

انعطاف پذیری در برابر تغییرات اقلیمی: بررسی اثر کاهش سطح آب بر رشد، دگرذیسی و بقا لاروهای قورباغه سبز لوانت (*Pelophylax bedriagae*)

جهان موسوی، سمیه ویسی* و مظفر شریفی

ایران، دانشگاه رازی، کرمانشاه، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

چکیده

درک رابطه بین شرایط زیستگاهی مبتنی بر اقلیم و بقا کلید حفظ تنوع زیستی در مواجهه با تغییرات سریع اقلیمی است. آب یک متغیر محدود کننده زیستگاه برای دوزیستان است زیرا لاروها باید قبل از خشک شدن تالاب‌ها و یا برکه‌ها دگرذیسی کنند. تغییرات در الگوهای بارش و دما در سطح جهانی بر میزان آب در دسترس تأثیر می‌گذارد، اما تأثیر این تغییرات بر رشد، تکوین و بقا دوزیستان به خوبی درک نشده است. در این مطالعه اثر کاهش سطح آب بر رشد، دگرذیسی و بقا لاروهای قورباغه سبز لوانت (*Pelophylax bedriagae*) در سه تیمار (شاهد، کاهش متوسط و سریع سطح آب) به مدت ۱۲۹ روز مورد بررسی قرار گرفت. در هر مخزن ۵۰ لارو با ۴ تکرار تحت رژیم غذایی یکسان قرار گرفتند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد کاهش سطح آب باعث افزایش سرعت رشد می‌شود. تیمارها با کاهش متوسط و سریع آب، کاهش در اندازه دگرذیسی، کاهش در مدت زمان دگرذیسی و کاهش در بقاء را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند. نتایج آماری نشان داد که اثر این تیمارها بر زمان دگرذیسی و اندازه دگرذیسی معنی‌دار ولی بر میزان رشد و بقاء بی‌معنی می‌باشد. این اطلاعات می‌تواند بینشی در مورد ظرفیت انعطاف پذیری این گونه در برابر تغییرات اقلیمی ارائه دهد.

واژه‌های کلیدی: دوزیستان، گرمایش جهانی، نوسانات آبی، تکوین، مرگ میر

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: s.vaissi@razi.ac.ir

مقدمه

گراد افزایش و ۳۵ درصد کاهش بارندگی را در دهه‌های آینده تجربه خواهد کرد (۹). افزایش دما منجر به تبخیر بیشتر و در نتیجه خشک شدن سطح می‌شود و در نتیجه شدت و مدت خشکسالی را افزایش می‌دهد. در مقابل، ظرفیت نگهداری آب در هوا به ازای هر ۱ درجه سانتی‌گراد گرم شدن، حدود ۷ درصد افزایش می‌یابد که منجر به افزایش بخار آب در جو می‌شود. از این رو رویدادهای بارشی شدیدتری ایجاد می‌کنند (۴۴). گونه‌ها با تغییر در رفتار و یا در محدوده پراکنش خود به این تغییرات پاسخ می‌دهند. با این حال اگر آنها قادر به انطباق با تغییرات محیطی نباشد با مرگ و میر و در نهایت با انقراض مواجهه

بسیاری از گونه‌ها توسط تغییرات سریع اقلیم جهانی تهدید می‌شوند، بنابراین برای طراحی استراتژی‌های مدیریت حفاظتی، ارزیابی آسیب پذیری آنها در برابر این تغییرات ضروری است (۴۳ و ۴۷). تحقیقات نشان می‌دهد در طول یک صد سال گذشته میانگین درجه حرارت در نزدیکی سطح زمین بین ۰/۱۸ تا ۰/۷۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (۱۹). متوسط درجه حرارت سالانه افزایشی بین ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد در ۲۱۰۰ پیش بینی شده است (۱۹). پیامدهای تغییر اقلیم در بین کشورهای خاورمیانه و به ویژه ایران شدید است. در میان کشورهای خاورمیانه، ایران دمای متوسط ۲/۶ درجه سانتی

خواهند شد (۷).

خود نشان می‌دهند و دگردیسی را تسریع می‌کنند، که می‌تواند تأثیر دوره آبی کوتاه‌شده را بر بقا دوزیستان تولیدمثل کننده در برکه را محدود کند (۱۸). با این حال، معاوضه‌های بالقوه‌ای بین زمان دگردیسی (نرخ تکوین) و اندازه در زمان دگردیسی وجود دارد، جایی که لاروهای که سریع‌تر رشد می‌کنند ممکن است در اندازه کوچک‌تر دگردیسی شوند (۳۰). با تکوین سریع ممکن است عملکرد سیستم ایمنی لارو به خطر می‌افتد و کاهش اندازه در دگردیسی با کاهش بقای نوجوانان و بالغ‌ها مرتبط است (۱۶). علی‌رغم این هزینه‌های بالقوه، انعطاف‌پذیری تکوینی یکی از مکانیسم‌هایی است که می‌تواند بقای دوزیستان را در شرایط کوتاه شدن دوره آبی و همچنین سطح آب ناشی از تغییرات اقلیمی تسهیل کند (۲۶).

درک تأثیر دوره‌ها و نوسانات سطح آب بر بقا، سرعت تکوین و همچنین رشد لاروها برای پیش‌بینی اثرات بالقوه تغییرات اقلیم بر دوزیستان کلیدی است. به دلیل اهمیت آب در تاریخچه زندگی دوزیستان تولیدمثل کننده در برکه‌ها، نوسانات سطح آب به عنوان یک نشانه اصلی در ایجاد دگردیسی فرض شده است (۲). اگر نوسانات آب نقش مهمی در تنظیم سرعت رشد و دگردیسی ایفا کند، توانایی دوزیستان برای پاسخ به تغییر در دسترس بودن آب ممکن است تداوم جمعیت‌ها را تعیین کند (۳۰). با این حال، در مورد علت تقریبی (کاهش حجم آب، تغییر دما، تغییر کیفیت آب، یا سایر عوامل) که باعث دگردیسی نسبت به دوره آبی می‌شود، اطلاعات کمی وجود دارد. بعنوان مثال افزایش دمای آب، ممکن است با سرعت بخشیدن به رشد و تکوین در یک محدوده دمایی خاص، رشد لاروها را از نظر فیزیولوژیکی تحت تأثیر قرار دهد (۱۸ و ۴۱). علاوه بر این، انعطاف‌پذیری رشد و تکوین ممکن است بر اساس گونه‌ها و جمعیت‌های درون گونه‌ها متفاوت باشد. اگر انعطاف‌پذیری تکوینی به صورت محلی سازگار باشد، می‌توان انتظار داشت که حوضچه‌هایی با شرایط دوره آبی بسیار متغیر دارای لاروهایی با درجه

دوزیستان ممکن است به ویژه در برابر اثرات تغییرات سریع اقلیم آسیب‌پذیر باشند، زیرا دما و رطوبت بر بیشتر جنبه‌های عملکرد فیزیولوژیکی و زیست‌شناسی تکوینی آنها تأثیر می‌گذارد (۶). در نتیجه، چندین مورد از کاهش جمعیت دوزیستان به تغییر زیستگاه ناشی از تغییرات اقلیمی، به ویژه تغییرات در پارامترهای حیاتی تالاب‌ها و محیط‌های آبی نسبت داده شده است (۲۹ و ۳۴). تغییرات در بارش که بر دوره‌های آبی و تغییر زیستگاه مانند جنگل زدایی تأثیر می‌گذارد، می‌تواند دوزیستان را در معرض سطوحی از تابش خورشیدی قرار دهد که قبلاً تجربه نکرده بودند (۳ و ۸). از سوی دیگر، تغییرات اقلیمی ممکن است با توجه به نحوه توزیع جغرافیایی، تأثیرات متفاوتی بر جمعیت‌ها بگذارد، زیرا ویژگی‌های تاریخی زندگی آنها با توجه به ارتفاع و عرض جغرافیایی متفاوت است. بنابراین، بررسی بوم‌شناختی تولیدمثل جمعیت‌هایی که توزیع وسیعی از یک گونه را نشان می‌دهند نیز ممکن است مهم باشد (۱۱ و ۲۷). بسیاری از دوزیستان در آب‌های موقت تولید مثل می‌کنند، زیرا می‌توانند نرخ بالایی از زادآوری و یک محیطی با کاهش فشار ناشی از شکار آبری را فراهم کنند (۲۵).

آب بعنوان ویژگی حیاتی برکه‌ها مستقیماً بقا دوزیستان تولید مثل کننده در برکه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (یعنی خطر خشک شدن) (۳۹ و ۴). دوره‌های آبی و شرایط برکه‌ها احتمالاً با تغییرات اقلیمی مانند تغییر الگوهای آب و هوای فصلی و هیدرولوژیکی و همچنین تغییر تناسب زیستگاه تغییر خواهند کرد (۵). برای فرار از شرایط نامناسب برکه، لارو دوزیستان باید به سرعت دگردیسی کنند. اگر سرعت خشک شدن حوضچه از حداکثر نرخ رشد بیشتر شود، لاروها با متحمل مرگ و میر قابل توجهی می‌شوند (۱۲). برخی از گونه‌های دوزیستان در پاسخ به خشک شدن حوضچه انعطاف‌پذیری تکوینی از

انعطاف‌پذیری رشدی بالاتری باشند و توانایی بیشتری برای واکنش منعطف‌تر به تغییرات تغییر اقلیم در دوره آبی داشته باشند (۲۴ و ۱۵). در مقابل، حوضچه‌هایی که دوره‌ها و سطوح آبی ثابت‌تری از خود نشان می‌دهند، ممکن است دارای لاروهایی با توانایی محدود برای پاسخ‌گویی به شرایط بسیار متغیر و بنابراین، توانایی محدودی برای پاسخ منعطف به نوسانات آبی ایجاد شده ناشی از تغییر اقلیم باشند (۲).

دو گروه عمده از قورباغه‌ی سبز در ایران شناسایی شده است. یک گروه شامل جمعیت‌های موجود در شمال غرب، غرب و جنوب غرب ایران است که گروه تک‌نیای *Pelophylax bedriagae* را تشکیل می‌دهند و گروه دوم شامل جمعیت‌های قورباغه‌های شمال و شمال شرقی ایران است که به نظر می‌رسد گونه‌ی جدید برای ایران باشد که بر طبق مطالعات Pesarakloo و همکاران (۲۰۱۷) *Pelophylax sp.* معرفی شدند (۳۷). لازم به ذکر است که گونه‌ی *Pelophylax sp.* واجد یک زیرگونه به نام *Pelophylax spp* می‌باشد که پراکنش آن به استان مرکزی محدود می‌شود (۳۷). هدف ما از این مطالعه، آزمایش اثرات ناشی از کاهش سطح آب شبیه‌سازی شده بر مرگ‌ومیر، نرخ رشد، تکوین و اندازه در دگرذیسی با استفاده از لاروهای قورباغه سبز لوانت (*Pelophylax bedriagae*) از اوایل مرحله لاروی (گاسر ۲۶) تا پایان دگرذیسی (گاسر ۴۶) است. قورباغه‌ی سبز لوانت از کشورهای مصر، یونان، اسرائیل، اردن، لبنان، سوریه، ترکیه و ایران گزارش شده است (۳۷). لاروهای قورباغه سبز لوانت برای این تحقیق ایده آل است زیرا آنها طیف گسترده‌ای از زیستگاه‌های تولید مثل را اشغال می‌کنند، از جمله تالاب‌های موقت، برکه‌ها، دریاچه‌ها، و حوضچه‌های کوچک و دائمی کشاورزی (۳۶). استفاده گسترده آن‌ها از زیستگاه‌ها با شرایط هیدرولوژیکی مختلف نشان می‌دهد که آنها ممکن است با نوسانات آبی محلی سازگار باشند و/یا با توجه به دوره‌های آبی از نظر فنوتیپی

منعطف باشند. با استفاده از این گونه بالقوه، ما این سوال را دنبال می‌کنیم که با کاهش سطح آب، آیا لاروها تا قبل از خشک شدن محیط می‌توانند به اندازه کافی سریع رشد و دگرذیسی کنند و یا نه متحمل مرگ و میر می‌شوند.

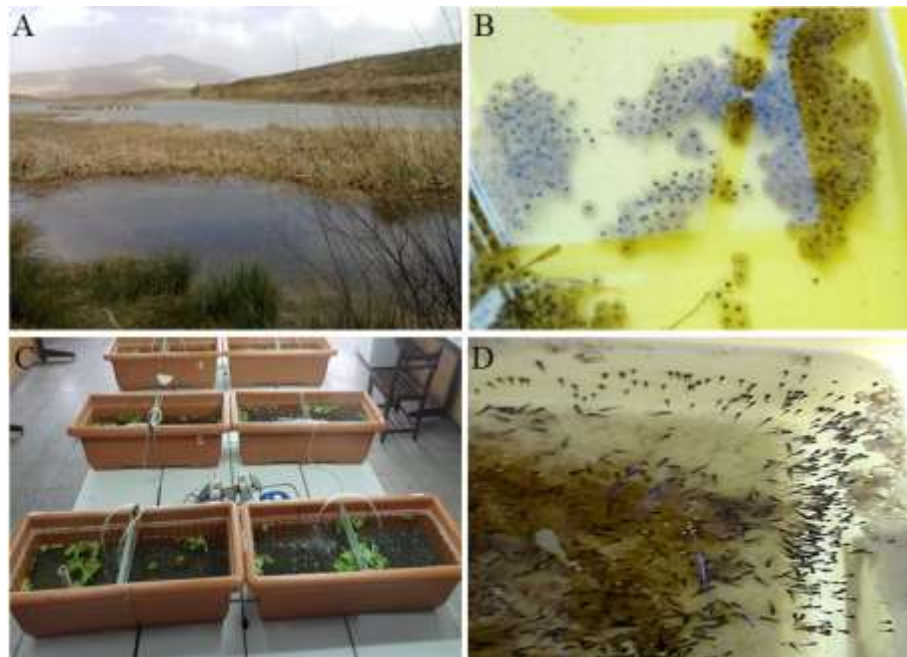
مواد و روشها

نمونه برداری: تخم‌های لقاح یافته قورباغه‌ی سبز لوانت (*Pelophylax bedriagae*) از روستای پروان (۴۹ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی، توابع آوج، استان قزوین) جمع‌آوری شد (شکل ۱A). تخم‌ها به صورت توده‌ای به گیاهان غوطه‌ور در آب چسبیده بودند. محل تخم‌گذاری پوشیده از نی بود و عمق آب ۲۰ سانتی‌متر بود. نمونه برداری در ساعت ۱۷/۳۰ صورت گرفت. دمای آب محل تخم‌گذاری ۱۹ درجه سانتی‌گراد و دمای محیط ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. تخم‌های لقاح یافته پس از مشاهده در زیستگاه، درون ظرفی که حاوی آب زیستگاه بود به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس تخم‌ها درون ظرف پرورش موقت که آن نیز حاوی آب زیستگاه طبیعی بود قرار داده شد (شکل ۱B). به منظور اکسیژن دهی آب از پمپ اکسیژن استفاده شد.

آماده‌سازی محیط آزمایش: تنش آبی شامل سه تیمار و هر تیمار شامل ۴ تکرار و در مجموع ۱۲ تکرار طراحی شد. بدین صورت که مخازن (از جنس پلاستیکی) به تعداد ۱۲ و به ابعاد ۳۷×۲۵×۲۱ سانتی‌متر که تا سطح ۸ سانتی‌متر با ماسه و تا سطح ۱۶ سانتی‌متر با آب تصفیه شده پر شدند (شکل ۱C). درجه حرارت آب مخازن بین ۲۰-۲۲ درجه سانتی‌گراد بود. به منظور اکسیژن دهی آب یک پمپ اکسیژن در هر مخزن تعبیه شد (شکل ۱C).

انتقال لاروها: ۲۴ ساعت پس از تفریح تخم‌ها و تشکیل لارو شناگر غذا دهی به آن‌ها آغاز شد (شکل ۱D). لاروها به مخازن اصلی انتقال داده شدند (شکل ۱C). به هر مخزن تیمارهای هیدروپریود ۵۰ لارو انتقال داده شد که در

مجموع ۶۰۰ لارو می‌باشد.



شکل ۱- محل نمونه‌برداری، روستای پروان (توابع آوج، استان قزوین) (A)، تخم‌ها (B)، مخازن آزمایش (C) و تفریح تخم‌های (D) قورباغه‌ی سبز لوانت (*Pelophylax bedriagae*)

چند قطعه سنگ که بخشی از آن خارج از آب بود در هر مخزن قرار داده شد.

تغذیه: تغذیه لاروها در ماه اول آزمایش هفته‌ای دو بار به میزان ۰/۶ گرم اسفناج خام برای هر لارو، در ماه دوم هفته‌ای سه بار، دو وعده اسفناج خام و یک وعده گوشت خام (سنگدان مرغ) به میزان ۰/۸ گرم برای هر لارو، از ماه سوم تا پایان آزمایش هفته‌ای ۴ بار، اسفناج خام، برگ چغندر پخته و گوشت خام (سنگدان مرغ) به میزان ۰/۸ گرم برای هر لارو (به صورت متناوب) داده شد (۱، ۱۰، ۱۴، ۱۷، ۳۱، ۳۲، ۳۳ و ۳۶). مدت زمان آزمایش ۱۲۹ روز طول کشید.

پارامترهای مورد بررسی و عکس‌برداری: متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه عبارتند از اندازه طول پوزه تا مخرج (SVL) در روزهای ۷، ۱۱، ۱۴، ۱۸، ۲۱، ۲۵، ۲۸، ۳۲، ۳۵، ۳۹، ۴۲، ۴۶، ۴۹، ۵۳، ۵۶، ۶۰، ۶۸، ۷۴، ۸۳ و ۹۲ آزمایش (بر حسب میلی‌متر)، SVL به هنگام دگرذیسی نمونه‌ها (بر

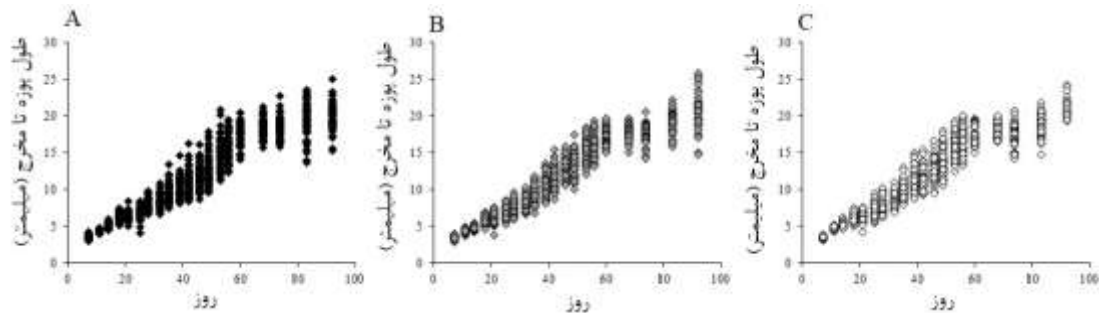
اعمال تنش: طی ماه اول آزمایش سطح آب ۱۲ مخزن یکسان (۱۶ سانتی‌متر) بود. سطح آب تیمار شاهد (۱۶ سانتی‌متر) تا پایان آزمایش ثابت نگه داشته شد. در ماه دوم آزمایش اولین تنش اعمال شد. بدین صورت که سطح آب تیمار متوسط از ۱۶ به ۱۴ سانتی‌متر و سطح آب تیمار سریع از ۱۶ به ۱۲ سانتی‌متر کاهش داده شد. دومین تنش در ماه سوم اعمال شد و تا پایین آزمایش ثابت باقی ماند. بدین صورت که سطح آب تیمار متوسط از ۱۴ به ۱۲ سانتی‌متر و سطح آب تیمار سریع از ۱۲ به ۱۰ سانتی‌متر کاهش داده شد. آب مخازن هر سه روز یک بار تعویض می‌شد. آب شهری به مدت ۴۸ ساعت قبل از اضافه کردن به مخازن در ظروف جداگانه جهت کلرزدایی نگهداری می‌شد. درجه حرارت محیط و آب مخازن تیمارها روزانه بوسیله دماسنج دیجیتالی مورد سنجش قرار می‌گرفت و همچنین مخازن از نظر مرگ و میر، روزانه تحت کنترل قرار می‌گرفتند. مخازن از ماه اول به بعد از نظر دگرذیسی نیز کنترل شدند. پس از شروع دگرذیسی و ظهور دست و پا،

نتایج

رشد: شکل ۲ SVL لاروهای قورباغه‌ی سبز لوانت در تیمار شاهد (شکل ۲A)، تیمار با کاهش متوسط (۲B) و تیمار با کاهش سریع (۲C) سطح آب در طول آزمایش نشان می‌دهد. بیشترین میانگین SVL در روز هفتم به ترتیب در تیمار با کاهش سریع ($3/58 \pm 0/15$)، سپس در تیمار با کاهش متوسط ($3/56 \pm 0/20$) و در نهایت در تیمار شاهد ($3/55 \pm 0/24$) اندازه‌گیری شد. بیشترین میانگین SVL در روز ۸۳ آزمایش در تیمار شاهد ($19/32 \pm 2/22$)، سپس در تیمار با کاهش متوسط ($19/11 \pm 1/42$) و در نهایت در تیمار با کاهش سریع ($18/67 \pm 1/45$) اندازه‌گیری شد. میزان نرخ رشد روزانه برای هر دو تیمار با کاهش متوسط و سریع $0/22$ میلی‌متر در روز و در تیمار شاهد $0/21$ میلی‌متر در روز در روز اندازه‌گیری شد (شکل ۲). نتایج حاصل از ANOVA نشان داد که تیمارهای مختلف تاثیر معنی‌داری بر روی SVL ندارد ($p = 0.10$, $df=2$, $F= 3.32$).

حسب میلی‌متر)، سن دگرذیسی (فاصله‌ی زمانی بین شروع آزمایش تا پایان دگرذیسی نمونه‌ها (بر حسب روز))، درصد دگرذیسی (نسبت تعداد افرادی که دگرذیسی آنها به اتمام رسید، بر تعداد اولیه‌ی نمونه‌ها)، میزان بقاء (نسبت تعداد افراد باقی‌مانده بر تعداد نمونه‌های اولیه، ضربدر ۱۰۰). جهت اندازه‌گیری SVL، به صورت تصادفی از هر مخزن ۱۵ لارو انتخاب شد و سپس توسط دوربین دیجیتال (OLYMPUS)، با فاصله‌ی ۲۵ سانتیمتر از تیمارها) عکس برداری شد. SVL لاروها بوسیله نرم افزار Digimizer نسخه ۵/۷/۵ اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری: آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) برای بررسی اثرات تنش آبی بر رشد، دگرذیسی و بقای نمونه‌های مورد آزمایش استفاده شد. مقایسه‌های تعقیبی (آزمون‌های توکی) برای بررسی تفاوت بین میانگین دو تیمار استفاده شد. سطح معنی‌داری $p \leq 0/05$ تعیین شد. همه داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار (Mean \pm SD) بیان می‌شوند. برنامه آماری SPSS (نسخه ۲۲) برای همه تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شد.



شکل ۲- طول پوزه تا مخرج (SVL) لاروهای قورباغه‌ی سبز لوانت (*Pelophylax bedriagae*) در تیمار شاهد (A)، تیمار با کاهش متوسط (B) و تیمار با کاهش سریع (C) سطح آب در طول آزمایش

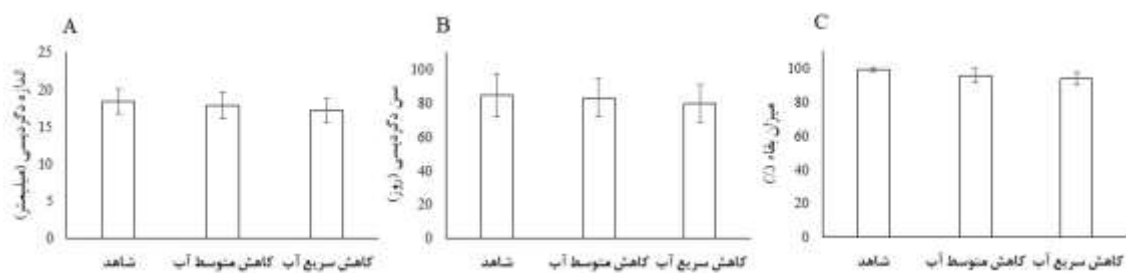
و در نهایت تیمار با کاهش سریع ($17/85 \pm 1/63$) اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از ANOVA نشان داد که تیمارهای مختلف تاثیر معنی‌داری بر اندازه دگرذیسی دارد ($p = 0.01$, $df=2$, $F= 22.94$).

زمان دگرذیسی: شکل ۳B زمان دگرذیسی لاروهای

اندازه دگرذیسی: شکل ۳A اندازه دگرذیسی لاروهای قورباغه‌ی سبز لوانت در تیمار شاهد، تیمار با کاهش متوسط و تیمار با کاهش سریع سطح آب را نشان می‌دهد. میانگین و انحراف معیار تیمارهای مختلف بر حسب اندازه دگرذیسی لاروها به ترتیب برای تیمار شاهد ($18/41 \pm 1/70$)، سپس تیمار با کاهش متوسط ($18/41 \pm 1/79$)

میزان بقاء: شکل ۳C میزان بقا لاروهای قورباغه‌ی سبز لوانت در تیمار شاهد، تیمار با کاهش متوسط و تیمار با کاهش سریع سطح آب را نشان می‌دهد. میانگین و انحراف معیار تیمارهای مختلف بر حسب میزان بقاء (درصد) به ترتیب در تیمار شاهد ($99 \pm 1/15$)، تیمار متوسط ($95/5 \pm 4/43$) و در تیمار سریع ($94/5 \pm 3/65$) اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از ANOVA نشان داد که تیمارهای مختلف تاثیر معنی‌دار بر میزان بقاء ندارد ($p = 0.01$, $df=2$, $F= 7.82$).

قورباغه‌ی سبز لوانت در تیمار شاهد، تیمار با کاهش متوسط و تیمار با کاهش سریع سطح آب را نشان می‌دهد. میانگین و انحراف معیار تیمارهای مختلف بر حسب زمان دگرذیسی (روز) به ترتیب برای تیمار شاهد ($12/76 \pm$)، تیمار با کاهش متوسط ($11/05 \pm 83/12$) و در نهایت تیمار با کاهش سریع ($10/92 \pm 79/92$) اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از ANOVA نشان داد که تیمارهای مختلف تاثیر معنی‌داری بر زمان دگرذیسی دارد ($p = 0.01$, $df=2$, $F= 7.82$).



شکل ۳- اندازه دگرذیسی (A)، زمان دگرذیسی (B) و میزان بقاء (C) لاروهای قورباغه‌ی سبز لوانت (*Pelophylax bedriagae*) در تیمار شاهد، تیمار با کاهش متوسط و تیمار با کاهش سریع سطح آب

شایستگی بالغین در نظر گرفته می‌شود (۲۵). همچنین سن و اندازه در دگرذیسی، الگوهای بلوغ و بقا را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲). داشتن سازگاری یا انعطاف با دوره‌های آبی متغیر ممکن است انعطاف‌پذیری گونه‌ها را در برابر تأثیرات تغییرات اقلیمی بهبود بخشد (۲۵). ما در این مطالعه مشاهده کردیم که متغیر کاهش سطح آب باعث افزایش سرعت رشد، کاهش اندازه دگرذیسی، کاهش زمان دگرذیسی و کاهش بقاء در قورباغه سبز لوانت می‌شود اگرچه این تفاوت‌ها برای میزان رشد و میزان بقاء معنی‌دار نمی‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که توانایی پاسخ گونه به این گونه تغییرات ممکن است با انعطاف‌پذیری با شرایط همراه شود.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد پیامد یک رژیم خشک کننده سریع، تسریع میزان رشد و نمو و در نتیجه کوچک‌تر شدن اندازه دگرذیسی است (۲۶ و ۳۸). این در حالی است

بحث و نتیجه‌گیری

نوسانات آبی ایجاد شده ناشی از تغییرات اقلیمی، دوزیستان را در سطح جهان تحت تأثیر قرار خواهند داد (۲۸). اهمیت نوسانات و دوره‌های آبی تالاب‌ها قبلاً به عنوان یک عامل حیاتی برای موفقیت تولیدمثل دوزیستان نشان داده شده است (۲۰)، اما برای گونه‌های وابسته به آب‌های موقت نسبت به آنهایی که از حوضچه‌های دائمی استفاده می‌کنند، اهمیت بیشتری دارد (۲۲). تغییرات آبی می‌تواند بر مراحل لاروی آبی و در نتیجه برون‌داد تولیدمثلی تأثیر بگذارد و در پاسخ واکنش‌های دوزیستان به تغییرات اقلیمی بسیار مهم در نظر گرفته می‌شود. در واقع نوسانات آبی یک عامل مهم و مؤثر در تجدید نیرو (نفرگیری) جمعیت‌های دوزیستان و ساختار اجتماعات آنان است. سطح آب بر طول مدت و زمان دگرذیسی تأثیر دارد. غالباً زمان دگرذیسی به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده در

قابل توجهی همبستگی مثبت نشان داد (۴۸). در مطالعه ما نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف تاثیر معنی‌داری بر اندازه دگردیسی دارد. مشاهده شد که میانگین اندازه دگردیسی در تیمار شاهد از تیمار متوسط، و تیمار متوسط از تیمار سریع بیشتر بود.

برخی از مطالعات نشان می‌دهد که دوره‌های آبی طبیعی بر زمان دگردیسی اثر قابل توجهی دارد به طوری که لاروهای برکه‌های دائمی به طور قابل توجهی زمان دگردیسی طولانی‌تر از لاروهای برکه‌های فصلی دارند (۱۲، ۱۶ و ۲۴). Parris (2000) نشان داد که مدت زمان دوره‌ای آبی، زمان دگردیسی *R. blairi* و *R. sphenoccephala* و دوره‌های آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۳۵). Ryan (۲۰۰۱) and Winne مشاهده کردند که دگردیسی لاروهای *R. sphenoccephala* در تیمارهای ۶۰ روزه نسبت به ۷۵ و ۹۰ روزه دارای دوره‌ی لاروی کوتاه‌تر هستند (۳۹). Xiao-Li و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که سطوح آب می‌تواند به طور قابل توجهی زمان دگردیسی لاروهای قورباغه ببری (*H. chinensis*) را تحت تاثیر قرار دهد. کوتاه‌ترین زمان دگردیسی برای لاروهای بزرگ شده تحت تیمار پایین و تیمار نوسان تدریجی آب ثبت شده است (۴۸) که این یافته‌ها از پژوهش‌های قبلی پشتیبانی می‌کند (۱۲، ۲۳ و ۴۶). محققان معتقد هستند که این نتیجه‌ی سازگاری طولانی مدت جمعیت است (۱۲، ۴۵ و ۴۶). در مقابل، در مطالعه Leips و همکاران (۲۰۰۰) اثر مستقیم کاهش سطح آب بر زمان دگردیسی دوگونه خاوه‌ری قورباغه‌های درختی (*Hyla gratiosa*, *H. cinerea*) دیده نشد (۲۱). کاهش سطح آب در شرایط آزمایشگاهی نیز بر زمان دگردیسی لاروهای *C. georgiana* اثر قابل توجهی نداشت ولی در تعامل با دسترسی محدود به مواد غذایی و کاهش حجم آب بر زمان دگردیسی اثرگذار است (۴۸). Amburgey و همکاران (۲۰۱۲) به این نتایج دست یافتند که تیمارهای آبی در شرایط آزمایشگاهی اثر قابل توجهی بر زمان دگردیسی لاروهای *Pseudacris maculata* ندارد (۲). در

مطالعه انجام شده بروی *Rana sphenoccephala* نشان می‌دهد که SVL لاروها با توجه به کاهش‌های دوره‌ای آبی در محیط آزمایشگاهی تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند (۳۹). در مقابل تیمارهای سطح آب اثر قابل توجهی بر SVL بچه قورباغه‌های *Hoplobatrachus chinensis* در مرحله ۴۵ گاسنری نشان دادند بطوریکه افراد بزرگ شده تحت تیمار سطح آب با نوسان سریع در مقایسه با افراد بزرگ شده تحت تیمار سطح آب با نوسان تدریجی، به طور قابل توجهی SVL بزرگ‌تر داشتند (۴۸). در مطالعه ما میزان (نرخ) رشد روزانه برای تیمارهای تحت تنش آبی نسبت به تیمار شاهد سریعتر و در اندازه کوچکتر ثبت گردید. اگرچه مقایسه تیمارهای مختلف تاثیر معنی‌داری بر روی رشد SVL نشان نداد.

مطالعه انجام شده توسط Parris (2000) نشان داد که میزان سطح آب تاثیری بر اندازه دگردیسی *R. blairi* و *R. sphenoccephala* ندارد (۳۵). همچنین اندازه دگردیسی *R. sphenoccephala* بوسیله کاهش‌های مختلف سطح آب در شرایط آزمایشگاهی تحت تاثیر قرار نگرفت (۳۹). در مطالعه Doughty and Roberts (2003) این نتیجه‌گیری حاصل شد که کاهش سطح آب در شرایط آزمایشگاهی بر اندازه دگردیسی لاروهای *Crinia georgiana* اثر ندارد ولی زمانی که کیفیت و دسترسی به مواد غذایی با کاهش آب همراه باشد اندازه دگردیسی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۳). Amburgey و همکاران (۲۰۱۲) به این نتیجه دست یافتند که رابطه‌ی معنی‌داری بین اندازه دگردیسی و تیمار آبی در شرایط آزمایشگاهی یا در محیط طبیعی وجود ندارد (۲). در مقابل در مطالعه انجام شده توسط Leips و همکاران (۲۰۰۰) نشان داده شد که کاهش سطح آب اندازه دگردیسی دوگونه خاوه‌ری قورباغه‌های درختی (*Hylidae*) را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین تغییر تراکم لاروی ممکن است به تنهایی اندازه کوچک‌تر دگردیسی را به جای کاهش آب بهتر توضیح دهد (۲۱). همچنین در دگردیسی لاروهای *H. chinensis*، زمان دگردیسی و اندازه دگردیسی به طور

سه تیمار تحت آزمایش مشاهده شد اما بطورکلی با کاهش سطح آب میزان بقا کاهش یافت اما این تفاوت بین تیمارها معنادار ثبت نشد.

انعطاف‌پذیری لاروهای قورباغه سبز لوانت در برابر نوسانات آبی ایجاد شده می‌تواند به آن ظرفیت بیشتری برای انطباق با تغییرات پیش‌بینی‌شده در برابر تغییرات اقلیمی بدهد. این ویژگی‌های سازشی ممکن است قورباغه سبز لوانت را با افزایش انعطاف‌پذیری در طول شرایط محیطی متغیر فراهم کند و ممکن است به بازیابی جمعیت پس از خشکسالی طولانی مدت کمک کند. نتایج این مطالعه ممکن است برای سایر گونه‌هایی که تالاب‌های موقتی و قطعه‌قطعه شده را اشغال می‌کنند نیز اعمال شود. گونه‌هایی که در حال حاضر برای تولیدمثل در تالاب‌های موقت (با انواع دوره‌های آبی) سازگار شده‌اند، ممکن است انعطاف‌پذیری ذاتی در برابر تغییرات اقلیمی داشته باشند، اگرچه افراد برای افزایش انعطاف‌پذیری فراجمعیت (متاپاپلیشن) نیاز به دسترسی به انواع هیدروپریودها دارند (۴۵ و ۴۰).

سپاسگزاری

از دانشگاه رازی به جهت حمایت‌های مالی جهت انجام این مطالعه به عنوان بخشی از پایان‌نامه نویسنده اول تشکر و قدردانی می‌گردد.

مطالعه ما نتایج نشان داده شد که تیمارهای مختلف تاثیر معنی‌داری بر زمان دگرذیسی دارد. مشاهده شد که میانگین زمان دگرذیسی در تیمار شاهد از تیمار متوسط، و تیمار با کاهش متوسط از تیمار با کاهش سریع طولانی‌تر بود.

مدت زمان دوره آبی، بقاء *R. blairi* و *R. sphenoccephala* و دوره‌های آنها را تحت تاثیر قرار داد (۳۵). در مقابل Ryan and Winne (2001) تفاوت معناداری در بقای کلی بین تیمارهای مختلف هیدروپریود در شرایط آزمایشگاهی (میزان بقاء تیمار، ۶۰ روزه ۶۳/۳٪، ۷۵ روزه ۶۴/۱٪ و ۹۰ روزه ۵۸/۹٪) در *R. sphenoccephala* مشاهده نکردند (۳۹). Amburgey و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که تیمارهای دوره آبی تجربی اثر قابل توجهی بر مرگ و میر لاروهای *Pseudacris maculate* ندارد و میزان مرگ و میر در سراسر آزمایش حداقل بود (۶/۴٪) (۲). Xiao-Li و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که سطوح آب اثر قابل توجهی بر میزان بقای افراد *H. chinensis* در مرحله گاسنر ۴۲ دارد اما بر بقای افراد در گاسنر مرحله ۴۵ اثر قابل توجهی ندارد (۴۸). بطوریکه لاروها تحت تیمار سطح آب پایین و ثابت، بالاترین میزان مرگ و میر و کوتاه‌ترین زمان دگرذیسی را در بین تمام تیمارها دارند. مرگ و میر نسبتاً بالا در میان لاروها در سطوح آب با نوسانات سریع نیز نشان می‌دهد که لاروهای قورباغه ببری به کاهش سطح آب و افزایش رقابت بین افراد در کنار تراکم حساس هستند (۴۸). در این مطالعه میزان پائینی از مرگ و میر بین

منابع

- 1- Adelizzi R, Portmann J, Van Meter R. (2019). Effect of individual and combined treatments of pesticide, fertilizer, and salt on growth and corticosterone levels of larval Southern leopard frogs (*Lithobates sphenoccephala*). Arch Environ Contam Toxicol. 77: 29-39. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00629-6>
- 2- Amburgey S, Funk WC, Murphy M, Muths E. (2012). Effects of hydroperiod duration on survival, developmental rate, and size at metamorphosis in boreal chorus frog tadpoles (*Pseudacris maculata*). Herpetologica. 68(4):456-67. <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-11-00093>
- 3- Blaustein AR, Walls SC, Bancroft BA, Lawler JJ, Searle CL, Gervasi SS. (2010). Direct and indirect effects of climate change on amphibian populations. Diversity. 2(2):281-313. <https://doi.org/10.3390/d2020281>

- 4- Brannelly LA, Ohmer MEB, Saenz V, Richards-Zawacki CL. (2019). Effects of hydroperiod on growth, development, survival and immune defences in a temperate amphibian. *Funct Ecol.* 33(10):1952–61. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13419>
- 5- Brooks RT. (2009). Potential impacts of global climate change on the hydrology and ecology of ephemeral freshwater systems of the forests of the northeastern United States. *Clim Change.* 95(3):469–83. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9531-9>
- 6- Buckley LB, Jetz W. (2007). Environmental and historical constraints on global patterns of amphibian richness. *Proc R Soc B Biol Sci.* 274(1614):1167–73. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.0436>
- 7- Cahill AE, Aiello-Lammens ME, Fisher-Reid MC, Hua X, Karanewsky CJ, Yeong Ryu H, et al. (2013). How does climate change cause extinction? *Proc R Soc B Biol Sci.* 280(1750):20121890. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.1890>
- 8- Collins JP, Storfer A. (2003). Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Divers Distrib.* 9(2):89–98. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2003.00012.x>
- 9- Daneshvar MRM, Ebrahimi M, Nejadsoleymani H. (2019). An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environ Syst Res.* 8(1):1–10. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
- 10- Dastansara N, Vaissi S, Mosavi J, Sharifi M. (2017). Impacts of temperature on growth, development and survival of larval *Bufo (Pseudepidalea) viridis* (Amphibia: Anura): implications of climate change. *Zool Ecol.* 27(3–4). <https://doi.org/10.1080/21658005.2017.1360037>
- 11- Davenport JM, Hossack BR. (2016). Reevaluating geographic variation in life-history traits of a widespread Nearctic amphibian. *J Zool.* 299(4):304–10. <https://doi.org/10.1111/jzo.12352>
- 12- Denver RJ, Mirhadi N, Phillips M. (1998). Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis: Response of *Scaphiopus hammondi* tadpoles to habitat desiccation. *Ecology.* 79(6):1859–72. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[1859:APIAMR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[1859:APIAMR]2.0.CO;2)
- 13- Doughty P, Roberts JD. (2003). Plasticity in age and size at metamorphosis of *Crinia georgiana* tadpoles: responses to variation in food levels and deteriorating conditions during development. *Aust J Zool.* 51(3):271–84. <https://doi.org/10.1071/ZO02075>
- 14- Ebrahimi N, Sharifi M, Vaissi S. (2020). Effect of density and food level on the growth, development and survival of larvae of the green toad (*Bufo variabilis*, Pallas 1769), Amphibian: Anura. *J Anim Res (Iranian J Biol).* 33(2):90–104. <https://doi.org/20.1001.1.23832614.1399.33.2.6.8>
- 15- Fan XL, Lin ZH, Scheffers BR. (2021). Physiological, developmental, and behavioral plasticity in response to thermal acclimation. *J Therm Biol.* 97:102866. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102866>
- 16- Gervasi SS, Foufopoulos J. (2008). Costs of plasticity: responses to desiccation decrease post-metamorphic immune function in a pond-breeding amphibian. *Funct Ecol.* 2(1):100–8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01340.x>
- 17- Ghodageri MG, Pancharatna K. (2011). Morphological and behavioral alterations induced by endocrine disrupters in amphibian tadpoles. *Toxicol Environ Chem.* 93(10): 2012-2021. <https://doi.org/10.1080/02772248.2011.621595>
- 18- Harkey GA, Semlitsch RD. (1988). Effects of temperature on growth, development, and color polymorphism in the ornate chorus frog *Pseudacris ornata*. *Copeia.* 1001–7. <https://doi.org/10.2307/1445724>
- 19- IPCC. Climate Change (2007). The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge.
- 20- Karraker NE, Gibbs JP. (2009). Amphibian production in forested landscapes in relation to wetland hydroperiod: a case study of vernal pools and beaver ponds. *Biol Conserv.* 142(10):2293–302. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.002>
- 21- Leips J, McManus MG, Travis J. (2000). Response of treefrog larvae to drying ponds: comparing temporary and permanent pond breeders. *Ecology.* 81(11):2997–3008. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2997:ROTLTD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2997:ROTLTD]2.0.CO;2)
- 22- Lemckert F. (2010). Habitat relationships and presence of the threatened heath frog *Litoria littlejohni* (Anura: Hylidae) in central New South Wales, Australia. *Endanger Species Res.* 11(3):271–8. <https://doi.org/10.3354/esr00277>

- 23-Loman J, Claesson D. (2003). Plastic response to pond drying in tadpoles *Rana temporaria*: tests of cost models. *Evol Ecol Res.* 5(2):179–94.
- 24-Loman J. (2001). Local variation in *Rana temporaria* egg and clutch size: Adaptations to pond drying? *Alytes.* 19(1):45–52.
- 25-Lowe K, Castley JG, Hero J-M. (2015). Resilience to climate change: complex relationships among wetland hydroperiod, larval amphibians and aquatic predators in temporary wetlands. *Mar Freshw Res.* 66(10):886–99. <https://doi.org/10.1071/MF14128>
- 26-Márquez-García M, Correa-Solis M, Sallaberry M, Méndez MA. (2009). Effects of pond drying on morphological and life-history traits in the anuran *Rhinella spinulosa* (Anura: Bufonidae). *Evol Ecol Res.* 11(5):803–15.
- 27-Marquis O, Miaud C. (2008). Variation in UV sensitivity among common frog *Rana temporaria* populations along an altitudinal gradient. *Zoology.* 111(4):309–17. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2007.09.003>
- 28-Matthews JH, Funk WC, Ghalambor CK. (2013). Demographic approaches to assessing climate change impact: an application to pond-breeding frogs and shifting hydropatterns. *Wildl Conserv a Chang Clim.* 58–85. <https://doi.org/10.7208/9780226074641-004>
- 29-McMenamin SK, Hadly EA, Wright CK. (2008). Climatic change and wetland desiccation cause amphibian decline in Yellowstone National Park. *Proc Natl Acad Sci.* 105(44):16988–93. <https://doi.org/10.1073/pnas.080909010>
- 30-Merilä J, Laurila A, Pakkala M, Räsänen K, Timenes Laugen A. (2000). Adaptive phenotypic plasticity in timing of metamorphosis in the common frog *Rana temporaria*. *Ecoscience.* 7(1):18–24. <https://doi.org/10.1080/11956860.2000.11682566>
- 31-Mogali S, Saidapur S, Shanbhag B. (2016). Influence of desiccation, predatory cues, and density on metamorphic traits of the bronze frog *Hylarana temporalis*. *Amphibia-Reptilia.* 37(2):199–205. <https://doi.org/10.1163/15685381-00003044>
- 32-Moradi F, Vaissi S, Akmal V. (2019). Impacts of temperature, water level and density on cannibalism of larval *Bufo variabilis* (Pallas, 1769). *J Anim Res (Iranian J Biol).* 32(1):49–58. <https://doi.org/20.1001.1.23832614.1398.32.1.8.1>
- 33-Mosavi J, Vaissi S, Dastansara N, Sharifi M. (2017). Effects of temperature on growth, development and survival in larvae of *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Amphibia: Anura): Linking global warming to amphibian development. *Acta Zool Bulg.* 69(4): 541-546.
- 34-Newman JC, Riddell EA, Williams LA, Sears MW, Barrett K. (2022). Integrating physiology into correlative models can alter projections of habitat suitability under climate change for a threatened amphibian. *Ecography (Cop).* e06082. <https://doi.org/10.1111/ecog.06082>
- 35-Parris MJ. (2000). Experimental analysis of hybridization in leopard frogs (Anura: Ranidae): larval performance in desiccating environments. *Copeia.* 2000(1):11–9. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2000\)2000\[0011:EAHIL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2000)2000[0011:EAHIL]2.0.CO;2)
- 36-Pesarakloo A, Najibzadeh M. (2019). Life history of the Levant water frog, *Pelophylax bedriagae* (Amphibia: Anura: Ranidae) in western Iran. *J Anim Divers.* 1;1:11–9. <https://doi.org/10.29252/JAD.2019.1.1.2>
- 37-Pesarakloo A, Rastegar-Pouyani E, Rastegar-Pouyani N, Kami H, Najibzadeh M, Khosravani A, et al. (2017). The first taxonomic reevaluation of the Iranian water frogs of the genus *Pelophylax* (Anura: Ranidae) using sequences of the mitochondrial genome. *Mitochondrial DNA Part A.* 28(3):392–8. <https://doi.org/10.3109/19401736.2015.1127362>
- 38-Rudolf VHW, Rödel M-O. (2007). Phenotypic plasticity and optimal timing of metamorphosis under uncertain time constraints. *Evol Ecol.* 21(1):121–42. <https://doi.org/10.1007/s10682-006-0017-9>
- 39-Ryan TJ, Winne CT. (2001). Effects of hydroperiod on metamorphosis in *Rana sphenocephala*. *Am Midl Nat.* 145(1):46–53. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2001\)145\[0046:EOHOMI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2001)145[0046:EOHOMI]2.0.CO;2)
- 40-Shoo LP, Olson DH, McMenamin SK, Murray KA, Van Sluys M, Donnelly MA, et al. (2011). Engineering a future for amphibians under climate change. *J Appl Ecol.* 48(2):487–92. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01942.x>
- 41-Sinai N, Glos J, Mohan A V, Lyra ML, Riepe M, Thöle E, et al. (2022). Developmental plasticity in amphibian larvae across the world: Investigating the roles of temperature and latitude. *J Therm Biol.* 106:103233. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103233>

- 42-Spieler M. (2000). Developmental plasticity and behavioural adaptations of two West African anurans living in an unpredictable environment (Amphibia, Anura). *Bonn Zool Monogr.* 46:109–20.
- 43-Thomas CD, Cameron A, Green RE, Bakkenes M, Beaumont LJ, Collingham YC, et al. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature.* 427(6970):145–8. <https://doi.org/10.1038/nature02121>
- 44-Trenberth KE. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Clim Res.* 47(1–2):123–38. <https://doi.org/10.3354/cr00953>
- 45-Walls SC, Barichivich WJ, Brown ME, Scott DE, Hossack BR. (2013). Influence of drought on salamander occupancy of isolated wetlands on the southeastern coastal plain of the United States. *Wetlands.* 33(2):345–54. <https://doi.org/10.1007/s13157-013-0391-3>
- 46-Wilbur HM. (1987). Regulation of structure in complex systems: experimental temporary pond communities. *Ecology.* 68(5):1437–52. <https://doi.org/10.2307/1939227>
- 47-Williams SE, Shoo LP, Isaac JL, Hoffmann AA, Langham G. (2008). Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *PLoS Biol.* 6(12): e325. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060325>
- 48-Xiao-Li FAN, Zhi-Hua LIN, Jie WEI. (2014). Effects of hydroperiod duration on developmental plasticity in tiger frog (*Hoplobatrachus chinensis*) tadpoles. *Zool Res.* 35(2):124. <https://doi.org/10.11813/j.issn.0254-5853.2014.2.124>

Plasticity under climate change: investigating the effect of water level reduction on growth, metamorphosis, and survival of Levant green frog (*Pelophylax bedriagae*) larvae

Mousavi J., Vaissi S.* and Sharifi M.

Dept. of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, I.R. of Iran

Abstract

Understanding the relationship between climate-based habitat conditions and survival is key to maintaining biodiversity in the face of rapid climate change. Water is a limiting habitat variable for amphibians because larvae must metamorphose before wetlands or ponds dry up. Changes in precipitation and temperature patterns globally affect the amount of water available, but the impact of these changes on amphibian growth, development, and survival is poorly understood. In this study, the effect of water level reduction on the growth, metamorphosis, and survival of Levant green frog (*Pelophylax bedriagae*) larvae in three treatments (control, moderate, and rapid water level reduction) was investigated for 129 days. In each tank, 50 larvae were subjected to the same diet with 4 replications. The results of the experiment showed that reducing the water level increases the growth rate. Treatments with moderate and rapid water reduction showed a decrease in the size of metamorphosis, a decrease in the duration of metamorphosis, and a decrease in survival compared to the control treatment. The statistical results showed that the effect of these treatments on metamorphosis time and metamorphosis size is significant but insignificant on growth rate and survival. This information can provide insight into the plasticity of this species under climate change.

Key words: amphibians, global warming, aquatic fluctuations, development, mortality