وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
ISSN: 2423-6349
دوره ۱۳، شماره ۱، صفحات ۷۰-۷۸

بهینه سازی روش پنوماتیک استحصال تخم در ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با تأکید بر بهبود کارایی و نتایج تولیدمثلی

رقیه محمودی [۱]

[۱] استادیار پژوهشی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی یاسوج

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۲
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰

نویسنده مسئول مکاتبه:
رقیه محمودی، استادیار پژوهشی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی یاسوج

ایمیل:
roghaye.mahmodi@gmail.com

چکیده

استحصال تخم از مراحل حیاتی در تکثیر ماهی قزل آلای رنگین کمان محسوب می شود. روش سنتی ماساژ دستی با خطراتی مانند تغییر pH مایع تخمدان و آسیب فیزیکی به مولدین همراه است. این مطالعه بهینه سازی روش پنوماتیک را به عنوان جایگزینی کارآمد بررسی کرده و تأثیر نوع گاز ، دبی جریان ، فشار و مشخصات نیدل را ارزیابی نموده است. از ۸۰ قطعه مولد ماده ۴ ساله با میانگین وزنی ۰.۰۰۳۵ ± ۳۷۸۳.۵ گرم در گروه های آزمایشی استفاده شد. نرخ بازماندگی، مدت استحصال، pH مایع تخمدان، درصد لقاح، چشم زدگی و تفریخ اندازه گیری شدند. روش پنوماتیک با دبی ۱.۵ لیتر/دقیقه، بازماندگی مشابه روش دستی (۹۰٪-۸۵، $p>0.05$) را نشان داد، درحالیکه وزن تخم استحصالی به طور معنی داری افزایش یافت (۲۱.۳ ±۴۹۷.۱ گرم در مقابل ۱۸.۷± ۳۴۵.۰ گرم، $p<0.01$). نوع گاز تأثیر متفاوتی بر شاخص های تولیدمثلی نداشت ($p>0.05$). این روش زمان استحصال را ٪۳۲ کاهش داد (۵.۲ ± ۳۹.۸ ثانیه در مقابل ۶.۱ ± ۴۶.۰ ثانیه، $p>0.05$) و تمام تخم ها را از محوطه شکمی خارج نمود. یافته های آزمایش روش پنوماتیک را به عنوان تکنیکی استاندارد و مستقل از اپراتور معرفی میکند که ضمن افزایش بهره وری مراکز تکثیر، رفاه ماهی را به دلیل عدم دستکاری فیزیکی سطح بدن ماهی و بیهوشی مجدد بهبود می بخشد.

واژه‌های کلیدی: قزل آلای رنگین کمان، کیفیت گامتها، تکثیر مصنوعی، استحصال مکانیکی.

۱ | مقدمه:

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی سردآبی در جهان شناخته می‌شوند و در کشور ما نیز به‌دلیل شرایط اقلیمی مناسب و منابع آب شیرین، بیش از نیم قرن است که تکثیر و پرورش آن‌ها رایج شده است. امروزه ایران یکی از تولیدکنندگان اصلی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌شمار می‌آید و بر اساس سالنامه شیلات ایران(۱۳۹۷-۱۴۰۱) تعداد مزارع پرورش ماهیان سردابی کشور تا پایان سال ۱۴۰۱ بیش از ۷۳۳۴ واحد بوده که برای بیش از ۲۱۰۰۰ نفر به طور مستقیم ایجاد اشتغال کرده است (Iran Fisheries Organization, 2023). با این حال، بسیاری از این مزارع به‌دلیل کمبود مولد یا عدم تأمین تخم چشم زده مناسب، نتوانسته‌اند فعالیت موثری داشته باشند. د تولید گامت‌های سالم با کیفیت بالا (تخمک و اسپرم) برای ادامه چرخه حیات و تولید نسل بعدی در آبزی پروری ضروری می باشد (Migaud *et al.*, 2013 ; Bobe , 2015). از آنجا که پرورش مولدین هزینه‌بر است، هرگونه کاهش در کمیت یا کیفیت گامت‌ها می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر رقابت‌پذیری و پایداری مراکز تکثیر تأثیر بگذارد (Bromage *et al.*, 1992)؛ بنابراین، کنترل و مدیریت تولید گامت‌های باکیفیت، یکی از مسائل مهم فنی و اقتصادی در آبزی‌پروری محسوب می‌شود (Migaud *et al.*, 2013) . معمول‌ترین شیوه

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]

استحصال تخم در مزارع تکثیر قزل‌آلا، ماساژ آرام و یکنواخت ناحیه شکمی ماهی توسط اپراتور است. در این روش، مولد ماده با زاویه‌گیری مناسب به سمت بالا نگه داشته شده و با فشار ملایم از قسمت شکم به سمت مخرج، تخم‌ها بیرون رانده می‌شوند. با این حال، اعمال فشار به ناحیه شکمی حتی به میزان کم می‌تواند به اندام‌های داخلی مانند طحال و کبد آسیب برساند (Hoitsy *et al.*, 2012). همچنین توصیه شده است که قبل از خروج آخرین تخم ها از شکم در این روش، روند ماساژ قطع شود زیرا فشار دست می‌تواند باعث شکسته شدن دیواره تخم‌ها و پخش شدن محتوای کیسه زرده گردد؛ در نتیجه pH مایع تخمدان کاهش یافته و کیفیت لقاح تخم‌ها تضعیف می‌شود(Dietrich *et al*., 2007) . روش پنوماتیک استحصال تخم، شامل تزریق گاز به داخل حفره شکمی ماهی مولد و خروج تدریجی تخم‌ها تحت فشار گاز است. این روش به‌عنوان جایگزینی کارآمد برای روش سنتی در تکثیر بسیاری از گونه‌های ماهی مطرح شده (Kowalski et al., 2020; Cejko et al., 2016) و نخستین بار در سال ۱۹۵۷ در استرالیا آزمایش گردید (Zurbuch, 1957) و. در سال‌های اخیر در تحقیقات روی گونه‌هایی مانند قزل‌آلای رنگین‌کمان و قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta morpha fario*) (Kowalski *et al*., 2018)، ماهی سفید (*Coregonus lavaretus*) (Cejko et al., 2016) و حتی ماهی‌های شکارچی آزادزی مانند اردک‌ماهی(*northern pike*) (Kowalski *et al*., 2020) کاربرد آن بررسی شده است. مزایای این روش شامل سهولت کاربرد برای اپراتور، کاهش تنش فیزیکی وارده به بدن ماهی، حفظ pH مایع تخمدانی، افزایش درصد لقاح و تفریخ تخم‌ها و ارتقای رفاه مولدین گزارش شده است (Tacchi *et al*., 2015; Guardiola *et al.,* 2015).

هدف مطالعه حاضر، بررسی و بهینه‌سازی روش پنوماتیک برای استحصال تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزارع تکثیر کشور بوده است. در این راستا، اتاثیر جریان گاز، فشار گاز خروجی ، نوع گاز (اکسیژن و نیتروژن) و مشخصات سرسوزن مورد ارزیابی قرار گرفت تا شرایط ایده‌آل در حین فرایند تخم‌گیری تعیین شود. علاوه بر این، تاثیر این عوامل بر میزان بازماندگی مولدین، مدت زمان تخم‌گیری، pHمایع تخمدانی و شاخص‌های کیفیت تخم (درصد لقاح، چشم‌زدگی و تفریخ) نیز بررسی گردید.

۲ | مواد و روش ها:

تهیه مولدین

در پاییز ۱۴۰۱ تعداد ۸۰ قطعه مولد ماده قزل آلای رنگین کمان ۴ ساله با میانگین وزنی ۰.۰۰۳۵ ± ۳۷۸۳.۵ گرم که در مرحله تخمریزی قرار داشتند در مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی یاسوج انتخاب شدند.

طراحی آزمایش

آزمایش در دو مرحله طرح ریزی شد. در مرحله اول، اثر نرخ جریان هوا و فشار گاز بر میزان بازماندگی مولدین بررسی گردید. برای این منظور، ۴۰ قطعه ماهی مولد به چهار گروه ۱۰ تایی (سه گروه پنئوماتیک و یک گروه با روش سنتی به عنوان شاهد) تقسیم شدند و استحصال تخم از آنها توسط هوا به عنوان منبع گازی با ۳ میزان متفاوت جریان گاز (۰/۵ – ۱ -۱/۵لیتر بر دقیقه) انجام شد. گروه چهارم به عنوان گروه کنترل با روش سنتی (ماساژ دستی شکم ماهی) تخم‌کشی شد. میزان مرگ و میر در این آزمایش در هر دو گروه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. در این مرحله، میزان مرگ‌ومیر مولدین طی ۲۴ ساعت پس از انجام هر آزمایش ثبت و با تحلیل واریانس مقایسه شد.

در مرحله دوم، پس از تعیین نرخ جریان بهینه (کمترین مرگ‌ومیر) از مرحله اول، اثر نوع گاز (اکسیژن در مقابل نیتروژن) بر استحصال تخم مورد ارزیابی قرار گرفت. در این بخش، ۳۰ قطعه ماهی مولد جدید آماده تخم‌ریزی به دو گروه ۱۵ تایی تقسیم و هریک با جریان بهینه و منتخب مرحله قبل به روش پنوماتیک (یک گروه با اکسیژن و گروه دیگر با نیتروژن) تخمکشی شدند؛ هم‌زمان و به منظور مقایسه، استحصال تخم تعداد ۱۰ قطعه ماهی مولد ماده به‌عنوان گروه کنترل با روش سنتی صورت گرفت. در طول این آزمایش اثر نوع گاز بر فاکتورهای زمان تخمریزی، هماوری نسبی ماهی، pH مایع تخمدانی و درصد لقاح تخم های بدست آمده بررسی گردید.

روش استحصال تخم

در استحصال تخم به روش پنوماتیک، سرسوزن مناسب به زیر باله شکمی ماهی وارد شد و با وصل‌کردن لوله باریک سرسوزن

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]

به منبع گاز و تنظیم فشار و نرخ جریان، تخم‌ها به بیرون رانده شدند. در روش سنتی نیز پس از بیهوشی آرام ماهی، با قرار دادن سر ماهی در زاویه ۴۵ درجه و ماساژ شست و سبابه بر ناحیه شکمی، تخم‌ها جمع‌آوری شدند. در تمام آزمایش‌ها، هرگروه از ماهیان مولد با تزریق تگ الکترونیک (PIT-tag) نشانه‌گذاری شدند تا میزان بقای هر ماهی ۲۴ ساعت پس از تخم‌گیری اندازه‌گیری شود.

جهت انتخاب مناسب‌ترین سرسوزن برای انتقال گاز، ابتدا سرسوزن‌هایی با قطرهای متفاوت (۰/۲۵، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱/۲ میلی‌متر) تهیه و آزمون شدند. سرنگ‌های لوئرلاک که قابلیت اتصال مطمئن سرسوزن را داشتند، برای تمامی آزمایش‌ها استفاده شد تا از جدا شدن سرسوزن به‌دلیل فشار گاز جلوگیری شود.

لقاح

از آنجایی که نرخ تفریخ مناسب ترین معیار برای سنجش کیفیت تخم است، عملیات لقاح مصنوعی به روش نیمه خشک انجام گرفت. پس از استحصال تخم و به منظور لقاح ، اسپرم شش مولد نر به‌منظور خنثی‌سازی اثر فردی بین نمونه‌ها مخلوط شد. مخلوط اسپرم به‌صورت یکنواخت روی تخم‌های هر مولد ماده ریخته شده و سپس مقداری آب برای تحریک نهایی اسپرم افزوده شد. پس از تلقیح، تخم‌ها با آب سالن انکوباسیون شسته شده تا اسپرم اضافی و پوسته‌های اضافی خارج شوند. سپس تخم‌ها در دمای ۱±۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت حدود ۱۸ روز نگهداری شدند تا مراحل چشم‌زدگی و پس از آت تفریخ رخ دهد.

پارامترهای درصد لقاح، درصد چشم‌زدگی و درصد تفریخ تخم‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد:

درصد لقاح = (تعداد تخم‌های بارور ÷ تعداد کل تخم‌ها) × ۱۰۰ (Bromage and Cumarantaunga, 1998)

درصد چشم‌زدگی = (تعداد تخم‌های چشم‌زده ÷ تعداد کل تخم‌ها) × ۱۰۰ (Aas و همکاران، ۱۹۹۱)

درصد تفریخ = (تعداد لاروهای تفریخ شده ÷ تعداد کل تخم‌ها) × ۱۰۰ (Billard و Gillet, ۱۹۸۱)

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری تمام محاسبات آماری با سطح معنی‌داری ۰.۰۵ و با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) انجام شد. برای مقایسه میانگین گروه‌ها پس از آزمون ANOVA، از آزمون توکی استفاده گردید(Warton and Hui, ۲۰۱۰) .

۳ | نتایج

نتایج میزان بازماندگی مولدین تحت اثر جریان گاز نشان داد که بالاترین نرخ بقاء در گروهی که با جریان ۱.۵ لیتر در دقیقه به روش پنوماتیک تخمکشی شدند مشاهده گردید (میزان مرگ‌ومیر معنادار و کمتر از گروه‌های با نرخ ۰.۵ و ۱ لیتر/دقیقه؛$p<0.001$) . با این وجود، مقایسه مرگ‌ومیر ۲۴ ساعته پس از استحصال تخم نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین روش پنوماتیک (با جریان ۱.۵ لیتر/دقیقه) و روش سنتی وجود ندارد($p>0.05$) . به‌عبارت دیگر، درصد مرگ‌ومیر مولدین ۲۴ ساعت پس از استحصال در روش سنتی حدود ٪۱۰ و در روش پنوماتیک حدود ٪۱۵ بود که اختلاف معنی‌داری نشان نداد. این در حالی بود که میانگین وزن مولدین جهت استحصال تخم به روش سنتی (۳۵۹ ± ۳۶۰۸ گرم) و به روش پنئوماتیک (۶۴۸ ± ۳۹۵۸گرم)تقریباً یکسان در نظر گرفته شد. تحلیل سرسوزن‌های تست شده نشان داد که سرسوزن‌هایی با قطر ۰.۸ میلی‌متر (با رنگ سبز استاندارد) بهترین عملکرد را داشتند. سرسوزن‌های نازک‌تر (قطر <۰،۸ میلی‌متر) در حین ورود به پوست ماهی خرد شده و م به ماهی آسیب می رساندند.

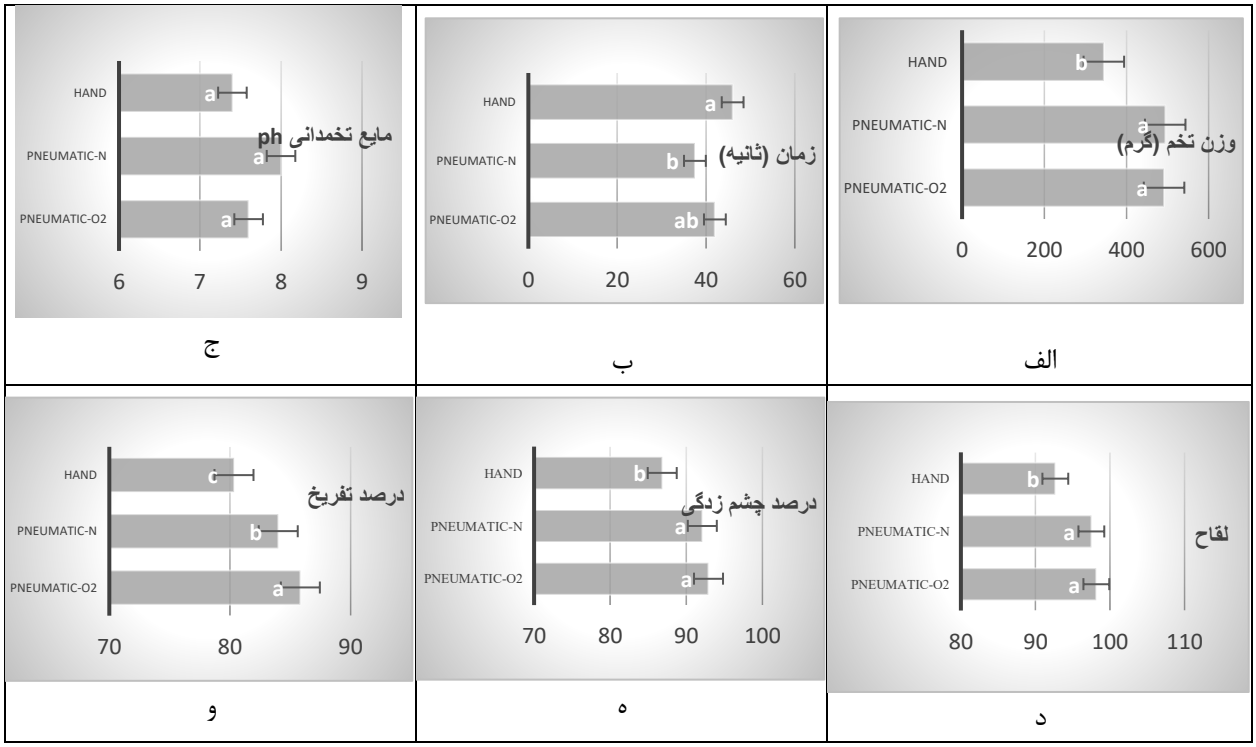
میانگین زمان استحصال تخم در دو گروه پنوماتیک با اکسیژن و نیتروژن تفاوت معناداری نداشت($p>0.05$) . به طوریکه میانگین زمان خروج تخم با تزریق اکسیژن حدود ۲.۹ ± ۴۲.۹ ثانیه و با تزریق نیتروژن حدود ۷.۳ ± ۳۷.۸ ثانیه بود که در هر دو گروه کمتر از یک دقیقه ثبت شد. در مقابل، میانگین زمان استحصال در روش سنتی حدود ۶.۱± ۴۶.۰ ثانیه بود که به‌طور قابل ملاحظه‌ای طولانی‌تر از استحصال با تزریق نیتروژن قلمداد شد ($p<0.05$) (شکل ۱الف). به عبارت دیگر، روش پنوماتیک تخم‌ها را با سرعت بیشتری از بدن مولد خارج می‌کرد، در حالی که روش سنتی یا دستی نیازمند مهارت و تمرکز اپراتور در میزان فشار به ناحیه شکمی مولد بود. همچنین در روش پنوماتیک به آموزش مختصر نیاز می بود و کارگر با تنظیم مناسب فشار و نرخ جریان گاز قادر به انجام فرآیند استحصال تخم بود .وزن کل تخم‌های استحصالی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]

از روش پنوماتیک (بدون توجه به نوع گاز) به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش سنتی بود($p<0.05$) . به طور میانگین، وزن تخم‌های جمع‌آوری شده با تزریق اکسیژن حدود ۴۹۹.۸ گرم و با نیتروژن حدود ۴۹۴.۳ گرم محاسبه گردید که تفاوت معناداری بین دو نوع گاز مشاهده نشد($p>0.05$) . در مقایسه، متوسط وزن تخم‌های استحصالی با روش سنتی تنها حدود ۳۴۵ گرم بود که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان روش‌های پنوماتیک و دستی ($p<0.05$) است (شکل ۱ب). این افزایش وزن تخم در روش پنوماتیک تا حدی به وزن بالاتر ماهیان مولد در این گروه‌ها و تا حدودی به تخلیه کامل‌تر تخم‌ها از حفره شکمی وابسته است؛ در روش دستی معمولاً مقداری تخم (حداقل حدود ۵۰ گرم) در بدن مولد باقی مانده و نیاز به تکرار عمل تخم‌گیری در روزهای بعد ایجاد می‌کند.

بررسی تأثیر نوع گاز بر pH مایع تخمدان نشان داد که مقدار pHدر سه روش (اکسیژن، نیتروژن و دستی) تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0.05$) (شکل ۱ ج). میانگین pH مایع تخمدان در حالت تزریق اکسیژن ۷.۵۹±۰.۰۹ و با نیتروژن ۷.۰۶±۰.۰۸ برآورد شد؛ در حالی که در روش دستی این عدد حدود ۷.۸۴±۰.۱۲ بود .در مورد شاخص‌های کیفیت تخم، درصد لقاح تخم‌های استحصالی با تزریق اکسیژن و نیتروژن به ترتیب حدود ٪۹۸.۲ و ٪۹۷.۰ گزارش شد که تفاوت آماری معنی‌داری بین این دو گروه دیده نشد (شکل ۱ د-ه-و) ($p>0.05$). درصد چشم‌زدگی در گروه‌های اکسیژن و نیتروژن نیز بدون تفاوت معنی‌دار بود، در حالی که درصد تفریخ تفاوت جزئی نشان داد($p>0.05$) . به‌صورت کلی، درصدهای لقاح، چشم‌زدگی و تفریخ حاصل از هر دو روش پنوماتیک اندکی بالاتر از روش دستی بودند. درصد تفریخ در هر دو گروه پنوماتیک حدود ۹۳–٪۹۴ بود که نسبت به مقدار حدود ٪۸۵ در روش دستی افزایش یافته است. این موضوع نشان می‌دهد که روش پنوماتیک قادر است درصد بیشتری از تخم‌ها را به لارو تبدیل کند که می‌تواند به کاهش نیاز به تکرار مجدد فرآیند تخم‌گیری و افزایش کارایی مراکز تفریخ منجر شود.



شکل ۱. تاثیر استحصال تخم به روش پنئوماتیک و سنتی بر (الف) زمان خروج تخم و (ب) وزن کل تخم‌های استحصالی، (ج) pH مایع تخمدانی، (د)درصد لقاح ،(ه) درصد چشم زدگی و (و)درصد تفریخ .مقادیر مشخص شده با حروف یکسان ، عدم تفاوت معنی دار و حروف متفاوت تفاوت معنی داری را نشان دادند.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]

۴ | بحث:

نتایج این تحقیق نشان داد که روش پنوماتیک، صرف‌نظر از نوع گاز استفاده شده (اکسیژن یا نیتروژن)، قابلیت استحصال مؤثر تخم در قزل‌آلای رنگین‌کمان را داراست و می‌تواند بهبودهایی نسبت به روش سنتی ایجاد کند. بررسی نرخ جریان‌های مختلف هوا (۰.۵، ۱.۰ و ۱.۵ لیتر در دقیقه) منجر شد تا بهینه‌ترین جریان معادل ۱.۵ لیتر/دقیقه با فشار گاز حدود ۰.۸ بار تعیین گردد. جریان‌های کمتر موجب تورم شکم ماهی و افزایش زمان خروج تخم‌ها می‌شد که احتمال مرگ و میر مولدین را افزایش می‌داد؛ در مقابل، در بیشینه نرخ جریان (۱.۵ لیتر/دقیقه) تخلیه تخم‌ها به شکل کامل و سریع صورت گرفت بدون آنکه صدمات جانبی قابل توجهی به مولد وارد شود. این یافته با نتایج Kowalski و همکاران (۲۰۱۸) در قزل‌آلای رنگین‌کمان و قهوه‌ای همخوانی دارد که در آن‌ها استحصال با جریان ۰.۵ لیتر/دقیقه موفقیت‌آمیز بوده است .تفاوت جزئی مقدار بهینه نرخ جریان بین گونه‌ها در مطالعات ذکر شده (از جمله *Esox lucius* یا *Coregonus lavaretus*) ممکن است به تفاوت اندازه تخم‌ها، ضخامت دیواره و موقعیت قرارگیری تخم در بدن ماهی‌ها مرتبط باشد (Bonislawska *et al*., 2001). در بررسی تجهیزات، انتخاب سرنگ لوئرلاک موجب اتصال مطمئن سرسوزن به منبع گاز شد که نشت یا جدا شدن سرسوزن در اثر فشار هوا را به حداقل رساند. از میان سرسوزن‌های موجود، قطر ۰.۸ میلی‌متر مناسب تشخیص داده شد؛ سرسوزن‌های کوچک‌تر با قطر ۰.۲۵ تا ۰.۶ میلی‌متر، در پوست ماهی خمیده و شکسته شدند و قطر بزرگ‌تر (۱.۲ میلی‌متر) فشار بیشتری ایجاد می‌کرد. به این ترتیب، استفاده از سرسوزن‌های استاندارد رنگ سبز با قطر ۰.۸ میلی‌متر در ادامه آزمایش به‌عنوان مناسب ترین انتخاب تثبیت شد .بررسی زمان استحصال نشان داد که هر دو نوع گاز مورد آزمایش زمان‌های مشابهی داشتند و نیازی به تاکید بر تفاوت در این شاخص وجود نداشت. میانگین زمان خروج تخم در روش پنوماتیک حدود ۳۹.۷۵ ثانیه محاسبه شد که تقریباً ۷ ثانیه کمتر از زمان روش سنتی (حدود ۴۶ ثانیه) بوده است. این تفاوت بیانگر آن است که روش پنوماتیک می‌تواند در زمان کمتری حجم بیشتری از تخم‌ها را استخراج کند که در تولید انبوه و در سطح تجاری مزیت مهمی محسوب می‌شود. به‌علاوه، روش سنتی بشدت تابع تجربه و سرعت عمل اپراتور است؛ به طوریکه در یک زمان مشابه، اپراتور ماهر می‌تواند تخم‌های بیشتری را نسبت به فرد کم‌تجربه استحصال نماید. در مقابل، روش پنوماتیک با آموزش کوتاه نیز قابل اجراست و انجام کار توسط افراد مختلف با بازده مشابه امکان‌پذیر می‌شود. در سیستم سنتی، عدم قطعیت در طول زمان تخمریزی مولدها مدیریت سالن هچری را پیچیده تر می‌کند، در حالی که در روش پنوماتیک با تنظیم جریان می‌توان زمان تقریبی استحصال تخم را پیش‌بینی نمود. مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که استفاده از هوای فشرده در گونه‌ای مانند *Coregonus lavaretus*زمان میانگین خروج ۱۷ ثانیه را در مقایسه با ۲۵ ثانیه در روش دستی گزارش کرده‌اند (Kowalski *et al*., 2020). میانگین زمانی خروج تخم در روش سنتی و در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان و قزل‌آلای قهوه‌ای حدود ۱۰ ثانیه گزارش گردید که نسبت به برخی گزارشات مربوط به روش پنوماتیک کوتاه‌تر بوده است، هرچند تنوع زمانی روش دستی در آن گزارش‌ها بالاتر بود (Kowalski *et al.,* 2018). افزایش وزن تخم‌های استحصالی در روش پنوماتیک نسبت به دستی نشان داد که در روش پنئوماتیک حداکثر تخم‌ها و یابه‌طور کامل از حفره شکمی خارج شده‌اند. در این تحقیق ممکن است بخشی از این تفاوت به وزن بالاتر ماهیان مورد استفاده در گروه پنوماتیک مرتبط باشد، اما نکته کلیدی این است که در روش دستی معمولاً بخش قابل توجهی از تخم‌ها (حدود ۵۰ گرم یا بیشتر) در بدن ماهی مولد باقی می‌ماند. این تخم‌های باقی‌مانده معمولاً باعث نیاز به ورود مجدد ماهی به چرخه بیهوشی و ماساژ مجدد در روزهای آینده می‌شوند که خود علاوه بر ایجاد استرس مجدد درماهی، زمان و هزینه اضافی را در بر خواهد داشت (Hashemian *et al*., 2020). نتایج ما با نتایج Kowalski و همکاران (2020) در گونه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان و قهوه‌ای مطابقت داشت، که آنها نیز حجم تخم استحصالی بیشتر را در روش پنوماتیک گزارش کرده‌اند .در این پژوهش مشخص شد که نوع گاز تأثیری بر pH مایع تخمدانی ندارد؛

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]

مقادیر pH در گروه‌های اکسیژن و نیتروژن و همچنین روش سنتی تفاوت معناداری نداشت. این نتیجه همسو با یافته‌های Cejkoو همکاران(2016) در لارو ماهی *Esox lucius* و تحقیقات Kowalski *et al.* (2020) در قزل‌آلاهاست. همچنین بررسی کیفیت تخم‌ها نشان داد که درصد لقاح و چشم‌زدگی تخم‌ها تفاوتی بین گازهای استفاده‌شده نداشت و درصد تفریخ در هر دو حالت بالا بود. در عین حال، نتایج کلی حاکی از آن است که روش پنوماتیک منجر به درصد بالاتری از تخم‌های بارور و لاروهای سالم تفریخ‌شده در مقایسه با روش سنتی شده است. باید توجه داشت که در روش دستی احتمال آسیب به تخم‌های نرم یا کوچک‌تر در اثر فشار دست اپراتور وجود دارد و همچنین متغیرهایی مانند حجم مایع تخمدانی می تواند تخم‌گیری دستی را دشوارتر سازد ؛ هرچه حجم مایع تخمدانی کمتر باشد، خارج کردن تخم‌ها نیاز به انرژی فیزیکی بیشتری دارد و احتمال آسیب به تخم‌ها افزایش می‌یابد که می‌تواند درصد تفریخ را کاهش دهد(Dietrich *et al*., 2007) . مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که روش تخم‌گیری می‌تواند تا حدودی نرخ لقاح و تفریخ را در گونه‌های مختلف (قزل‌آلای رنگین‌کمان، قهوه‌ای، اردک‌ماهی و ماهی سفید) تحت تأثیر قرار دهد (Kowalski *et al*., 2018; 2020; Cejko *et al*., 2016). در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش پنوماتیک در استحصال تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان، بدون توجه به نوع گاز، می‌تواند کیفیت تخم‌ها را افزایش داده، رعایت رفاه مولدین را تسهیل کرده و نیاز به عملیات بازتکثیر مجدد مولدین را کاهش دهد.

در انتخاب روش مناسب برای استحصال تخم در مزارع تکثیر قزل‌آلای رنگین‌کمان، علاوه بر ملاحظات علمی و زیستی، تحلیل هزینه-فایده اقتصادی نیز اهمیت بالایی دارد. روش دستی به منظور استحصال تخم نیازی به تجهیزات خاص نداشته و تنها هزینه دستمزد نیروی انسانی و مصرف منابع را شامل می شود. در روش پنوماتیک تامین تجهیزات مورد نیاز از جمله کپسول گاز، مانومتر ، فلومتر، سرنگ و نیدل در سال اول استفاده ، هزینه ای با ارزش امروز معادل یکصد میلیون ریال را به تکثیر کننده تحمیل می نماید که طبق بررسی های صورت گرفته، نقطه سر به سر در اولین فصل تکثیر و با تخمکشی از حداکثر ۲۰ ماهی مولد حاصل خواهد شد و دوره برگشت سرمایه گذاری در اولین فصل تکثیر خواهد بود. این مهم با توجه به کاهش تعداد تخم های استحصالی در روش سنتی در نتیجه ی باقیماندن تعدادی از تخم ها در بدن ماهی مولد و پیش مولد، و یا شکسته و له شدن درصدی از آنها ناشی از فشار دست نسبت به روش پنوماتیک جبران خواهد شد. در روش سنتی هزینه دستمزد نیروی انسانی با توجه به تعداد بیشتر نیروی دخیل در کار نسبت به روش پنئوماتیک افزایش می یابد . از جنبه دیگر تخمک‌های حاصل از روش‌های پنوماتیک به‌ویژه با گاز اکسیژن، وزن بیشتر، درصد تخلیه بالاتر، و آسیب کمتر داشتند. این ویژگی‌ها مستقیماً به افزایش نرخ لقاح موفق، کاهش تلفات لارو و بهبود نرخ رشد در مراحل اولیه منجر می‌شود . این به معنای افزایش تولید نهایی، کاهش ضایعات، و بهره‌وری بالاتر در طول زنجیره تولید است که مزایای اقتصادی بلندمدت قابل‌توجهی دارد. همپنین در روش سنتی، وابستگی زیاد به مهارت کارگر می‌تواند سبب نوسانات کیفیت و آسیب تخمک‌ها در نتیجه خطای انسانی شود اما در روش پنوماتیک با کاهش متغیرهای انسانی، پایداری کیفیت و کاهش خطا را به همراه دارند. در مجموع با وجود اینکه روش‌های پنوماتیک دارای هزینه اولیه بالاتری هستند، اما به‌دلیل افزایش کیفیت تخمک‌ها، کاهش تلفات، و بهبود راندمان کلی تولید، در بلندمدت صرفه اقتصادی بیشتری برای مزارع تکثیر ماهی دارند. از این‌رو، سرمایه‌گذاری در این تجهیزات از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و سودآور می باشد.

۵ | نتیجه‌گیری

روش پنوماتیک استحصال تخم در تکثیر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، روشی مؤثر و بدون وابستگی به مهارت خاص اپراتور است که می‌تواند تخم‌های با کیفیت بالا تولید کند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با تنظیم نرخ جریان گاز معادل ۱.۵ لیتر در دقیقه و فشار گاز حدود ۰.۸ بار، به همراه استفاده از سرسوزن قطر ۰.۸ میلی مترمی‌توان استحصال مطلوب تخم را تضمین نمود. به‌کارگیری این روش در مراکز تکثیر، علاوه بر تسهیل عملیات جمع‌آوری تخم، منجر به افزایش درصد لقاح و تفریخ، صرفه‌جویی در زمان و انرژی اپراتورها ، حفظ سلامت و رفاه مولدین و در نهایت بهبود راندمان تکثیر مصنوعی در صنعت آبزی‌پروری خواهد شد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]

References

Aas G.H., Refstie T., Gjerde B. 1991. Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 95: 125-132.

Barker G. 1992. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)*. Aquaculture, 100: 141-166.

Billard R., Gillet C. 1981. Ageing of eggs and temperature potentialization of micropolluant effects of the Aquaculturetic medium on trout gametes. Cahier du Laboratoire de Montereau,12: 35-42.

Bobe J. 2015. Egg quality in fish: Present and future challenges. Animal Frontiers, 5(1): 66-72.

Bonislawska M., Formicki K., Korzelecka-Orkisz A., Winnicki A. 2001. Fish egg size variability: biological significance. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 4(2): 02.

Bromage N., Cumaranatunga R. 1988. Egg production in the rainbow trout. *Recent advances in aquaculture*: 63-138.

Bromage N., Jones J., Randall C., Thrush M., Davies B., Springate J.R.C., Duston J., Barker G. 1992. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 100: 141-166.

Cejko B.I., Sarosiek B., Krejszeff S., Judycka S., Szczepkowski M., Szczepkowska B., Kowalski R.K. 2016. Effects of different stripping methods of female and activation medium on fertilization success in northern pike (*Esox lucius*). Czech Journal of Animal Science, 61: 481-486.

Dietrich G.J., Wojtczak M., Slowinska M., Dobosz S., Kuzminski H., Ciereszko A. 2007. Broken eggs decrease pH of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)* ovarian fluid. Aquaculture, 273: 748-751.

Guardiola F.A., Dioguardi M., Parisi M.G., Trapani M.R., Meseguer J., Cuesta A., Esteban M.A. 2015. Evaluation of waterborne exposure to heavy metals in innate immune defences present on skin mucus of gilthead seabream (*Sparus aurata*). Fish and Shellfish Immunology, 45(1): 112-123.

Hashemian F., Akhlaghi M., Soltanian S., Gholam hosseini A. 2020. The effects of hand-stripping on some epidermal mucus immune parameters in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. International Journal of Aquatic Biology, 8(5): 327-336.

Hoitsy G., Woynarovich A., Moth-Poulsen T. 2012. Guide to the small scale artificial propagation of trout. FAO Regional Office for Europe and Central Asia, 34p.

Iran Fisheries Organization. 2023. Iran Fisheries Statistical Yearbook (2018-2022). Planning and Budget Office of Iran Fisheries Organization, 29p.

Kowalski R.K., Cejko B., Grudniewska J., Dobosz S., Szczepkowski M., Sarosiek B. 2020. A Comparison of Pneumatic and Hand Stripping of Whitefish *(Coregonus lavaretus*) Eggs for Artificial Reproduction. Animals, 10(1): 95.

Kowalski R.K., Sarosiek B., Judycka S., Dryl K., Grudniewska J., Dobosz S., Cejko B.I. 2018. Effectiveness of the air stripping in two salmonid fish, rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) and brown trout (*Salmo trutta Morpha fario*). Journal of Visualized Experiments, 140: 1-5.

Migaud H., Bell G., Cabrita E., McAndrew B., Davie A., Bobe J., Herráez M.P., Carrillo M. 2013. Gamete quality and broodstock management in temperate fish. Reviews in Aquaculture, 5: S194-S223.

Moradyan H., Keyvanshokooh S., Muhaghegh Dolatabady M., Gorjipour E. 2013. Effects of sperm competition on genetic variation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) progeny using microsattelite markers. Taxonomy and Biosystematics, 5(14): 17-34.

Tacchi L., Lowrey L., Musharrafieh R., Crossey K., Larragoite E.T., Salinas I. 2015. Effects of transportation stress and addition of salt to transport water on the skin mucosal homeostasis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 435: 120-127.

Wharton J.C.F. 1957. A Preliminary Report on New Techniques for the Artificial Fertilization of Trout Ova. Snob's Creak Fisheries Research Station, Fisheries & Game

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]

Dept, 17p.

Warton D.I., Hui F.K.C. 2011. The Arcsine is Asinine: The Analysis of Proportions in Ecology. *Ecology*, 92(1): 3-10.

Zurbuch P.E. 1965. A structure for easy fish recovery during drainage of an impoundment. *The* Progressive Fish-Culturist, 27: 237-238.

Porfaraj V., Karami M., Nezami Sh.A., Rafiee Gh.R., Khara H., Hamidoghli A. 2013. Study of some biological features of Mullets in Iranian coasts of the *Caspian sea*. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics, 2(1): 97-11.

نحوه استناد به مقاله:

محمودی ر. بهینه سازی روش پنوماتیک استحصال تخم در ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss)* با تأکید بر بهبود کارایی و نتایج تولیدمثلی. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی‌دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۴. ۱۳(۱): ۷۸-۷۰.

Mahmodi R. Optimization of the Pneumatic Egg Stripping Method in Rainbow Trout *(Oncorhynchus mykiss)* With an Emphasis on Enhancing Efficiency and Reproductive Outcomes. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2025, 13(1): 70-78.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]

Journal of Applied Ichthyological Research
Vol. 13, No 1, 70-78
ISSN: 2423-6349
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
Ministry of Science Reseach and Technolo
Gonbad-Kavoos University

Optimization of the Pneumatic Egg Stripping Method in Rainbow Trout *(Oncorhynchus mykiss)* With an Emphasis on Enhancing Efficiency and Reproductive Outcomes

Roghaye Mahmodi [1]

[1] Assistant Professor of Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization - old-water Fishes Genetic and Breeding Research Center- Yasouj

Type:
Original Research Paper

Paper History:
Received: 12-05-2025
Accepted: 21-07- 2025

Corresponding author:
Mahmoudi R. Assistant Professor of Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization - old-water Fishes Genetic and Breeding Research Center- Yasouj

Email:
roghaye.mahmodi@gmail.com

Abstract
Egg collection is a critical stage in rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* propagation. Traditional manual stripping poses risks including altered ovarian fluid pH and physical injury to broodstock. This study optimized pneumatic extraction as an efficient alternative, evaluating the effects of gas type, flow rate, pressure, and needle specifications. Eighty 4-year-old female broodstock with a mean weight of 3783.5 ± 0.0035 g were allocated to experimental groups. Survival rate, stripping duration, ovarian fluid pH, fertilization rate, eyed egg stage, and hatching rate were measured. Pneumatic extraction at 1.5 L/min flow rate showed comparable survival to manual stripping (85-90%, $p>0.05$), while significantly increasing egg yield (497.1 ± 21.3 g vs. 345.0 ± 18.7 g, $p<0.01$). Gas type had no differential effect on reproductive indices ($p>0.05$). The method reduced stripping time by 32% (39.8 ± 5.2 s vs. 46.0 ± 6.1 s, $p>0.05$) and achieved complete abdominal evacuation. Findings establish pneumatic extraction as a standardized and operator-independent technique that enhances hatchery productivity while improving fish welfare by body surface manipulation and repeated anesthesia.

Keywords: ***Oncorhynchus mykiss***, Gamete quality, Artificial propagation, Mechanical stripping

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[DOI: 10.22034/jair.13.1.51]