

(OPEN ACCESS)

Feasibility study of rearing and comparison of survival and length-weight relationship of narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* in concrete and earthen ponds of Markazi Province

Mohammad Mehdi Rezaei^{*1}, Roghieh Safari²

1. Corresponding Author, Research and Education Center of Agriculture and Natural Resources of Markazi Province, Arak, Iran. E-mail: m.rezaei.1979@gmail.com
2. Associate Prof., Dept. of Reproduction and Breeding, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: fisheriessafari@yahoo.com

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 10.29.2024

Revised: 11.23.2024

Accepted: 12.07.2024

Keywords:

Cultivation,
Concrete pond,
Earthen pond,
Markazi Province,
Narrow-clawed crayfish

ABSTRACT

In recent years, problems with providing electricity requirements for cold-water fish farms in the dual-purpose ponds of the Markazi province, have caused widespread losses in these farms. Therefore, it seems necessary to investigate cold-water aquatic species with high resistance to oxygen reduction, temperature changes, and increasing ammonia in the water. As the narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* is endemic to Iran, in this study, the feasibility of cultivating this species as a resistant and low-demand aquatic animal was investigated in this province. To determine the actual conditions, this study was conducted in the environment of several dual-purpose agricultural farms with earthen and concrete ponds in the two cities of Mahallat and Khomein. A total of 11,500 crayfish weighing 25 grams and averaging 10 centimeters in length, caught from Aras Dam, were prepared and stored at a density of 20 pieces per square meter in 3 concrete ponds with a total area of 300 square meters and at a density of 5 pieces per square meter in 3 earthen ponds with a total area of 1,100 square meters, and were kept for 72 days from the beginning of the summer season to the end of this season. 10 crayfish samples were randomly taken every week from both types of ponds and biometrics were done. The growth rate of crayfish in earthen ponds was estimated to be 0.32 grams per day and in concrete ponds to be 0.15 grams per day. In examining the length-weight relationships, negative isometric growth was obtained for both types of ponds. The mean final length, weight, and condition factor in earthen ponds were significantly higher than that of in concrete ponds ($P < 0.01$). Due to the pH of less than 7 in concrete ponds, the survival rate in this type of ponds was very low and was estimated to be 10%, while the survival rate in earthen ponds was 65%. In conclusion, it should be noted that the most important problem in the cultivation of narrow-clawed crayfish is the lack of a domestic market and the instability of its price and export status. It was also concluded that the best way to exploit the *Astacus leptodactylus* species is to produce in natural water resources and protect its reserves, and that the cultivation of this species in agricultural water storage ponds in Markazi Province is not acceptable compared to the trout species that are

currently cultivated. Especially with the decrease in water resources, the widespread use of earthen ponds that are more suitable for crayfish will not be possible.

Cite this article: Rezaei, Mohammad Mehdi, Safari, Roghieh. 2026. Feasibility study of rearing and comparison of survival and length-weight relationship of narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* in concrete and earthen ponds of Markazi Province. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 15 (2), 57-75.



© The Author(s).

Doi: 10.22069/japu.2024.22911.1912

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

امکان‌سنجی پرورش و مقایسه بازماندگی و رابطه طول و وزن شاه‌میگوی بازو باریک *Astacus leptodactylus* در استخرهای بتونی و خاکی استان مرکزی

محمد مهدی رضایی^{۱*}، رقیه صفری^۲

۱. نویسنده مسئول، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، اراک، ایران. رایانامه: m.rezai.1979@gmail.com

۲. دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران. رایانامه: fisheriessafari@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۸ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۷ واژه‌های کلیدی: استان مرکزی، استخر بتونی، استخر خاکی، پرورش، شاه‌میگوی بازو باریک	در سال‌های اخیر مشکلات تامین برق مزارع پرورش ماهی سردابی در استخرهای دومنظوره استان مرکزی باعث بروز تلفات گسترده در این مزارع شده است. بنابراین بررسی گونه‌های آبی سردابی با مقاومت بالا در برابر کاهش اکسیژن، تغییرات دما و افزایش آمونیاک آب ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به بومی بودن گونه شاه‌میگوی بازو باریک <i>Astacus leptodactylus</i> در ایران، در این بررسی، امکان‌سنجی پرورش گونه شاه‌میگوی بازو باریک به عنوان گونه‌ای مقاوم و کم توقع در این استان بررسی گردید. برای تعیین شرایط واقعی، این تحقیق در محیط چند مزرعه دومنظوره کشاورزی دارای استخرهای خاکی و بتونی در دو شهرستان محلات و خمین انجام شد. تعداد ۱۱۵۰۰ قطعه شاه‌میگو با وزن ۲۵ گرم و طول متوسط ۱۰ سانتی‌متر که از سد ارس صید شده بودند، تهیه و با تراکم ۲۰ قطعه در مترمربع در ۳ استخر بتونی با مساحت کلی ۳۰۰ مترمربع و با تراکم ۵ قطعه در مترمربع در ۳ استخر خاکی با مساحت کلی ۱۱۰۰ مترمربع، ذخیره‌سازی و برای مدت ۷۲ روز از ابتدای فصل تابستان تا انتهای این فصل نگهداری شدند. هر هفته ۱۰ نمونه شاه‌میگو از هر دو نوع استخر به صورت تصادفی برداشته و زیست‌سنجی شدند. میزان رشد شاه‌میگوها در استخرهای خاکی برابر ۰/۳۲ گرم در روز و در استخرهای بتونی برابر ۰/۱۵ گرم در روز برآورد گردید. در بررسی روابط طول با وزن، رشد ایزومتریک منفی برای هر دو نوع استخر به‌دست آمد. میانگین طول و وزن نهائی و فاکتور وضعیت در استخرهای خاکی به صورت معنی‌داری بیش‌تر از استخرهای بتونی بود ($P < 0/01$). به علت pH کم‌تر از ۷ در استخرهای بتونی، میزان بقاء در این نوع استخرها بسیار کم و معادل ده درصد برآورد گردید و میزان بقاء در استخرهای خاکی ۶۵ درصد بود. در نتیجه‌گیری کلی این بررسی باید ذکر نمود که مهم‌ترین مشکل پرورش شاه‌میگوهای بازو باریک، عدم وجود بازار داخلی و بی‌ثباتی قیمت و وضعیت صادرات آن می‌باشد. هم‌چنین نتیجه‌گیری شد که بهترین راه بهره‌برداری از گونه <i>Astacus leptodactylus</i> تولید در منابع آبی طبیعی و

حفاظت از ذخائر آن می‌باشد و پرورش این گونه در استخرهای ذخیره آب کشاورزی استان مرکزی در مقایسه با گونه قزل‌آلا که در حال حاضر پرورش داده می‌شود، قابل پذیرش نیست. به ویژه با کم‌تر شدن منابع آبی، امکان استفاده گسترده از استخرهای خاکی که برای شاه‌میگو مناسب‌تر می‌باشند، وجود نخواهد داشت.

استناد: رضایی، محمد مهدی، صفری، رقیه (۱۴۰۵). امکان‌سنجی پرورش و مقایسه بازماندگی و رابطه طول و وزن شاه‌میگوی بازو باریک *Astacus leptodactylus* در استخرهای بتونی و خاکی استان مرکزی. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۵ (۲)، ۷۵-۵۷.

Doi: 10.22069/japu.2024.22911.1912



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

در سطح جهانی، مصرف شاه‌میگو به عنوان غذا و استفاده به عنوان گونه‌های زینتی در بیش‌تر کشورها به سرعت در حال افزایش است که نشان می‌دهد پرورش آن در بخش آبی‌پروری برای اهداف تجاری اهمیت قابل‌توجهی دارد (۱). شاه‌میگوهای آب شیرین به دلیل داشتن خصوصیات ویژه‌ای مانند رژیم غذایی ارزان، توانایی حمل‌زنده، بازارپسندی و ارزش اقتصادی بالا از جایگاه خاصی در صنعت پرورش آبزیان در دنیا برخوردارند (۲). در حال حاضر شاه‌میگوهای دراز آب شیرین به ۴ ابرخانواده، ۵ خانواده، ۴۴ جنس و ۶۵۳ گونه تقسیم می‌شوند (۳) که از بین این گونه‌ها، ۱۰ گونه قابل پرورش در دنیا وجود دارد که اکثراً متعلق به آمریکا و استرالیا می‌باشند و با توجه به مسائل بهداشتی نمی‌توان به راحتی گونه‌های شاه‌میگو را از منطقه‌ای به منطقه دیگر حمل نمود، زیرا هم از نظر انتقال بیماری‌ها و هم از نظر اکولوژیک، ده‌پایان می‌توانند صدمات جبران‌ناپذیری را به محیط‌زیست وارد نمایند. بنابراین، بهترین گزینه برای پرورش شاه‌میگو در یک منطقه، پرورش گونه‌های بومی همان منطقه می‌باشد و انتخاب صحیح گونه پرورشی در هر منطقه باید براساس برنامه صحیح صورت پذیرد (۴). شاه‌میگوی دراز آب شیرین بومی ایران با نام علمی *Astacus leptodactylus* که به آن شاه‌میگوی بازو باریک نیز اطلاق می‌شود، از خانواده *Astacidae* می‌باشد و در دریای خزر، تالاب انزلی، دریاچه مخزنی سد ارس و مصب رودخانه‌های متاهی به این منابع آبی پراکنش دارد و گونه‌ای معروف به سردابی بودن (۵) با مقاومت بالا در شرایط محیطی گوناگون و تنوع غذایی گسترده و ارزان می‌باشد که می‌توان از باقی‌مانده و ضایعات محصولات مزارع کشاورزی در تغذیه آن استفاده نمود (۵).

بربر و کیل (۲۰۱۸) در بررسی تعیین این‌که آیا پرورش شاه‌میگوی آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) می‌تواند از نظر اقتصادی در مزارع برنج پرورش داده

شود، ویژگی‌های بقاء و رشد شاه‌میگوهای آب شیرین نوجوان را در این نوع مزارع به مدت ۶۸ روز مورد ارزیابی قرار دادند. در این مدت میزان بقای شاه‌میگوها ۶۴/۶۷ درصد تعیین شد و ایشان پیشنهاد نمودند که پرورش شاه‌میگوی آب شیرین در مزارع برنج می‌تواند به عنوان یک فرصت مناسب استفاده گردد (۶). زحمتکش و همکاران (۲۰۱۴) الگوی رشد شاه‌میگوی *Astacus leptodactylus* در استخرهای خاکی را بررسی نمودند که رشد این گونه را ایزومتریک بدست آوردند (۷). صوفیانی و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی عوامل موفقیت پرورش شاه‌میگوی *Cherax quadricarinatus* در مزارع سنتی اندونزی، مدیریت صحیح مزرعه، تغذیه مناسب و به اندازه و همچنین حفظ شرایط فیزیکی‌شیمیایی آب را به عنوان مهم‌ترین فاکتورها اعلام نمودند (۸).

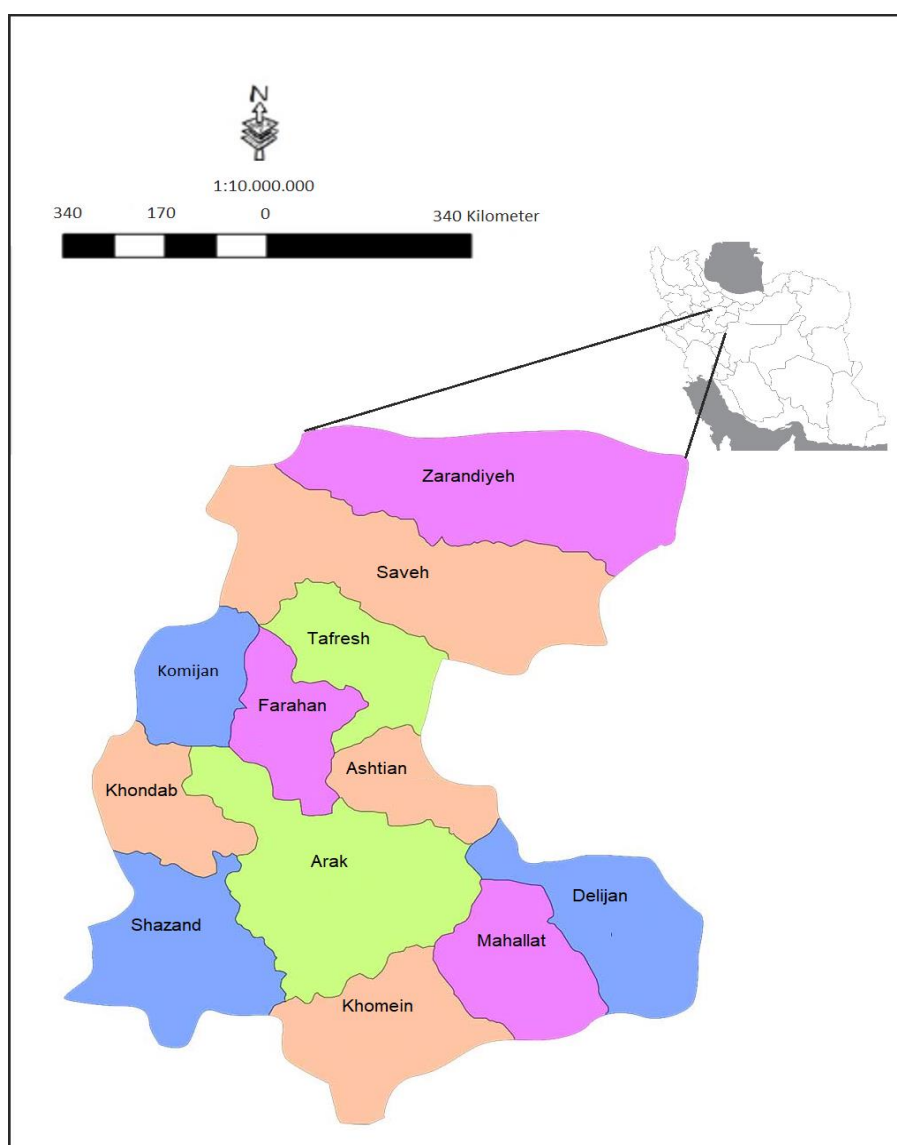
با توجه به بومی بودن و پراکنش طبیعی گونه *Astacus leptodactylus* یا شاه‌میگوی بازو باریک در ایران، اروپای شرقی، شوروی سابق، ترکیه و ترکمنستان، در سال‌های اخیر تلاش بسیاری برای پرورش آن در منابع آبی متنوع در استان‌های مختلف کشور انجام شده است (۷).

در استان مرکزی اکثر منابع آبی مورد استفاده برای کشاورزی، آب‌های زیرزمینی می‌باشند که با استفاده از پمپ آب به استخرهای ذخیره هدایت شده و در زمان آبیاری از آب ذخیره استفاده می‌شود و بسیاری از کشاورزان برای افزایش کارایی، در استخر ذخیره، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را پرورش می‌دهند و مشکل عمده آن‌ها حساسیت قزل‌آلا به کمبود اکسیژن در مواقع قطع برق، اشکال در سیستم پمپاژ یا بروز اتفاق غیرمنتظره و در نتیجه قطع جریان آب می‌باشد که معمولاً با تلفات سنگین مواجه می‌شوند (۹) در ضمن ماهی قزل‌آلا نیاز به مراقبت‌های ویژه و غذای گران‌قیمت دارد به همین علت نیاز به پرورش گونه‌هایی احساس می‌شود که علاوه بر مقاومت بالا در برابر کمبود اکسیژن، هزینه‌های جاری کم‌تری را در

مواد و روش‌ها

استان مرکزی نزدیک به مرکز ایران قرار داشته و از شمال به استان‌های تهران و قزوین، از غرب به استان همدان، از جنوب به استان‌های لرستان و اصفهان و از شرق به استان‌های تهران، قم و اصفهان محدود می‌شود. این استان با مساحتی معادل ۲۹۲۶۴ کیلومتر مربع حدود ۱/۸۲ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است و دارای آب و هوای معتدل با میانگین دمای ۱۳/۷ درجه در کل سال می‌باشد (۱۱).

پی داشته باشند (۱۰) بنابراین این تحقیق با هدف بررسی امکان پرورش شاه‌میگوی بازو باریک به عنوان اولین گزارش در استان مرکزی در استخرهای بتونی و خاکی ذخیره آب کشاورزی و بررسی فاکتورهای اولیه زیستی از جمله میزان رشد، رابطه طول با وزن، مقایسه رشد نر با ماده، فاکتور وضعیت و درصد بازماندگی در استخرهای مذکور و بررسی امکان جایگزینی شاه‌میگوی بازو باریک با گونه‌های موجود در مزارع ذخیره پرورش ماهی استان مرکزی انجام شد.



شکل ۱- نقشه استان مرکزی و موقعیت شهرستان‌های خمین و محلات به عنوان مناطق مورد بررسی پرورش شاه‌میگو در این استان.

Figure 1. Map of Markazi Province and the location of Khomein and Mahallat counties as areas studied for narrow-clawed crayfish farming in this province.

به منظور انجام مطالعه حاضر در شرایط واقعی آبی‌پروران، نیاز به استخرهای بتونی ذخیره کشاورزی و استخر خاکی بود که جهت استفاده از موقعیت واحدهای تولیدی، از استخرهای کشاورزان استان در شهرستان‌های خمین و محلات (بخش نیمور) استفاده گردید.

در پرورش شاه‌میگوهای آب شیرین روش‌های زیادی به کار گرفته می‌شود که عمده‌ترین آن‌ها روش گسترده^۱ و نیمه تراکم^۲ می‌باشد (۵). تعداد ۱۱۵۰۰ قطعه شاه‌میگو با وزن ۲۵ گرم و طول متوسط ۱۰ سانتی‌متر از سد ارس صید و بر اساس روش پرورش آبی‌پروران استان (۹) با تراکم ۲۰ قطعه در هر مترمربع در ۳ استخر بتونی با مساحت ۳۰۰ مترمربع و با تراکم ۵ قطعه در هر مترمربع در ۳ استخر خاکی با مساحت کلی ۱۱۰۰ مترمربع ذخیره‌سازی و برای مدت ۷۲ روز در فصل کشاورزی که از استخرهای ذخیره کشاورزی استفاده می‌گردد (۱۰)، نگهداری شدند.

یکی از عادات رفتاری گونه‌های شاه‌میگو، مخفی شدن در پناهگاه‌ها می‌باشد که در استخرهای پرورشی به صورت مصنوعی باید این پناهگاه‌ها را برای شاه‌میگو ایجاد نمود که معمولاً از آجرهای توخالی، بلوک سیمانی، لوله پولیکا و ورقه‌های سیمانی یا پلاستیکی چین‌دار به این منظور استفاده می‌شود (۵) بنابراین در این بررسی با استفاده از لوله‌های پولیکا با طول ۲۰-۱۵ و قطر ۱۰ سانتی‌متر که به وسیله یک طناب به صورت سری با فاصله ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار می‌گرفتند، در استخر خاکی و با استفاده از صفحات سیمانی چین‌دار در استخر بتونی لانه‌گذاری انجام گردید (۱۲). شاه‌میگوها روزانه با پلت مرحله رشد قزل‌آلا^۳، گوشت تازه ماهی، سیب‌زمینی پخته و ذرت خرد شده به میزان ۱ درصد وزن بدن تغذیه می‌شدند (۶).

اندازه‌گیری‌های مورفومتریک، همراه با تجزیه و تحلیل‌های چندمتغیره، می‌تواند برای بررسی تفاوت‌های موجود بین جمعیت‌های مختلف یک گونه مورد استفاده قرار گیرند و به‌طورکلی، رابطه طول و وزن شاه‌میگو ابزار اصلی مورد استفاده در توصیف آن‌ها است (۱) بنابراین هر هفته با استفاده از تور سالیک^۴ یا بیرون کشیدن لانه‌ها در استخر خاکی و تور ساچوک در استخر بتونی، ۱۰ نمونه شاه‌میگو به‌صورت تصادفی برداشته و بعد از تعیین جنسیت با مشاهده جفت اول پاهای شنا، طول کل (از ابتدای روستروم تا انتهای تلسون) به‌وسیله تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر و وزن کل با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری می‌شد (۱۳).

هر هفته در کنار زیست‌سنجی شاه‌میگوها، دما، اکسیژن محلول، شوری و پی‌اچ متوسط آب اندازه‌گیری گردید (۱۴).

میزان رشد متوسط با استفاده از رابطه زیر برآورد شد (۶):

$$G = (W_2 - W_1) / T$$

که G میزان رشد، W_2 وزن نهایی، W_1 وزن اولیه و T مدت زمان پرورش بر حسب روز می‌باشند. در ماهی‌ها و سخت‌پوستان رابطه طول با وزن به‌صورت $W = aL^b$ می‌باشد که W وزن بدن بر حسب گرم، L طول کل بر حسب سانتی‌متر، a ضریب ثابت و b شیب خط رابطه طول با وزن است که معمولاً بین دو تا چهار است و در صورتی رشد ایزومتریک است که b با ۳ اختلاف معنی‌دار نداشته باشد که بررسی این اختلاف با استفاده از آزمون پائولی صورت گرفت (۶):

$$t = \frac{sd \ln TL}{sd \ln W} \times \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} \times \sqrt{n-2}$$

4- Cast net

1- Extensive
2- Semi intensive
3- GFT

که TL طول کل، W وزن کل، b شیب خط رگرسیون رابطه طول با وزن، r^2 ضریب تعیین شیب خط رابطه طول با وزن و n تعداد نمونه‌های بررسی شده است.

برآورد فاکتور وضعیت و سایر خصوصیات مورفومتریک می‌تواند در حفظ و توسعه گونه‌ها و تعیین استراتژی‌های مدیریت پایدار برای گونه‌های تحت بررسی مفید باشد (۱۵). در این پژوهش، جهت برآورد فاکتور وضعیت که برای بیان وضعیت یا چاقی گونه موردنظر و مقایسه آن در بین جنس‌های نر و ماده، محل‌ها و زمان‌های مختلف به کار می‌رود، فرمول ضریب وضعیت به صورت زیر استفاده شد (۱۴):

$$K = \frac{W}{L^b} \times 100$$

که K فاکتور وضعیت، W وزن کل بر حسب گرم و L طول کل بر حسب سانتی‌متر ماهی و b شیب خط رگرسیون رابطه طول با وزن می‌باشد.

در پرورش شاه‌میگوی آب شیرین، میزان بازماندگی مهم‌ترین عاملی است که بر بهره‌وری و سودآوری پرورش شاه‌میگو تأثیر می‌گذارد (۱).

بنابراین به منظور برآورد میزان بازماندگی، تعداد کل شاه‌میگوها در هر استخر در طول دوره پرورش و در زمان برداشت، شمارش گردید. جهت تعیین تعداد شاه‌میگوها در طول دوره پرورش، در استخر بتونی با شمارش مستقیم شاه‌میگوها در واحد سطح و تعمیم به کل استخر فراوانی مشخص گردید و در استخر خاکی با استفاده از تور سالیک، تعداد صید در واحد سطح تعیین و به کل استخر تعمیم داده شد. درصد بازماندگی نیز با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (۶):

$$S = \frac{N_2}{N_1} \times 100$$

که S درصد بازماندگی، N_2 تعداد در زمان برداشت و N_1 تعداد در زمان رهاسازی می‌باشند.

جهت تجزیه آماری، ابتدا با استفاده از آزمون F معنی‌دار بودن تفاوت واریانس‌ها بین دو سیستم پرورشی موردنظر (استخر بتونی و خاکی) بررسی و سپس با تعیین نوع آزمون t مورد نیاز، میانگین‌ها مقایسه گردیدند (۱۵).



شکل ۲- نحوه نمونه‌برداری از شاه‌میگوهای استخر خاکی با استفاده از تور سالیک.

Figure 2. Catching method to sample narrow-clawed crayfish from earthen ponds using a cast net.

نتایج

شکل ۳ نشان داده شده است. در این مطالعه میزان رشد شاه‌میگو در استخرهای خاکی برابر ۰/۳۲ گرم در روز و در استخرهای بتونی برابر ۰/۱۵ گرم در روز برآورد گردید.

نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک استخرهای بتونی و خاکی استفاده شده در این پژوهش در جدول‌های ۱ و ۲ و روابط طول با وزن شاه‌میگوهای پرورشی در دوره ۷۲ روزه پرورش در

جدول ۱- میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب استخرهای بتونی و خاکی استفاده شده در پرورش شاه‌میگو در استان مرکزی در طول دوره پرورش.

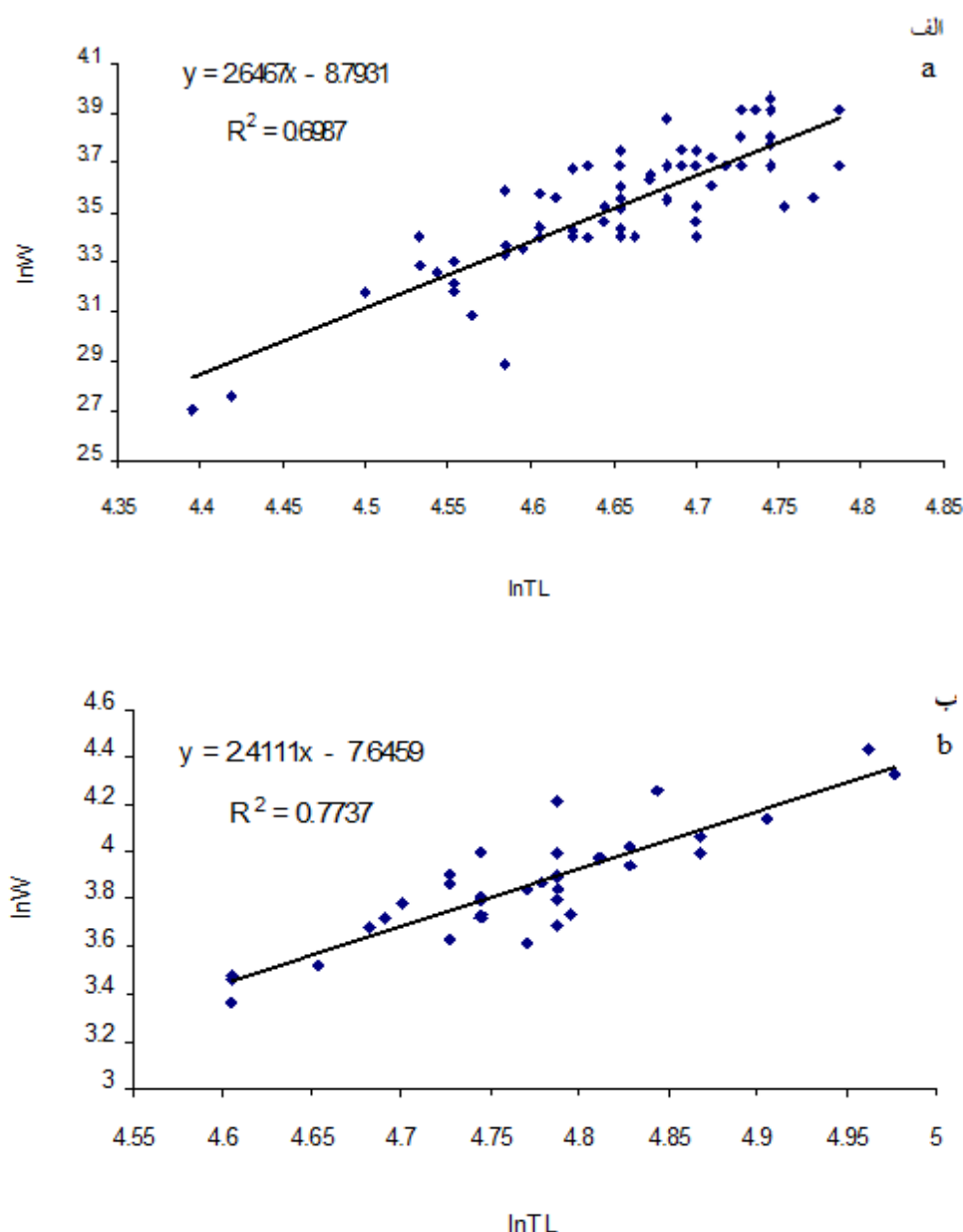
Table 1. Average physical and chemical properties of water in concrete and earthen ponds used in narrow-clawed crayfish farming in Markazi Province during the farming period.

P	استخرهای خاکی Earth pools	استخرهای بتونی Concrete pools	واحد Unit	پارامتر Parameter
P<0.05	9.1±3.2	10.1±2.1	mg/l	O ₂
P>0.05	7±4.4	5.1±1.4	g/l	شوری Salinity
P<0.01	22.1±4	16±2	درجه سانتی‌گراد Degrees Celsius	دما Temperature
P<0.01	8.3 ± 0.1	6.8±0.6	-	pH
P<0.01	15±2	42.68±5	mg/l	NO ₃ ⁻
P<0.01	700±84	460±53	mg/l	سختی کل Total hardness
P<0.01	225±18	4.8±1	mg/l	کلسیم Calcium
P<0.01	4750±401	1107±52	mmhos/cm	هدایت الکتریکی (EC) Electrical Conductivity (EC)
P<0.01	570±68	2.28±1	mg/l	کلر Chlorine

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استخرهای خاکی مورد بررسی (نتایج آزمایشگاه خاک‌شناسی اراک شیمی).

Table 2. Physical and chemical properties of the soil of investigated earthen pools (results from the Arak Shimi Soil Laboratory).

مقدار Amount	واحد Unit	پارامتر Parameter
7.7	-	pH
4.4	Ppm	فسفر قابل جذب Absorbable Phosphorus
150	Ppm	پتاسیم قابل جذب Absorbable Potassium
30.6	درصد Percent	شن Sand
55.6	درصد Percent	سیلت Silt
13.8	درصد Percent	رس Clay



شکل ۳- رابطه لگاریتمی طول و وزن کلیه نمونه‌های شاه‌میگو بررسی شده در دوره پرورش در استخرهای بتونی (الف) و استخرهای خاکی (ب).

Figure 3. Logarithmic relationship between length and weight of all in narrow-clawed crayfish samples studied during the breeding period in concrete ponds (a) and earthen ponds (b).

سایر پارامترهای زیستی شاه‌میگوهای پرورش‌یافته در استخرهای بتونی و خاکی در جدول ۳ آورده شده است:

t به‌دست آمده با استفاده از فرمول پائولی برای رابطه طول با وزن در هر دو نوع استخر بتونی و خاکی، کوچک‌تر از t جدول بوده بنابراین رشد ایزومتریک بود و چون b کوچک‌تر از ۳ می‌باشد، رشد ایزومتریک منفی است (۶).

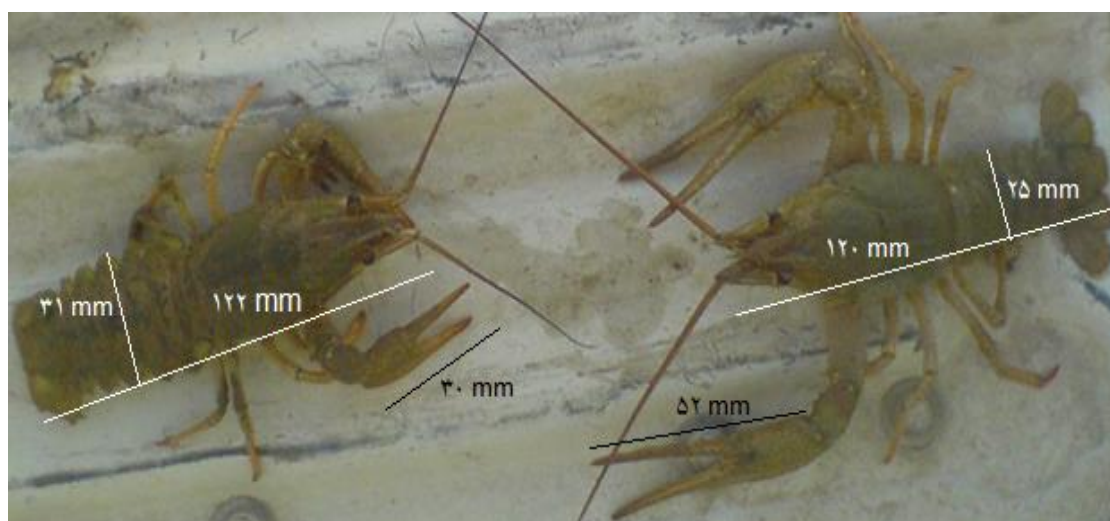
جدول ۳- میانگین طول و وزن و فاکتور وضعیت مجموع شاه‌میگوهای نر و ماده پرورش‌یافته در استخرهای بتونی و خاکی در شهرستان‌های خمین و محلات استان مرکزی در طول دوره پرورش ۷۲ روزه.

Table 3. Average length, weight and condition factor of total male and female narrow-clawed crayfish reared in concrete and earthen ponds in Khomein and Mahallat counties of Markazi province during the 72-days rearing period.

p	استخرهای خاکی Earth pools	استخرهای بتونی Concrete pools	پارامتر Parameter
P<0.01	47.62±11.32	36.08±7.96	میانگین وزن نهایی (گرم) Average final weight (grams)
P<0.01	117.11±9.74	104.92±8.42	میانگین طول نهایی (میلی‌متر) Average final length (millimeters)
P<0.01	11.37±1.48	6.79±0.9	فاکتور وضعیت Condition factor

بودن این اختلاف‌ها در کلیه موارد از آزمون t یک‌گروهی استفاده شد (۱۵).

قبل از مقایسه میانگین‌های دو سیستم پرورشی استخرهای بتونی و خاکی، معنی‌دار بودن تفاوت واریانس‌های آن‌ها بررسی گردید که به دلیل بی‌معنی



شکل ۴- مقایسه جنس‌های نر و ماده شاه‌میگو. سمت راست شاه‌میگوی نر و سمت چپ شاه‌میگوی ماده می‌باشند که طول بازوهای نر بزرگ‌تر از ماده بوده ولی عرض قطعه شکمی ماده بیش‌تر است.

Figure 4. Comparison of male and female narrow-clawed crayfish. The right side is the male crayfish and the left side is the female crayfish. The male's arms are longer than the female's, but the female's abdomen is wider.



شکل ۵- یک قطعه شاهمیگوی نر در استخر خاکی که در پایان دوره پرورش به وزن ۷۰/۹ گرم رسیده است.

Figure 5. A male narrow-clawed crayfish in a earthen pond that has reached to 70.9 grams at the end of the rearing period.

مرگ و میر، ضعیف شدن شاهمیگوها و عدم توانایی ایجاد پوسته جدید بود. میزان بقاء در استخرهای خاکی ۶۵ درصد بود که از نظر ظاهری نیز شاهمیگوهای این استخرها کاملاً سالم بودند.

بعد از اتمام دوره پرورش میزان بقاء در استخرهای بتونی بسیار کم و معادل ۱۰ درصد برآورد گردید که شاهمیگوها در زمان پوست‌اندازی (شکل ۶) و یا بعد از آن دچار تلفات می‌شدند و علت این



شکل ۶- بروز مرگ و میر شاهمیگوهای استخرهای بتونی در زمان پوست‌اندازی به عنوان مهم‌ترین عامل تلفات در این نوع استخرها.
Figure 6. Mortality of narrow-clawed crayfish in concrete ponds during molting as the most important cause of mortality in this type of ponds.

بحث

خصوصیات فیزیک و شیمی آب: در این بررسی میزان متوسط اکسیژن محلول در استخر بتونی بیش‌تر از استخر خاکی بود که دلیل آن تعویض مستمر آب در این نوع سیستم می‌باشد که دائماً آب تازه وارد استخر می‌شود که حاوی اکسیژن بیش‌تری است و در عین حال دمای پایین‌تری خواهد داشت که برابر با دمای آب ورودی از چاه می‌باشد (۱۰) ولی در استخر خاکی به دلیل ماندگاری بسیار بیش‌تر آب در استخر و با وجود رنگ تیره آب و گرم شدن آب توسط نور خورشید، دما بالاتر می‌باشد.

همان‌طور که در جدول خصوصیات فیزیکی و شیمی آب استخرهای مورد بررسی مشاهده می‌شود، آب استخرهای خاکی دارای کلسیم، سختی کل، هدایت الکتریکی و شوری بالاتری نسبت به آب استخرهای بتونی می‌باشد. بالاتر بودن کلیه فاکتورهای فوق به دلیل ارتباط مستقیم آب با خاک و هم‌چنین عناصر موجود در خاک منطقه می‌باشد که تاحدودی قلیایی بوده و املاح بیش‌تری دارد. در جدول ۲، pH خاک منطقه مذکور آورده شده است که در این منطقه به دلیل بالا بودن املاح و آهک در خاک کشاورزی، کشت گیاهان با مشکل روبرو است ولی پرورش ماهیان گرمابی در استخرهای خاکی منطقه بسیار موفق بوده است و آب استخرهای خاکی این منطقه بسیار حاصلخیز بوده و به دلیل وجود آهک در خاک منطقه دارای خاصیت تامپونی بالایی می‌باشد که در حین بررسی نیز مشاهده شد که تغییرات pH و شرایط فیزیک و شیمی آب استخرهای خاکی در طول شبانه روز تفاوت زیادی نداشت ولی استخر بتونی تغییرات pH زیادی در طی شبانه روز داشت که به دلیل تجمع جلبک در اطراف و زیر ورقه‌های سیمانی چین‌دار لانه‌های شاه‌میگوها بود که امکان تمیز کردن آن به‌ویژه به‌دلیل جلوگیری از بروز استرس برای شاه‌میگوها،

وجود نداشت و جلبک‌های تولید شده در این فضاها باعث ایجاد تغییرات pH در طول شبانه‌روز در این استخرها می‌شدند. در تحلیل تأثیر تغییرات pH آب استخرهای بتونی بر سلامتی و بقاء شاه‌میگوها، می‌توان به مطالعه بیون و همکاران (۲۰۱۸) اشاره نمود که از بین فاکتورهای فیزیکو-شیمیایی مختلف، مهم‌ترین عامل جهت بقاء شاه‌میگوهای آب شیرین را pH آب عنوان نموده‌اند و pH پائین‌تر از ۷ را به‌عنوان فاکتور مانع کلسیفیکاسیون^۱، پوست‌اندازی، رشد و تولیدمثل اعلام کرده‌اند و بیان نمودند که به همین دلیل در دریاچه‌هایی که pH پائین‌تر از ۶ دارند شاه‌میگو یافت نمی‌شود زیرا توانایی تولیدمثل در این مکان‌ها را ندارند (۱۶). صوفیانی و همکاران (۲۰۲۳) نیز در بررسی عوامل مؤثر بر پرورش موفق شاه‌میگوی آب شیرین در مزارع سنتی کشور اندونزی، اولین عامل مؤثر را کنترل pH آب و دومین عامل را تغذیه مناسب عنوان نموده‌اند (۸).

مشکلی که در رابطه با استخرهای بتونی در این مطالعه وجود داشت این بود که کف و دیواره‌های استخر بتونی پوشیده از جلبک بود که به دلیل عمق زیاد استخر بتونی (استخرهای ذخیره کشاورزی معمولاً دارای عمق ۳ متر و حتی بیش‌تر هستند تا مقدار آب بیش‌تری در آن‌ها ذخیره شود) و لانه‌گذاری برای شاه‌میگوها، امکان جلبک‌زدایی وجود نداشت. هم‌چنین می‌توان گفت دومین عامل تلفات بسیار زیاد در استخرهای بتونی، کم بودن کلسیم آب در این نوع استخرها بود. مشابه این نتیجه را رینولدز (۲۰۰۲) به‌دست آورد که کم بودن کلسیم آب را عاملی برای کاهش استرس‌پذیری شاه‌میگو به خصوص در برابر اسیدی شدن آب بیان نموده است، وی بیان نموده که در آب‌هایی که pH پائین دارند کلسیم معمولاً کم بوده و یک عامل محدودکننده خواهد بود (۱۷) و

1- Calcification

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میزان pH و کلسیم استخرهای بتونی بسیار پایین‌تر از استخر خاکی می‌باشد. علاوه بر این چون کلسیم در خاک معمولاً به صورت کربنات کلسیم وجود دارد، در آب به بیکربنات کلسیم تبدیل می‌شود که خاصیت تامپونی آب را افزایش داده و تغییرات pH در طول شبانه‌روز را کم‌تر می‌کند (۱۰). نیستروم (۲۰۰۲) نیز در استخرهای یوتروف پرورش شاه‌میگو در فصول گرم سال تلفات سنگین *A. astacus* را در طی پوست‌اندازی آن‌ها گزارش نموده است که علت آن را کاهش pH در اثر تولید دی‌اکسیدکربن توسط جلبک‌ها در تاریکی شب عنوان نموده است (۱۸).

میزان رشد: در این بررسی میزان رشد روزانه شاه‌میگو در استخرهای خاکی بیش از دو برابر رشد در استخرهای بتونی بوده است که بر اساس منابع (۱۸ و ۱۹) می‌توان گفت، مهم‌ترین دلیل آن میزان دما در استخرهای خاکی می‌باشد که دمای استخرهای خاکی ۲۲/۴ و در استخرهای بتونی ۱۶ درجه است. نیستروم (۲۰۰۲) بهترین دما برای رشد *A. leptodactylus* را ۲۱/۸ درجه سانتی‌گراد و بهترین شوری را ۷ ppt بیان نموده است (۱۸)، عسکری حسنی و همکاران (۲۰۰۹) نیز بهترین دما برای پوست‌اندازی و رشد *A. leptodactylus* را ۲۵ درجه به‌دست آوردند (۱۹) که در استخرهای خاکی مورد بررسی در این مطالعه، این شرایط بهینه وجود داشت. بنابراین طبق نتایج مطالعات فوق، می‌توان نتیجه گرفت که در استخرهای خاکی با وجود دمای بالاتر و همچنین وجود تولیدات طبیعی استخر، میزان مصرف غذا بیش‌تر بوده و میزان رشد بیش‌تر خواهد بود. در نتایج کرول و واتس (۲۰۱۴)، با افزایش دما از ۴ درجه به سمت ۳۲ درجه سانتی‌گراد، میزان متابولیسم و در نتیجه میزان مصرف غذای شاه‌میگوهای دراز آب شیرین *procambarus zonangulus* و *procambarus clarkii*

افزایش بسیار زیادی می‌یابد، به‌طوری‌که در دمای ۳۲ درجه میزان جذب پروتئین هفت تا ده برابر و میزان جذب کربوهیدرات ۱۵ تا ۲۶ برابر خواهد شد و در کل کارایی جذب مواد غذایی با افزایش دما پنج برابر می‌شود (۲۰). در این بررسی نیز دمای آب در استخرهای خاکی اختلاف معنی‌داری با دمای آب استخرهای بتونی داشت و در محدوده مناسب برای رشد بود (۱۹) که علت آن، ماندگاری بیش‌تر آب در این نوع استخرها و گرم شدن با تابش خورشید بود.

ابو (۲۰۱۹) نیز در مقایسه میزان رشد نوزادان شاه‌میگوی دراز آب شیرین *A. leptodactylus* در استخرهای بتونی و خاکی، میزان رشد در استخر خاکی را بیش‌تر گزارش نموده است و بیان نموده است که رشد در شاه‌میگوی دراز آب شیرین شدیداً تحت‌تأثیر شرایط محیطی به خصوص دما و میزان غذا می‌باشد. همچنین وی یکی از مهم‌ترین عناصر موجود در آب برای رشد شاه‌میگوی دراز آب شیرین را کلسیم دانسته است زیرا در هر پوست‌اندازی، شاه‌میگو مقدار زیادی کلسیم از دست می‌دهد که وجود کلسیم در آب می‌تواند به جبران این کمبود کمک نماید (۲۱). همان‌طور که در جدول ۱ نیز مشاهده می‌شود، کلسیم در آب استخرهای خاکی ۲۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و در آب استخرهای بتونی ۴/۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که می‌تواند در افزایش رشد شاه‌میگوها در استخرهای خاکی مؤثر بوده باشد، در این بررسی در مورد فاکتور وضعیت نیز مشاهده می‌شود که در استخرهای خاکی، شاه‌میگو ضریب وضعیت بسیار بهتری نیز داشته است که ناشی از تغذیه بهتر آن در این محیط می‌باشد.

گیتاو و همکاران (۲۰۲۴) نیز در سیستم‌های پرورش اقتصادی شاه‌میگو، به این نتیجه رسیدند که استفاده از غذای پلت به تنهایی نمی‌تواند احتیاجات کامل شاه‌میگوهای پرورشی را برآورده نماید و برخی

از گونه‌ها در مقایسه با خوراک‌های تجاری تمایل به تغذیه از گیاهان آبی و انواع پلانکتون‌ها را دارند. ایشان ثابت نمودند که در تمام رده‌های سنی گونه‌های مختلف شاه‌میگو، زئوپلانکتون‌ها اجزای ضروری رژیم غذایی آن‌ها هستند. به عنوان مثال، در بررسی ایشان *P. clarkii* طیف وسیعی از غذاهای گیاهی و حیوانی را در هر مرحله از چرخه زندگی خود ترجیح می‌داد ولی به‌طور کلی، احتیاجات خوراک را برای شاه‌میگوهای آب شیرین شامل محتوای پروتئینی بین ۲۵ تا ۳۰ درصد و محتوای چربی حدود ۱۰ درصد گزارش نمودند (۱). بنابراین در این بررسی نیز مطابق نتایج گیتا و همکاران (۲۰۲۴)، در استخرهای خاکی که انواع غذاهای طبیعی وجود دارد، شاه‌میگو از غذاهای گیاهی و حیوانی موجود در محیط اطراف خود استفاده می‌نماید و این موضوع به رشد شاه‌میگو کمک می‌نماید ولی در استخر بتونی که فقط از غذای پلت استفاده می‌شود، احتیاجات شاه‌میگو تامین نمی‌شود و به همین دلیل در استخر خاکی رشد بیش‌تر می‌باشد.

رابطه طول با وزن: ضریب رابطه طول با وزن شاه‌میگو در هر دو نوع استخر خاکی و بتونی به‌ترتیب ۲/۶۴ و ۲/۴۱ به دست آمد که تفاوت آن با ۳ معنی‌دار نبود بنابراین رشد ایزومتریک منفی است (۱۰). در مقایسه رابطه طول با وزن همین گونه با نتایج مطالعه نکویی‌فرد و همکاران (۲۰۱۹) در سد ارس که محیط طبیعی زندگی آن می‌باشد چنین مشاهده می‌شود که رشد در سد ارس ایزومتریک مثبت بوده و شیب خط رابطه طول با وزن (b) در مطالعه مذکور برابر ۳/۳۶ می‌باشد (۲۲) که می‌تواند نشان‌دهنده شرایط رشدی بهتر سد ارس در مقایسه با پرورش در محیط محصور باشد. بالیک و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی رابطه

طول با وزن همین گونه در دریاچه ایقیردیر^۱ ترکیه، ضریب b را ۲/۸۵ و رشد را ایزومتریک منفی گزارش نموده‌اند (۲۳) که مشابه تحقیق حاضر می‌باشد.

با توجه به مطالب ذکر شده در فوق چنین نتیجه گرفته می‌شود که پرورش شاه‌میگو بسیار وابسته به شرایط محیطی به ویژه دما، pH آب و وجود مواد غذایی طبیعی می‌باشد که استخرهای خاکی شرایط لازم برای پرورش این گونه را داشته و پرورش شاه‌میگو در این منطقه امکان‌پذیر می‌باشد ولی در استخرهای بتونی استان با توجه به دمای پائین، اسیدی‌تر بودن آب و عدم وجود غذای طبیعی در محیط پرورش، بیش‌تر برای پرورش ماهیان سردابی مانند قزل‌آلای رنگین‌کمان مناسب است و پرورش شاه‌میگو در این نوع استخرهای استان مناسب نیست که در حال حاضر نیز اکثر آبی‌پروران استان مرکزی در استخرهای بتونی ذخیره آب کشاورزی، گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان را پرورش می‌دهند (۱۰). گیتا و همکاران (۲۰۲۴) نیز مشابه نتایج این مطالعه، وجود زئوپلانکتون‌ها در محیط زندگی شاه‌میگوها را عامل بسیار مهمی برای موفقیت پرورش آن‌ها اعلام نموده و اظهار داشته‌اند می‌توان به جای خوراک‌های تجاری، انواع زئوپلانکتون‌ها را در اختیار شاه‌میگوها قرار داد که هزینه پرورش نیز بسیار کاهش خواهد یافت و نرخ رشد ویژه و باروری بیش‌تر را برای شاه‌میگوها به دنبال خواهد داشت (۱).

باید ذکر نمود که در مورد شاه‌میگو علاوه بر بررسی امکان پرورش، باید بازار فروش را نیز در نظر گرفت. ابو (۲۰۱۹) مهم‌ترین مشکل پرورش شاه‌میگو در ایران را بازار بی‌ثبات آن بیان نموده زیرا شاه‌میگو بیش‌تر در اروپا به ویژه کشور فرانسه مصرف می‌شود و کشورهای غیراروپایی معمولاً به منظور صادرات به اروپا آن را پرورش می‌دهند بنابراین میزان سود حاصل کاملاً وابسته به میزان تقاضا در این بازار

محدود بوده و از مکانی به مکان دیگر و از سالی به سال دیگر بسیار متفاوت است (۲۱). برخی از محققین از جمله هولدینگ (۲۰۰۲) و ابو (۲۰۱۹)، جنس *Astacus spp.* را به علت سردابی بودن و در نتیجه رشد کم و طولانی بودن دوره پرورش نسبت به گونه‌های گرمابی مانند *Procambarus clarkii* مناسب پرورش در سیستم‌های پرورشی ندانسته و بهترین راه بهره‌برداری از گونه *Astacus leptodactylus* را تولید در منابع آبی طبیعی یا دست‌ساز و نیمه‌طبیعی مانند دریاچه‌های پشت سدها و آبگیرها و حفاظت از ذخائر آن در اکوسیستم‌های خاستگاه آن دانسته‌اند که البته قبل از رهاسازی آن‌ها در منابع آبی، باید روند کامل تغییرات pH، دما و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منطقه را بررسی نمود (۴ و ۲۱). گیتا و همکاران (۲۰۲۴) در نتایج مطالعه خود اعلام نمودند که شاه‌میگوها می‌توانند در محیط‌های طبیعی، رشد گیاهان مضر آبی را کنترل نمایند و در این محیط‌ها هزینه پرورش آن‌ها بسیار کاهش می‌یابد زیرا نیاز به غذادهی دستی بسیار کمتر خواهد شد و رشد شاه‌میگوها نیز در این محیط‌ها بیشتر است (۱). بنابراین بهتر است این گونه‌ها در محیط‌های باز و طبیعی به ویژه قفسهای محصور در ساحل دریا (پن)^۱ پرورش داده شوند و با توجه به بیولوژی و نیازهای شاه‌میگوها، در تعیین محل پرورش این موجودات آبی باید بسیار هوشمندانه عمل نمود. نکوئی فرد و همکاران (۲۰۱۹) پرورش متراکم این گونه در محیط‌های مصنوعی را نیازمند یافتن روش‌های جدید به ویژه در بخش خوراک این گونه اعلام نموده‌اند (۲۲).

ووگت (۲۰۲۱) نیز در ارزیابی مناسب بودن شاه‌میگوی مرمی پارتنورنتیک *Procambarus virginalis* به‌عنوان یک نامزد جدید امیدوارکننده برای آبی‌پروری جهان، در مقایسه رشد بین شاه‌میگوی مرمی و شاه‌میگوی قرمز باتلاق *Procambarus clarkia* که

گونه پیشرو در آبی‌پروری شاه‌میگو می‌باشد، سائیز کوچک‌تر و رشد بسیار کندتر را در شاه‌میگوی مرمی به‌دست آورد و اعلام نمود که این گونه در صورت پرورش، تنها بخش بسیار کمی از نیاز بازار بین‌المللی را می‌تواند برآورده کند. وی پرورش این گونه را در سیستم‌های باز به روش گسترده را در کشورهای در حال توسعه از نظر اقتصادی، توجیه‌پذیر دانسته ولی با توجه به مهاجم بودن شاه‌میگوهای مرمی و امکان فرار آن‌ها از این مکان‌ها و حمله به اکوسیستم‌های طبیعی، وی پرورش در سیستم‌های بسته را یک جایگزین مطمئن دانسته ولی آن‌را هزینه‌بر و از نظر اقتصادی غیرسودآور اعلام نموده است و در نتیجه‌گیری کلی، به دلایل اقتصادی (جثه کوچک و رشد آهسته) و نگرانی‌های زیست‌محیطی، شاه‌میگوی مرمی را برای آبی‌پروری نامناسب در نظر گرفته است و اظهار داشته که نباید این گونه برای آبی‌پروری در سراسر جهان، همان‌طور که قبلاً برای *Procambarus clarkii* انجام شد، پخش شود، که منجر به اثرات مخرب زیست‌محیطی در بسیاری از کشورها می‌شود (۲۴).

تونجیز و همکاران (۲۰۲۱) نیز در ارزیابی شاه‌میگوی مرمی مهاجم *Procambarus virginalis* که علی‌رغم مشمول بودن در مقررات اتحادیه اروپا در مورد پیشگیری و مدیریت ورود و گسترش گونه‌های مهاجم بیگانه، در اثر تجارت به عنوان گونه آکواریومی به طبیعت راه یافته، به‌عنوان یک پتانسیل برای آبی‌پروری پایدار، اسکلت بیرونی شاه‌میگوی مرمی را منبع مناسبی از کیتین برای سنتز کیتوزان و پلاستیک‌های زیستی عنوان نمودند و نتایج ایشان نشان داد که شاه‌میگوی مرمی در سیستم‌های بسته ممکن است بتواند رشد مناسبی داشته و برای آبی‌پروری مناسب باشد ولی مشکل اینست که شرایط کشت شاه‌میگوی مرمی در محیط بسته هنوز

توجه به بروز خشکسالی‌های پیاپی، محدودیت شدیدی در منابع آبی بوجود آمده است و امکان استفاده از استخرهای خاکی به عنوان استخر ذخیره کشاورزی وجود ندارد. هم‌چنین با توجه به رفتارهای بیولوژیک شاه‌میگوی آب شیرین در منابع آبی طبیعی و مهاجم بودن این گونه، به هیچ وجه توصیه نمی‌شود که شاه‌میگوی دراز آب شیرین در منابع آبی طبیعی استان رها سازی گردد.

نویسندگان این مقاله پیشنهاد می‌نمایند که سازمان شیلات ایران تلاش خود را برای حفظ ذخایر این گونه در منابع آبی خاستگاه آن به ویژه سد ارس متمرکز نماید و مراکزی که جهت حفظ ذخایر این گونه فعالیت می‌نمایند را تقویت نماید تا ذخایر شاه‌میگوی دراز آب شیرین در این محیط‌ها بازسازی شوند.

بهینه نشده است و پتانسیل آن‌ها برای آبی‌پروری در این سیستم‌ها توسعه نیافته است که مهم‌ترین بخش، تولید و استفاده از خوراک بسیار کارآمد می‌باشد. بنابراین تحقیقات بیشتر برای بهینه‌سازی خوراک شاه‌میگوهای مرمری و شرایط کشت متفاوت مورد نیاز است تا به طور کامل پتانسیل آن‌ها برای تولید پایدار پروتئین محقق شود و هر رویکرد آبی‌پروری برای این گونه باید بر اساس استفاده از سیستم‌های بسته (بازچرخانی)^۱ برای کاهش خطرات زیست‌محیطی باشد (۱۲).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این مطالعه می‌توان گفت پرورش شاه‌میگوی دراز آب شیرین گونه *Astacus leptodactylus* در محیط‌های مصنوعی و پرورشی در استان مرکزی نمی‌تواند جایگزین گونه‌های موجود گردد. به ویژه در سال‌های اخیر با

منابع

- Gitau, G. M., Vincent, M., Robin, N., Nzeki, I. J., & Maina, O. I. (2024). Crayfish production potential in Africa: A Review. *Journal of Agriculture Science & Technology*. 23 (1), 94-112. DOI:<https://doi.org/10.4314/jagst.v24i1.6>.
- Aly, W., El-Far, A., & Fetouh, M. (2020). Some Fisheries and Biological Aspects of the Crayfish *Procambarus clarkia* (Girard, 1852) in the River Nile, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 24 (4), 33-42.
- Bracken-Grissom, H. D., Ah Yong, S. T., Wilkinson, R. D., Feldmann, R. M., Schweitzer, C. E., Breinholt, J. W., & Crandall, K. A. (2014). The emergence of lobsters: Phylogenetic relationships, morphological evolution and divergence time comparisons of an ancient group (Decapoda: Achelata, Astacidea, GlypHeidea, Polychelida). *Systematic Biology*, 63(4), 457-479. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syu008>.
- Holdich, D. (2002). General biology, in: Holdich, D., Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. pp: 1-27 (702 p).
- Abdolmanafi, M., & Ahmadzadeh, M. (2020). A review of the reproduction and cultivation of freshwater narrow-clawed crayfish with emphasis on the importance of the native Iranian species *Astacus leptodactylus*. 10th Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources. July 7, 2020. Center for Studies and Research on Fundamental Sciences and Technologies in Society and Center for Strategies for Achieving Sustainable Development. Tehran. [In Persian]

1- Recirculating aquaculture systems (RAS)

6. Berber, S., & Kale, S. (2018). Comparison of Juvenile *Astacus leptodactylus* Growth raised in cages in rice fields to other crayfish juvenile growth studies. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 18 (1), 331-341. DOI: 10.4194/1303-2712-v18_2_12.
7. Zhamtekhkash, A., Karimzadeh, K., & Valipour, A. (2014). Investigation of the pattern of distribution and the relationship between body length and weight in the narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus*. *Journal of Marine Sciences and Technologies*. 13 (3), 11-22. [In Persian]
8. Sofyani, T., Hendri, R., & Renolafitri, H. (2023). Freshwater crayfish enlargement business at traditional farm, Sukajaya District, Pesawaran Regency, Lampung Province. *Economic, Management and Social Sciences (ECOMANS)*, 2 (1): 13-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.33578/kpd.v0i0.000>.
9. Rezaei, M. M., Salehi, M., Akbari, H., & Chamani, M. (2012). Fish farming in agricultural water storage ponds. Promotional booklet. Markazi Province Agricultural Jihad Organization. Khondab County Agricultural Jihad Management. 25 P. [In Persian]
10. Rezaei, M. M. (2023). Strategies for improving fish farming productivity in Markazi Province. Markazi Province Agricultural Jihad Organization. Fisheries and Aquatic Affairs Management. Promotional booklet. 96 p. [In Persian]
11. Statistical Yearbook of the Markazi Province. (2021). Land and Climate. Statistical Center of Iran. 49 p. [In Persian]
12. Tönges, S., Masagounder, K., Lenich, F., Gutekunst, J., Tönges, M., Lohbeck, J., Miller, A. K., Böhl, F., & Lyko, F. (2021). Evaluating Invasive Marbled Crayfish as a Potential Livestock for Sustainable Aquaculture. *Frontiers in Ecology and Evolution. Sec. Population, Community, and Ecosystem Dynamics*. 9 (1), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.651981>.
13. Deniz, T., Aydın, H., & Ateş, C. (2013). A study on some morphological characteristics of *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz 1823) in seven different inland waters in Turkey. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*. 19 (2), 190-205.
14. Mazlum, Y., Güner, O., & Şirin, S. (2011). Effects of Feeding Interval on Growth, Survival and Body Composition of Narrow-Clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 Juveniles. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 11 (1), 283-289. DOI: 10.4194/trjfas.2011.0213.
15. Dirican, S. (2018). Predata on Some Morphometric Characters and Condition Factors of Crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) from Kılıçkaya Reservoir, Sivas, Turkey. *International Journal of Innovative Studies in Aquatic Biology and Fisheries*. 4 (1), 20-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.20431/2454-7670.0401004>.
16. Beaune, D., Sellier, Y., Luquet, G., & Grandjean, F. (2018). Freshwater acidification: an example of an endangered crayfish species sensitive to pH. *Journal of Hydrobiologia*. 813 (1), 41-50.
17. Reynolds, J. D. (2002). Growth and Reproduction, in: Holdich D. Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. pp: 152-191.
18. Nystrom, P. (2002). Ecology of freshwater crayfish. in: Holdich, D. Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science. pp: 192-235.
19. Askari-Hesni, M., Shabanipour, N., Zahmatkesh, A., & Toutouni, M. M. (2009). Effects of temperature and salinity on survival and moulting of the narrow-clawed crayfish, *Astacus Leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (Decapoda, Astacidea). *Journal of Crustaceana*. 82 (12), 1495-1507.

20. Croll, S. L., & Watts, S. A. (2014). The effects of temperature on feed consumption and nutrient absorption in *procambarus clarkii* and *procambarus zonangulus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 35 (4), 478-488.
21. Abu, M. (2019). Final report on freshwater narrow-clawed crayfish farming in different farming systems. Markazi Province Agricultural Jihad Organization. Fisheries and Aquatic Affairs Management. 30 p. [In Persian]
22. Nekoeifard, A., Valinasab, T., Seyed Mortezaei, S. R., Fasih, M., Mukhir, Z., Talebzadeh, A., Valipour, A., Imani, A., Mohebi, F., Abdi, K., Mohsenpour-Azari, A., Manaf-Far, R., Seidgar, M., Shiri, S., Mostafizadeh, B., Abbaspour-Anbi, A., Alizadeh-Osalo, J., & Ganji-Golmankhaneh, S. (2019). Review of the latest scientific and practical findings on reproduction and breeding, assessment and restoration of freshwater crayfish disease stocks. National Institute of Fisheries Sciences Research. Final report of the research project. 101 p. [In Persian]
23. Balik, I., Cubuk, H., Özkök, & Uysal, R. (2005). Some biological characteristics of crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in lake Eğirdir, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*. 29 (4), 295-300.
24. Vogt, G. (2021). Evaluation of the suitability of the parthenogenetic marbled crayfish for aquaculture: potential benefits versus conservation concerns. *Journal of Hydrobiologia*. 848 (1), 285-298. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04395-8>.

