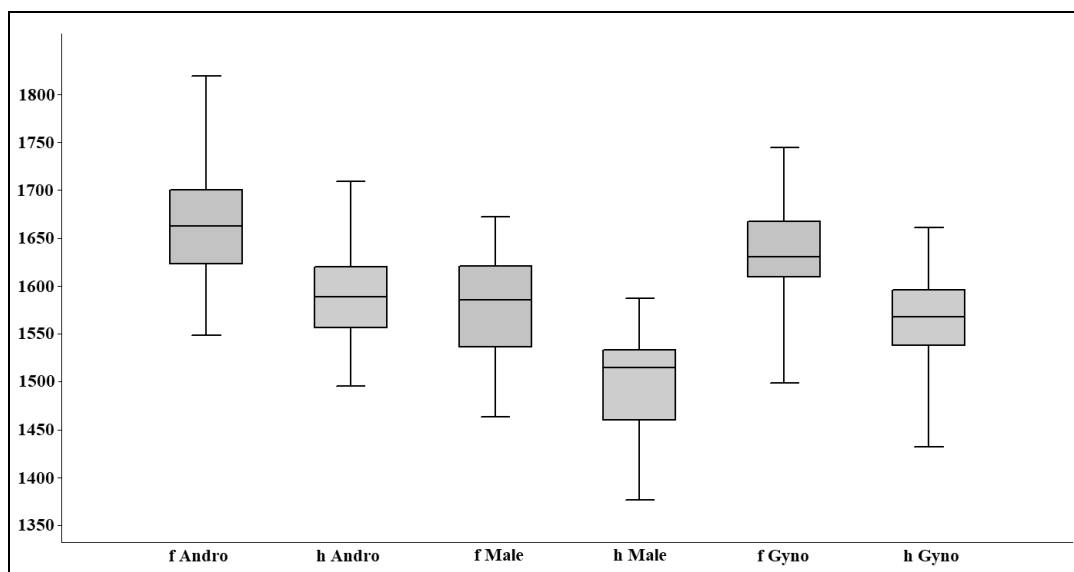
ANOVA					
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	Wing Size
.0001	9.008	463430.124	2	926860.247	Between Groups
		51448.701	72	3704306.490	Within Groups Fore wing
			74	4631166.738	Total
.002	7.117	339817.053	2	679634.105	Between Groups
		47744.320	72	3437591.075	Within Groups Hind wing
			74	4117225.181	Total

جدول ۳- نتایج اندازه مرکزگرای بال جلو و عقب سمت چپ با استفاده از تست دانکن برای سه گروه ماده‌های آندرومورف، ماده‌های جینومورف و نرها در گونه Calopteryx intermedia

Duncan ^a					
		Forewing		Hindwing	
		Subset for alpha = 0.05		Subset for alpha = 0.05	
Group	N	1	2	1	2
Male	25	6363.4427		6063.2771	
Gynochrome	25		6545.4962		6192.5806
Androchrome	25		6629.8376		6295.972
Sig.		1	0.193	1	0.099

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 25.000.



شکل ۶- میانگین اندازه نسبی بال برای بال جلو و بال عقب سمت چپ در سه گروه ریختی ماده‌های آندرومورف، ماده‌های جینومورف و نرها در گونه *C. intermedia*.

بحث

هدف این پژوهش، بررسی و مقایسه قالب و اندازه بال بین سه گروه آندروکروم، جینوکروم و نر در گونه *Calopteryx intermedia* به روش ریخت‌سنجی هندسی بود. نتایج مقایسه‌ای داده‌های به‌دست آمده با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی که به‌طور جامع از اطلاعات مربوط به مجموعه‌ای از نقاط راهنما استفاده می‌کند (Bookstein, 1997)، تفاوت معنی‌داری بین قالب بال ریخت‌های ماده و ریخت نر نشان داد. بررسی ریخت‌شناختی بال سه گروه ریختی ماده‌های جینوکروم، ماده‌های آندروکروم و نرها از گونه *Calopteryx intermedia* نشان داد آندروکروم‌های ماده در راستای تقلید ریختی از نر، هنوز با این گروه ریختی فاصله معنی‌داری دارند؛ تا جایی که ماندگاری آنها در طول دوره تکامل‌شان برخلاف نظر بسیاری از نویسندگان (Miller and Fincke, 1999; Van Gossum et al., 1999;

Fincke, 2004; Iserbyt et al., 2013) با هدفی غیر از تقلید از جنس نر برای دوری از اذیت و آزار بوده است. نتایج ما نشان داد قالب بال در جنس نر با هر دو گروه ماده‌ها متفاوت است؛ البته درون هر جنس نیز قالب بال عقب و جلو با هم تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد و با توجه به اندازه بال‌های عقب و جلو و مکانیک پرواز در حشره مطالعه‌شده دور از انتظار نبوده است. نتایج آزمون‌های CVA و PCA، نمودار تحلیل خوشه‌ای و مصورسازی تغییرات قالب بال جلو و عقب به کمک Thin Plate Spline نشان داد ماده‌های جینومورف و آندرومورف از لحاظ قالب بال با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند؛ اما به‌طور معنی‌داری از نرها متفاوتند؛ به عبارت دیگر اختلاف معنی‌دار قالب بال نرها با ماده‌ها (هر دو فرم) و همچنین اختلاف در درخشندگی استیگمای بال ماده‌ها و ساختار زایشی نرها در نور فرابنفش که برای آنها رؤیت‌پذیر است

(داده‌های چاپ‌نشده نویسنده‌گان)، وجه افتراق مناسبی را برای افراد ایجاد خواهد کرد که جنس مخالف را به‌خوبی تشخیص دهند و از آنجا که قالب کلی بال در حالت و مکانیک پرواز نرها و ماده‌ها تفاوت آشکار ایجاد می‌کند، فرضیه‌ی ابتدایی ما در این خصوص تأیید می‌شود. نتایج نشان داد بعید به نظر می‌رسد شباهت ظاهری لکه‌ی بالی موجود در ماده‌های آندرومورف و نرها به‌راحتی باعث اشتباه نرها و فریب آنها در تشخیص جنس مخالف در زمان زایش شود؛ چون اگرچه تأثیر بصری اندازه‌ی لکه‌ی بالی برای انتخاب جفت در این گونه هنوز به‌طور کامل مشخص نیست، ظهور این پارامتر در گروه ماده‌های آندروکروم که از آن در جایگاه عاملی برای تلاش آندروکروم‌ها برای تقلید از نرها یاد می‌شود، ممکن است نتیجه‌ی فشارهای انتخابی دیگری ناشی از محیط طبیعی موجود بوده باشد که نتایج تکاملی ناشناخته‌ی متفاوتی نیز به دنبال داشته است؛ همان‌طور که تفاوت ریخت‌شناختی بال جلو و عقب در

جنس نر به‌دلیل تأثیر دو انتخاب متفاوت در طی روند تکاملی صورت گرفته است (Cordero et al., 1998)؛ بنابراین به نظر می‌رسد آندروکروم‌ها برای تقلیدی کامل و بی‌نقص از جنس نر، باید رفتار یا فرم پرواز آنها را نیز تقلید کنند و این امر با توجه به اختلاف‌های آشکار قالب بال بین نرها و ماده‌ها به‌طور عملی غیر ممکن است؛ پس با توجه به غیر یکنواخت بودن حضور ماده‌های آندرومورف در جمعیت‌های مختلف این گونه، به نظر می‌رسد ویژگی‌های جغرافیایی و پوشش گیاهی زیستگاه نسبت به دوری از آزار نرها یا فریب آنها برای دوری از انتخاب‌شدن در جایگاه جفت، اثر مهم‌تری در ظهور این فرم از ماده‌ها در جمعیت داشته باشد؛ بلکه حتی برعکس وجود لکه‌ی بالی ماده‌های آندرومورف ممکن است برای جلب توجه جنس نر در محیطی با پوشش گیاهی زیاد و سایه‌دار باشد تا شانس جفت‌گیری‌ها را افزایش دهد (داده‌های چاپ‌نشده نویسنده‌گان).

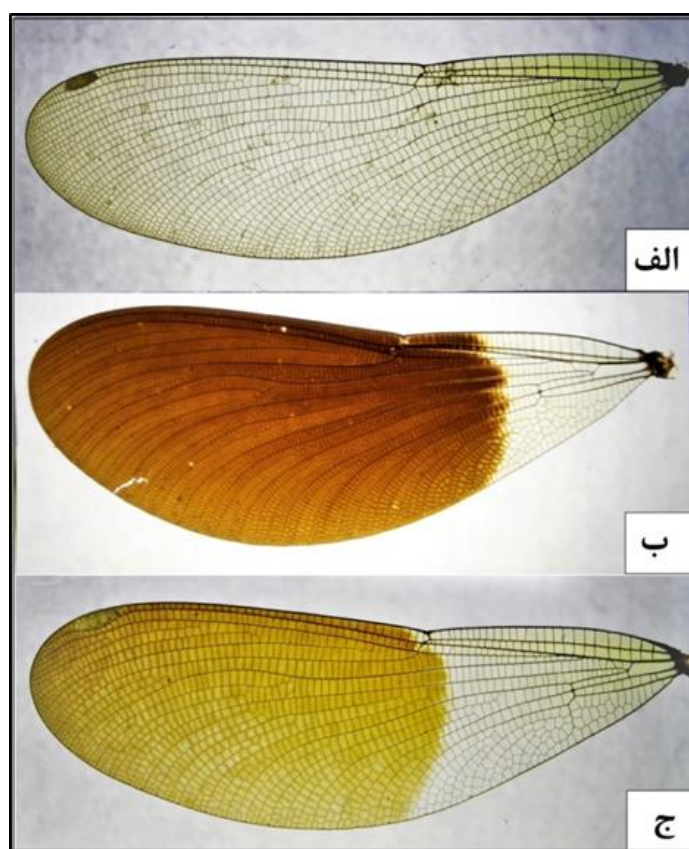
منابع

- Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2004). Geometric Morphometrics: Ten Years of Progress Following the 'Revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71(1), 5-16.
- Andrés, J. A., & Rivera, A. C. (2001). Survival Rates in a Natural Population of the Damselfly *Ceriagrion Tenellum*: Effects of Sex and Female Phenotype. *Journal of Ecological Entomology*, 26, 341-346.
- Andrés, J. A., & Cordero, A. (1999). The Inheritance of Female Colour Morphs in the Damselfly *Ceriagrion Tenellum* (Odonata: Coenagrionidae). *Heredity*, 82(3), 328-335.
- Bookstein, F. L. (1997). *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. London: Cambridge University Press.
- Bots, J., Breuker, C. J., Van Kerkhove, A., Van Dongen, S., De Bruyn, L., & Van Gossum, H. (2009). Variation in Flight Morphology in a Female Polymorphic Damselfly: Intraspecific, Intrasexual, and Seasonal Differences. *Canadian Journal of Zoology*, 87(1), 86-94.
- Corbet, P. S. (1999). *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Ithaca: Comstock Publishing Associates.
- Cordero, A. (1992). Density-Dependent Mating Success and Colour Polymorphism in Females of the Damselfly *Ischnura Graellsii* (Odonata: Coenagrionidae). *Journal of Animal Ecology*, 61, 769-780.

- Cordero, A., & Andrés, J. (1996). Colour Polymorphism in Odonates: Females That Mimic Males. *Journal of the British Dragonfly Society*, 12(2), 50-61.
- Cordero, A., Santolamazza Carbone, S., & Utzeri, C. (1998). Mating Opportunities and Mating Costs Are Reduced in Androchrome Female Damselflies, *Ischnura Elegans* (Odonata). *Journal of Animal Behavior*, 55(1), 185-197.
- Fincke, O. M. (2004). Polymorphic Signals of Harassed Female Odonates and the Males That Learn Them Support a Novel Frequency-Dependent Model. *Journal of Animal Behavior*, 67(5), 833-845.
- Fincke, O. M., Jödicke, R., Paulson, D. R., & Schultz, T. D. (2005). The Evolution and Frequency of Female Color Morphs in Holarctic Odonata: Why Are Male-Like Females Typically the Minority?. *International Journal of Odonatology*, 8(2), 183-212.
- Hammers, M., & Van Gossum, H. (2008). Variation in Female Morph Frequencies and Mating Frequencies: Random, Frequency-Dependent Harassment or Male Mimicry?. *Journal of Animal Behavior*, 76, 1403-1410.
- Herrell, J., & Hazel, W. (1995). Female-Limited Variability in Mimicry in the Swallowtail Butterfly *Papilio Polyxenes* Fabr. *Heredity*, 75(1), 106-110.
- Iserbyt, A., Bots, J., Van Gossum, H., & Sherratt, T. N. (2013). Negative Frequency-Dependent Selection or Alternative Reproductive Tactics: Maintenance of Female Polymorphism in Natural Populations. *BMC Evolutionary Biology*, 13(1), 1-11.
- Johnson, C. (1975). Polymorphism and Natural Selection in Ischnuran Damselflies. *Evolutionary Theory*, 1, 81-90. Retrieved from <http://leighvanvalen.com/evolutionary-theory/>.
- Miller, M. N., & Fincke, O. M. (1999). Cues for Mate Recognition and the Effect of Prior Experience on Mate Recognition in *Enallagma* Damselflies. *Journal of Insect Behavior*, 12, 801-814.
- Nielsen, M. G., & Watt, W. B. (2000). Interference Competition and Sexual Selection Promote Polymorphism in *Colias* (Lepidoptera, Pieridae). *Journal of Functional Ecology*, 14(6), 718-730.
- Prasad, K. K., Ramakrishna, B., Srinivasulu, C., & Srinivasulu, B. (2013). Odonate Diversity of Manjeera Wildlife Sanctuary with Notes on Female Polymorphism of *Neurothemis Tullia* (Drury, 1773) (Odonata: Libellulidae) and Some Species Hitherto Unreported from Andhra Pradesh, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 1(4): 99-104. Retrieved from http://www.entomoljournal.com/vol1_issue4b.html.
- Robertson, H. M. (1985). Female Dimorphism and Mating Behavior in a Damselfly, *Ischnura Ramburi*: Females Mimicking Males. *Journal of Animal Behavior*, 33(3), 805-809.
- Rohlf, F. J., & Marcus, L. F. (1993). A Revolution Morphometrics. *Journal of Trends in Ecology and Evolution*, 8(4), 129-132.
- Rohlf, J. F. (2010). tpsDig2 (Version 2. 16) [Software]. *Stony Brook*. Department of Ecology and Evolution, State University of New York. Available from <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
- Roulin, A., Ducret, B., Ravussin, P. A., & Altwegg, R. (2003). Female Colour Polymorphism Covaries with Reproductive Strategies in the Tawny Owl *Strix Aluco*. *Journal of Avian Biology*, 34(4), 393-401.
- Sherratt, T. N. (2001). The Evolution of Female-Limited Polymorphisms in Damselflies: A Signal Detection Model. *Journal of Ecology Letters*, 4(1): 22-29.
- Sirost, L. K., Brockmann, H. J., Marnis, C., & Muschett, G. (2003). Maintenance of a Female-Limited Polymorphism in *Ischnura Ramburi* (Zygoptera: Coenagrionidae). *Journal of Animal Behavior*, 66(4), 763-775.

- Van Gossum, H., Bots, J., Van Heusden, J., Hammers, M., Huyghe, K., & Morehouse, N. I. (2010). Reflectance Spectra and Mating Patterns Support Intraspecific Mimicry in the Color Polymorphic Damselfly *Ischnura Elegans*. *Journal of Evolutionary Ecology*, 25(1), 139-154.
- Van Gossum, H., Sherratt, T. N., & Cordero Rivera, A. (2008). The Evolution of Sex-Limited Colour Polymorphism. In A. Córdoba-Aguilar (Ed.), *Dragonflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford: Oxford University Press.
- Van Gossum, H., Stokes, R., Matthysen, E., Valck, F., & De Bruyn, L. (1999). Male Choice for Female Colour Morphs in *Ischnura Elegans* (Odonata, Coenagrionidae): Testing the Hypotheses. *Journal of Animal Behavior*, 57(6), 1229-1232.

پیوست



تصویر بال‌های جداشده سمت چپ سنجاقک *Calopteryx intermedia*

(الف: مادهٔ جینو کروم، ب: نر و ج: مادهٔ آندرو کروم)